

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

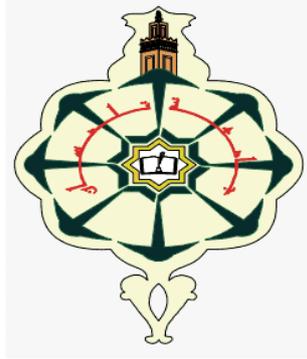
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان

Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen –

Faculté de Technologie



Mémoire de Master

Spécialité : Génie Mécanique

Option : Assemblages soudés et matériaux

Présenté par : HADJ ABDELKADER Afaf

Thème :

Organisation et gestion d'un atelier de soudage

Soutenu le 20 / 09 / 2020,

devant le jury composé de :

M. GUENIFED Abdelhalim Farouk

Président

M. HADJOUI Fethi

Examinateur

M. MAMI Elias Fouad

Encadreur

M. GHERNAOUE Mohamed El Amine

Co-Encadreur

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le plus puissant qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'études.

Je tiens à remercier en particulier Messieurs MAMI Elias Fouad et GHERNAOUET Mohamed El Amine qui ont dirigé ce mémoire et qui ont été toujours à l'écoute et très disponibles tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont également au corps des Enseignants de la Faculté de Technologie pour la richesse et la qualité de leurs enseignements.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu te bénisse et te garde pour moi, ô cher père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

A mon cher mari. Quand je t'ai connu, j'ai trouvé mon âme sœur et la lumière de mon chemin. Ma vie à tes côtés est remplie de belles surprises. Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et la gentillesse, dont tu m'as toujours entouré ainsi que ton aide, ta patience et tes sacrifices tout au long de ce travail. Je prie Dieu le tout puissant de préserver notre attachement mutuel et d'exaucer tous nos rêves.

A ma belle famille. Mes chères belles sœurs et leurs enfants.

A mes frères Tarik et Adel et mes sœurs Fadia et Mouna, ainsi que mes belles sœurs Nassima et Kheira, à mes nièces et mes neveux.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mes études supérieures, à mes aimables amies, à mes amies d'études, Siham et Ichraf, à mes sœurs de cœur, toi Meriem, Fatima Zohra, Asmaa, Meriem et Oum Kelthoum.

Résumé

L'objectif de ce travail est de présenter les démarches et possibilités d'organisations et de gestion d'un atelier de soudage. Il a pour but également d'étudier les principaux points à examiner en matière d'implantation et d'ordonnement des produits en vue de prévenir au mieux les agressions auxquelles peuvent être exposés les opérateurs lors des différentes phases de soudage et de fabrication.

Mots-clés : Soudage - Organisation - Gestion – Implantation – Atelier – Productivité.

Abstract

The objective of this work is to present the methods and possibilities of organization and management of a welding workshop. It also aims to study the main points to be considered in terms of the layout and ordering of products in order to prevent attacks to which operators may be exposed during the various welding and manufacturing stages.

Keys-words: Welding – Organization -Management – Layout – Workshop- Productivity.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقديم المتطلبات و الإمكانيات اللازمة لتنظيم و إدارة ورشة اللحام. كما يهدف إلى دراسة النقاط الرئيسية الواجب مراعاتها في مسألة ترتيب و جدولة المنتجات من أجل حماية العمال من الأخطار التي قد يتعرض لها خلال مختلف مراحل اللحام و التصنيع.

كلمات مفتاحية: تلحيم - تنظيم - إدارة - ترتيب - ورشة - إنتاجية.

Liste des tableaux

| | | |
|-------------|--|----|
| Tableau 3.1 | Antériorité et temps d'un réseau PERT..... | 58 |
| Tableau 3.2 | Méthode GANTT | 60 |
| Tableau 4.1 | Points à respecter avant la création d'un atelier de soudage | 66 |
| Tableau 4.2 | Valeurs à choisir pour le facteur k..... | 69 |
| Tableau 4.3 | Interprétation des 5S | 73 |
| Tableau 4.4 | Exemple des dispositions générales | 78 |
| Tableau 4.5 | Exemple pour les vestiaires, bureaux | 79 |
| Tableau 4.6 | Etabli de travail | 80 |
| Tableau 4.7 | lieu de stockage | 81 |
| Tableau 4.8 | Garage des véhicules | 81 |
| Tableau 4.9 | Mezzanine et grenier | 82 |
| Tableau 5.1 | Arbres de diagnostic d'un poste de soudure à l'arc..... | 86 |
| Tableau 5.2 | Arbres de diagnostic d'un poste à soudure semi-automatique | 91 |
| Tableau 5.3 | Dysconctionnement d'une soudeuse par point..... | 92 |

Liste des figures

| | | |
|-------------|---|----|
| Figure 1.1 | Soudage à l'arc électrique | 7 |
| Figure 1.2 | Soudage avec électrode enrobée | 8 |
| Figure 1.3 | Soudage TIG sous argon | 12 |
| Figure 1.4 | Soudage par point | 17 |
| Figure 1.5 | Soudage par bossage | 18 |
| Figure 1.6 | Soudage à la molette | 18 |
| Figure 1.7 | Soudage en bout par étincelage | 20 |
| Figure 1.8 | Equipe idéale de soudage..... | 22 |
| Figure 3.1 | Implantation d'atelier en position fixe | 45 |
| Figure 3.2 | Implantation d'atelier en processus | 46 |
| Figure 3.3 | Implantation d'atelier aléatoire | 47 |
| Figure 3.4 | Implantation d'atelier à débit de produit..... | 47 |
| Figure 3.5 | Implantation d'atelier en îlots | 48 |
| Figure 3.6 | Représentation d'un chaînon | 51 |
| Figure 3.7 | Production linéaire | 52 |
| Figure 3.8 | Production en U | 52 |
| Figure 3.9 | Production en U avec point de regroupement..... | 52 |
| Figure 3.10 | Production en arbre | 53 |
| Figure 3.11 | Modélisation statique d'un poste de travail | 55 |
| Figure 3.12 | Graphe PERT | 59 |
| Figure 3.13 | Représentation GANTT | 61 |
| Figure 3.14 | Optimisation GANTT | 62 |
| Figure 3.15 | Implantation déficiente | 62 |
| Figure 4.1 | Exemple pour une seule machine | 69 |
| Figure 4.2 | Aspiration des fumées lors du soudage sur des récipients..... | 76 |
| Figure 4.3 | Isolation des parties conductrices au cours du soudage | 77 |
| Figure 5.1 | Constitution d'un poste de soudure à l'arc | 85 |
| Figure 5.2 | Fonctionnement d'un poste à souder semi-automatique..... | 91 |
| Figure 5.3 | Machine de soudage par point | 92 |

Liste des équations

| | | |
|---|-------------|----|
| $F = C_{\text{tôt}} - t$ | (3.1)..... | 47 |
| $C_{\text{tard}} = F_{\text{tard}} - t$ | (3.2)..... | 47 |
| $E = C_{\text{tard}} - C_{\text{tôt}} = F_{\text{tard}} - F_{\text{tôt}}$ | (3.3) | 59 |
| $S_g = S_s.N$ | (4.1)..... | 69 |
| $S_t = S_s + S_g + S_e$ | (4.2)..... | 69 |

Liste des abréviations

EE: Electrode enrobée

O: Oxydant

A: Acide

B: Basique

C: Cellulosique

R: Rutil

TIG: Tungsten Inert Gas

MIG: Metal Inert Gas

MAG: Metal Active Gas

PA: Pulvérisation Axiale

AQ: Assurance Qualité

QS: Qualification Soudeur

IWE: International Welding Engineer

IWT: International Welding Technical

IWS: International Welding Specialist

IWP: International Welding Praticien

IWI : International Welding Inspector

PERT: Program Evaluation and Review Technique

0: temps optimiste

m: temps le plus probable

p: temps pessimiste

te: temps estimé

TE: temps au plus tôt

TL: temps au plus tard

TS: date contractuellement convenue

I.N.R.S : Institut National de Recherche et de Sécurité

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre 1 Généralités sur les procédés de soudage | 2 |
| 1.1 Soudage au gaz ou au chalumeau..... | 3 |
| 1.1.1 Soudage oxyacétylénique..... | 3 |
| 1.1.1.1 Principe..... | 3 |
| 1.1.1.2 Pratique du procédé..... | 4 |
| 1.1.2 Brasage..... | 4 |
| 1.1.2.1 Principe..... | 4 |
| 1.1.2.2 Pratique du procédé..... | 5 |
| 1.1.3 Soudobrasage..... | 5 |
| 1.1.3.1 Principe..... | 5 |
| 1.1.3.2 Pratique du procédé..... | 6 |
| 1.2 Soudage à l'arc électrique..... | 7 |
| 1.2.1 Soudage manuel à l'arc électrique avec électrode enrobée..... | 7 |
| 1.2.1.1 Principe..... | 7 |
| 1.2.1.2 Pratique du procédé..... | 8 |
| 1.2.2 Soudage à l'arc électrique type TIG..... | 11 |
| 1.2.2.1 Principe..... | 11 |
| 1.2.2.2 Pratique du procédé..... | 11 |
| 1.2.2.3 Application..... | 12 |
| 1.2.3 Soudage semi automatique : MIG, MAG..... | 13 |
| 1.2.3.1 Principe..... | 13 |
| 1.2.3.2 Pratique du procédé..... | 13 |
| 1.2.3.3 Application..... | 14 |
| 1.2.4 Soudage à l'arc électrique sous flux ou soudage à l'arc électrique submergé..... | 15 |
| 1.2.4.1 Principe..... | 15 |
| 1.2.4.2 Propriétés du flux..... | 15 |
| 1.3 Soudage par résistance..... | 16 |
| 1.3.1 Principe..... | 16 |
| 1.3.2 Soudage par points..... | 16 |
| 1.3.3 Soudage par bossage..... | 17 |
| 1.3.4 Soudage à la molette..... | 18 |
| 1.3.5 Soudage en bout par étincelage..... | 19 |
| 1.4 Système assurance qualité..... | 20 |
| 1.4.1 Qualité des process soudage..... | 21 |
| 1.4.2 Organigramme fonctionnel d'une équipe idéale pour la qualité de soudage..... | 21 |
| Chapitre 2 Théories des organisations | 23 |
| 2.1 Définitions et concepts..... | 24 |
| 2.1.1 Organisation de travail..... | 24 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1.2 | Organisation du travail et productivité..... | 24 |
| 2.2 | Théories..... | 25 |
| 2.2.1 | Organisation bureaucratique..... | 25 |
| 2.2.2 | Administration industrielle et générale..... | 26 |
| 2.2.3 | Chaine de convoyage et modèle économique..... | 27 |
| 2.2.4 | Fordisme..... | 27 |
| 2.3 | Effet Hawthorne et école des relations humaines..... | 29 |
| 2.3.1 | Expériences à l'usine Hawthorne de la Western Electric Company de Chicago..... | 29 |
| 2.3.2 | Ecole des relations humaines..... | 30 |
| 2.4 | Approche formelle des organisations..... | 32 |
| 2.5 | Approche sociotechnique..... | 35 |
| 2.6 | Nouvelles formes d'organisation..... | 39 |
| 2.6.1 | Systèmes industriels localisés..... | 39 |
| 2.6.2 | Rationalisation systémique : à la recherche de la productivité globale..... | 40 |
| 2.6.3 | Décentralisation, réseaux et projets : des organisations temporaires..... | 41 |
| 2.6.4 | Organisation qualifiante, organisation apprenante..... | 41 |
| 2.6.5 | Lean management et reengineering..... | 42 |

Chapitre 3 Implantation et organisation des ateliers dans l'entreprise 44

| | | |
|---------|---|----|
| 3.1 | Organisation d'atelier et ordonnancement..... | 45 |
| 3.1.1 | Ordonnancement des spécialités..... | 45 |
| 3.1.2 | Ordonnancement des produits..... | 47 |
| 3.1.3 | Ordonnancement mixte..... | 48 |
| 3.2 | Méthodes d'implantation d'atelier..... | 49 |
| 3.2.1 | Démarche générale d'implantation..... | 49 |
| 3.2.2 | Méthodes d'implantation..... | 50 |
| 3.3 | Mise en ligne de production..... | 51 |
| 3.3.1 | Méthode des gammes fictives..... | 51 |
| 3.3.2 | Méthode des rangs moyens..... | 53 |
| 3.4 | Mise en îlots de production..... | 53 |
| 3.4.1 | Méthode Mac Cormick..... | 54 |
| 3.5 | Modélisation du système de production..... | 55 |
| 3.4.1 | Modélisation d'un poste de travail..... | 55 |
| 3.6 | Outils de planification des tâches..... | 57 |
| 3.6.1 | Méthode PERT..... | 57 |
| 3.6.1.1 | Présentation..... | 57 |
| 3.6.1.2 | Paramètres utilisés..... | 57 |
| 3.6.1.3 | Construction du réseau P.E.R.T..... | 58 |
| 3.6.2 | Méthode GANTT..... | 60 |
| 3.6.2.1 | Généralités..... | 60 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.6.2.2 | Présentation de la méthode | 60 |
| 3.6.2.3 | Utilisation du diagramme..... | 61 |
| 3.6.2.4 | Optimisation..... | 61 |
| 3.7 | Conséquence d'une implantation déficiente..... | 62 |
| Chapitre 4 Aménagement d'un atelier de soudage et maîtrise des risques . | | 64 |
| 4.1 | Points à examiner avant la création d'un atelier de soudage..... | 65 |
| 4.2 | Détermination de l'implantation d'un atelier de soudage | 67 |
| 4.2.1 | Etapes de la détermination d'une implantation..... | 67 |
| 4.2.2 | Estimation des surfaces nécessaires à une implantation | 69 |
| 4.3 | Application de l'ergonomie à la conception des lieux de travail | 69 |
| 4.3.1 | Définition | 69 |
| 4.3.2 | But..... | 70 |
| 4.3.3 | Enjeux relatifs à l'intégration de la prévention dès la conception | 70 |
| 4.3.4 | Prise en compte de paramètres dans une démarche d'aménagement des espaces de travail . | 70 |
| 4.3.5 | Autres paramètres..... | 71 |
| 4.4 | Intégration des 5S dans un atelier de soudage..... | 72 |
| 4.5 | Sécurité dans l'atelier de soudage | 75 |
| 4.5.1 | Mesures de prévention lors des travaux de soudure..... | 76 |
| 4.5.1.1 | Protection contre des dangers du courant électrique..... | 76 |
| 4.5.1.2 | Radiations et protections oculaires | 77 |
| 4.5.2 | Exemple d'aménagement d'un atelier de soudage..... | 77 |
| Chapitre 5 Maintenance des équipements de soudage | | 83 |
| 5.1 | Concepts et définitions | 84 |
| 5.1.1 | Définitions de la maintenance..... | 84 |
| 5.1.2 | Entretien ou maintenance..... | 84 |
| 5.2 | Maintenance des équipements de soudage..... | 85 |
| 5.2.1 | Postes de soudure à l'arc | 85 |
| 5.2.1.1 | Principes généraux | 85 |
| 5.2.1.2 | Entretien préventif..... | 86 |
| 5.2.1.3 | Arbres de diagnostic..... | 86 |
| 5.2.1.4 | Principales interventions et traitement des différentes pannes | 87 |
| 5.2.2 | Postes de soudure semi-automatiques | 88 |
| 5.2.2.1 | Principes généraux | 88 |
| 5.2.3 | Machine de soudage par point | 91 |
| 5.2.3.1 | Entretien préventif..... | 91 |
| 5.2.3.2 | Dysfonctionnements possibles et solutions pour les éliminer | 92 |
| Conclusion générale | | 94 |

| | |
|----------------------------|----|
| Bibliographie | 96 |
| Webographie | 97 |
| Annexes | 97 |

Introduction générale

Que se soit en phase de fabrication ou pour la maintenance, le soudage est un moyen d'assemblage privilégié pour toute construction ou réhabilitation faisant intervenir des techniques et des matériaux métalliques. Pour cela, la plus part des entreprises hébergent des ateliers spécialisés à cet effet. Il s'agit des ateliers de soudage. Ces derniers abritent des équipements et des surfaces de stockage qui nécessitent une organisation, une implantation et un ordonnancement optimal afin de déterminer le mode d'élaboration des plannings d'ateliers et de la technique de lancement ainsi que le suivi de la production ou bien de la grande réparation.

La performance d'un atelier de soudage est aussi la bonne maintenance de ses équipements. C'est un enjeu clé pour la productivité ainsi que pour la qualité des produits soudés.

D'autre part, ces ateliers ne sont pas que des enceintes closes dans lesquelles seule compte la fabrication ou la réparation ; c'est aussi des espaces où certaines règles doivent être respectées pour assurer de bonnes conditions de travail, d'hygiène et de sécurité du personnel en premier lieu.

Pour traiter notre sujet, nous avons structuré notre mémoire suivant les cinq chapitres suivants :

dans le premier chapitre, nous avons passé en revue les principaux procédés de soudage où nous avons décrit leurs principes et leurs applications, en vue d'un éventuel choix d'utilisation.

Le second chapitre a été dédié aux théories des organisations, aux démarches et aux approches pour une meilleure productivité.

Dans le troisième chapitre, nous avons étudié l'implantation et l'organisation des ateliers au sein de l'entreprise de production, ouvrant la voie à l'organisation d'un atelier de soudage.

Le quatrième chapitre a été réservé aux étapes d'aménagement d'un atelier de soudage et à la maîtrise des risques. Les points à examiner avant la création de cet atelier ont été abordés en premier lieu. Des paramètres telle que l'ergonomie devront être pris en compte dans l'aménagement des espaces de travail ainsi que les conditions de travail ont été abordés.

Le cinquième et dernier chapitre a été consacré à la maintenance des équipements de soudage où quelques exemples concrets ont été présentés.

Chapitre 1

Généralités

sur les procédés de soudage

Introduction

Le soudage est un moyen d'assemblage privilégié pour toute construction faisant intervenir des matériaux métalliques. La présence en l'atelier d'un système assurance qualité soudage bien défini est recommandé. Plusieurs procédés de cette activité existent et sont répandus dans les ateliers prévus à cet effet.

Une description détaillée de ces derniers ainsi que les principes de ces techniques sont présentés dans ce chapitre.

1.1 Soudage au gaz ou au chalumeau

1.1.1 Soudage oxyacétylénique

1.1.1.1 Principe

Deux pièces de métal sont chauffées jusqu'à fusion et le joint, entre elle, est formé de leur propre métal ainsi que du métal d'apport, sous la forme d'une baguette. Le métal d'apport qui constituera la soudure est identique au métal de base, la soudure est dite autogène.

La température de chauffe se situe entre 2 850°C et 3 200°C.

Le métal d'apport viendra combler l'espace entre les deux pièces à souder.

Des points de soudure permettront de stabiliser les deux pièces, puis l'espace sera comblé au fur et à mesure par le dépôt du métal d'apport en fusion.

Celui-ci se dépose sous forme d'une goutte, puis le soudeur imprime un mouvement de rotation avec la flamme du chalumeau. Ce qui donnera un aspect caractéristique, avec effet de vague, du cordon de soudure au chalumeau.

Ce type de soudure s'apparente à du «grand Art» en soudage et n'est pas à la portée de n'importe quel soudeur.

De fait, ce type de soudage n'occupe que la 3^{ème} ou 4^{ème} place parmi les procédés les plus répandus. La chaleur nécessaire est apportée par une flamme obtenue par un mélange de deux gaz, oxygène et acétylène. L'un, l'oxygène, le comburant du mélange, a pour rôle d'activer la flamme ; l'autre, l'acétylène, le combustible, celui de la créer.

La densité de l'acétylène est plus faible que l'air. A l'intérieur des bouteilles, il est obtenu à l'aide d'un mélange d'acétone : 1 l d'acétone permet de fournir 24 l d'acétylène. Ce mélange gazeux est à l'origine de la flamme la plus chaude, 3 200 °C à la pointe du dard. A cette température tous les métaux sont en fusion.

Les deux gaz sont utilisés en basse pression, un détendeur permet l'apport au poste du mélange gazeux à bonne pression [17].

Dans le soudage, le contact avec l'air ambiant empêche la soudure de se faire, car il entraîne immédiatement une oxydation des métaux à son contact. C'est pourquoi, le soudage doit toujours se faire sous protection, (ici protection gazeuse), qui crée une enveloppe gazeuse entre les métaux et l'air ambiant, ennemi du soudeur.

1.1.1.2 Pratique du procédé

Le soudeur commence par mettre à nu (procédé mécanique ou chimique) le métal des deux pièces à souder, puis il allume l'acétylène, il règle le débit pour que la flamme touche juste la buse (en augmentant le débit, la flamme se crée plus en avant).

Ensuite, il allume l'oxygène et règle le débit pour ne voir qu'un seul dard. Si le débit est trop fort, il y a deux dards. Le dard doit être assez court. Après quoi, il chauffe les deux pièces à souder sur une zone assez large, d'environ 2 cm, en faisant des petits cercles, ceci sans que le dard ne touche le métal. Jusqu'à ce que le métal prenne une couleur rouge cerise, 1 à 2 minutes en fonction de l'épaisseur du métal et de sa température de fusion.

C'est le contrôle visuel qui permet de déterminer que la bonne température est atteinte, la couleur et l'aspect du métal sont observés en permanence par le soudeur. Celui-ci amène alors la baguette de soudage au niveau de l'espace entre les deux pièces à souder et il commence par les pointer, ceci permet de stabiliser les deux pièces l'une par rapport à l'autre et confère au cordon de soudure une meilleure résistance aux forces de traction et de torsion [11].

1.1.2 Brasage

1.1.2.1 Principe

Le brasage permet l'assemblage de deux pièces métalliques à l'aide d'un métal de nature différente. Ce métal a une température inférieure à celle des pièces à assembler et lui seul participe à la constitution du joint d'assemblage, en se fusionnant au contact du métal de base plus chaud.

L'assemblage des pièces se fait par recouvrement, comme pour un collage.

Ce procédé permet de créer un joint d'étanchéité par pénétration du métal d'apport par capillarité entre les deux tuyaux de métal.

1.1.2.2 Pratique du procédé

Après avoir chauffé les deux parties à souder sur une zone large d'environ 2 cm autour de la jonction, le soudeur amène la baguette de brasure à la jonction des deux pièces. Celle-ci fond, au contact du métal de base chauffé et comble l'interstice. Il continue de chauffer la jonction des pièces tout en faisant avancer la baguette le long de l'interstice. Il n'y a pas de nécessité de protection gazeuse ou autre, car il n'y a pas, de cordon de soudure.

Le métal d'apport est un alliage, on parle de procédé hétérogène.

Il s'agit généralement d'un alliage d'étain binaire, voire ternaire, avec divers métaux comme le plomb, l'argent mais aussi le cuivre, l'antimoine, le bismuth, l'indium, le cadmium, le zinc, l'or... L'alliage le plus couramment utilisé est composé d'environ 60% d'étain et 40% de plomb. La teneur en plomb peut cependant varier de 15 à 95% en fonction de l'utilisation envisagée.

Les alliages d'apport se présentent sous des formes diverses : baguettes, tiges, fils, pastilles, poudres, crèmes...

On parle de brasage fort ou tendre en fonction de la température appliquée. L'application d'une température plus élevée augmente la résistance mécanique du métal d'apport.

Selon l'utilisation faite, on choisira donc un brasage tendre ou fort.

- En dessous de 220 °C, le brasage est dit tendre,

Il trouve son application en plomberie, sanitaire, zinguerie, pour la création d'une étanchéité à l'aide de joints brasés au niveau de tuyauterie d'alimentation d'eau sur laquelle ne sera pas appliqué de contraintes mécaniques fortes, mais aussi en électronique (circuits imprimés), en électricité (connexion de fils) ou encore en ferblanterie et en zinguerie.

- Entre 780 et 800 °C, on parle de brasage fort,

Ce procédé est utilisé pour étanchéifier ou assembler les conduites de gaz, en cuivre, offrant une bonne résistance aux contraintes mécaniques. Il permet des assemblages résistants sur cuivre, laiton, métaux ferreux, aluminium, argent, or.

1.1.3 Soudobrasage

1.1.3.1 Principe

Il s'agit d'un assemblage ayant une haute résistance mécanique.

La température de chauffe est supérieure à 950°C.

Il est surtout utilisé pour les métaux ferreux, mais aussi le cuivre, nickel, chrome...

On utilise un chalumeau butane propane ou un chalumeau oxygaz. Ce procédé permet de déposer le métal d'apport à l'angle formé par deux pièces disposées à la perpendiculaire l'une de l'autre, et de les solidariser.

Les métaux des pièces soudées peuvent être de nature différente (par exemple acier et cuivre). Ceci permet donc une utilisation dans les rénovations, la modification de l'existant étant possible sans utiliser le même type de métal que l'existant. Le cordon de soudure sera constitué du métal d'apport, enrobé, qui sera un alliage (cuivre, acier, nickel, soufre, plomb, étain, cadmium...)

Il existe de nombreux alliages. Le choix se fera en fonction des propriétés de chacun (l'argent et le phosphore augmentent la résistance mécanique), mais aussi en fonction de leur coût. Certains alliages peuvent atteindre un prix de 1200 euros/kg, les moins chers n'étant pas forcément les moins toxiques.

Le brasage amène une pénétration du métal d'apport par capillarité. Dans le soudage, le métal d'apport ainsi que le métal de base sont amenés à fusion, ce qui permet de combler l'espace entre les pièces de métal. La soudure se fait sous protection de l'enrobage de la baguette fournissant le métal d'apport [11].

1.1.3.2 Pratique du procédé

Les outils qui fournissent la chaleur pour la mise en œuvre du brasage, du soudobrasage et du soudage à la flamme sont :

- le fer électrique qui peut atteindre une température de 250°C, voir 450°C pour les fers utilisés en ferblanterie et en chaudronnerie.
- le fer à gaz ou la lampe à souder à cartouche de butane, qui atteint une température de 350°C à 600°C.
- un système de panne en cuivre alimentée par du gaz propane.
- le chalumeau atteint une température supérieure, il est utilisé lorsque de grandes quantités d'alliage d'apport sont nécessaires ou pour des surfaces importantes de métaux à assembler ou lorsque le point de fusion de l'alliage est élevé (alliage à base d'argent par exemple)
- le chalumeau est muni d'une buse, il existe différents types de buses qui permettent de faire varier le débit du mélange gazeux, 100 ou 70 litres. Ceci permet alors de faire varier la température de la flamme

1.2 Soudage à l'arc électrique

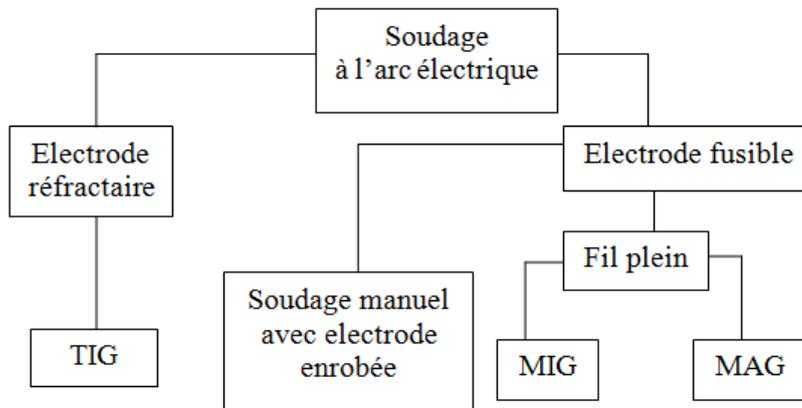


Figure 1.1 Soudage à l'arc électrique [17]

1.2.1 Soudage manuel à l'arc électrique avec électrode enrobée

1.2.1.1 Principe

Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées permet d'assembler ou de recharger des éléments ou des pièces métalliques au moyen de cordons de soudure. Il s'agit du type de soudage le plus répandu.

L'énergie nécessaire à la fusion du métal est fournie par un arc électrique jaillissant entre les pièces à souder et une électrode fusible fournissant le métal d'apport.

La soudure à l'arc électrique est une soudure de type autogène, pour l'assemblage de pièces en acier. Les assemblages ainsi obtenus sont très résistants puisque l'acier est mis en fusion et les deux éléments soudés ne forment plus qu'une seule masse en acier après soudage [11].

Les applications de ce procédé sont particulièrement nombreuses. La mobilité des appareils et la grande diversité des types d'électrodes permettent d'effectuer des travaux sur un certain nombre de métaux et de leurs alliages comme les aciers non alliés ou faiblement alliés, les aciers inoxydables, les fontes et dans certaines conditions, l'aluminium, le cuivre et le nickel. Tous les types d'assemblage (bord à bord, d'angle...) et toutes les positions de soudage sont possibles.

Il y a mise en fusion des pièces à souder et du métal d'apport.

Pour obtenir cette fusion, il faut une température très élevée, supérieure à 3000°C. Celle-ci est obtenue par court-circuit entre deux électrodes (la pièce à souder et l'électrode

constituée de métal d'apport) en créant un «arc électrique» qui est une sorte d'étincelle continue de très forte puissance qui dégage à la fois de la lumière et une chaleur intense.

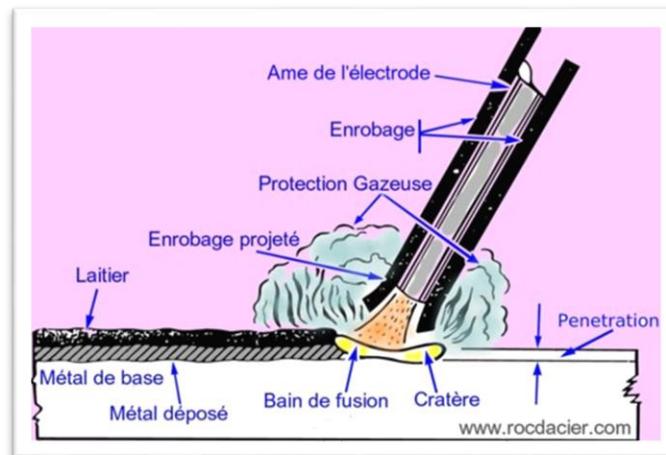


Figure 1.2 Soudage avec électrode enrobée [17]

Pratique du procédé

L'opérateur amorce l'arc électrique en grattant la surface d'une des pièces à souder avec l'extrémité de l'électrode qu'il éloigne ensuite pour obtenir la longueur d'arc désirée.

Le principe de base du soudage à l'arc est de conserver un écartement constant entre l'électrode et la pièce à souder pour créer l'arc électrique. Si l'électrode touche la pièce, le courant circule entre les deux, il n'y a pas de fort dégagement de chaleur et l'électrode colle à la pièce. Si en revanche on éloigne trop l'électrode de la pièce, il n'y a plus de passage d'électricité et il n'y a plus d'étincelle.

L'électrode est constituée d'une baguette métallique (l'âme) entourée d'un revêtement adhérent (l'enrobage). Elle est maintenue par son extrémité nue dans un porte-électrode que l'opérateur manipule en cours de travaux.

L'amorçage établi, l'électrode fond ainsi que, localement le métal de base. L'âme métallique fond en gouttelettes qui sont projetées et se mélange au métal de base dans le bain de fusion. Ces gouttelettes ainsi qu'une partie de l'enrobage, constituent, après refroidissement, le cordon de soudure.

Comme dans le procédé de soudage oxyacétylénique, c'est le métal d'apport qui permet le soudage en créant le cordon de soudure.

L'enrobage produit au refroidissement une couche de laitier protégeant le cordon de soudure. Celui-ci sera « piqué » au marteau-burin, puis le cordon de soudure sera nettoyé et poli à l'aide de brosses, limes, meules...

- Poste à souder

L'arc électrique permet d'amorcer le soudage en apportant la chaleur nécessaire à la fusion du métal d'apport, mais il ne fait pas le soudage.

Il est produit à l'aide d'un générateur haute fréquence qui a pour fonction de :

- faire fondre l'électrode. Le poste à souder transforme le courant d'alimentation du secteur, afin de fournir à la sortie du poste, des intensités suffisamment élevées pour permettre la fusion de l'électrode de soudage.
- stabiliser l'arc électrique. La continuité de l'arc électrique permet une soudure régulière. L'onduleur qui remplace les anciens transformateurs et redresseurs, corrige les variations du courant électrique et apporte une puissance et une tension électrique constante.

Une intensité élevée permet le soudage de pièces épaisses, si l'intensité est trop faible, la fusion du métal d'apport n'est pas bonne et la soudure sera moins résistante. La tension à 50 Volts minimum permet d'amorcer plus facilement le soudage, en évitant les effets de «colle» de l'électrode.

En fondant, l'enrobage de l'électrode remplit différents rôles :

- **Rôle électrique** : l'enrobage permet une bonne circulation du courant électrique, il favorise l'amorçage et la stabilisation de l'arc par ionisation de l'air.
- **Rôle physique** : l'électrode est de même nature que le métal de base, la soudure est autogène. L'enrobage confère une protection vis à vis de l'air ambiant, permettant le soudage et l'unification de l'arc électrique.

Il concentre l'arc par la formation d'un cratère à son extrémité, il permet le soudage dans différentes positions et influence la forme et l'aspect du cordon, l'enlèvement des dépôts de laitier.

- **Rôle mécanique** : l'apport de matière confère une solidité à l'assemblage.
- **Rôle métallurgique** : il protège le bain de fusion de l'action de l'air par formation d'une pellicule de laitier liquide et d'une veine gazeuse. Il ralentit le refroidissement et ajoute, dans certains cas, des éléments nécessaires à l'obtention des caractéristiques mécaniques du joint de soudure.

Par ailleurs, l'adhérence du laitier solidifié au cordon de soudure dépend essentiellement du type d'enrobage de l'électrode [17].

- Composition de l'électrode

La soudure est de type autogène, le métal d'apport, constitué par l'âme métallique de l'électrode peut être en fonction du métal à souder, de l'acier, du cuivre, de l'inox...

L'enrobage de l'électrode est variable, différents composants dont le fer, qui est un adjuvant pour le soudage, du cuivre, du manganèse, du silicium, du nickel, du molybdène, de l'acier...et toujours de la poudre de fer.

- Choix du type d'électrode et d'enrobage

Le choix se fera en fonction de l'application: type d'assemblage (angle, à plat, sur tube...), de l'épaisseur à souder, des qualités requises : dureté, ductilité..., du type d'acier. On choisira aussi le diamètre de l'électrode en fonction de l'épaisseur du métal à souder.

On distingue cinq grands types d'enrobage:

Type O (oxydant) : à base d'oxyde de fer

Type A (acide) : à base d'oxyde de fer, d'oxyde de ferromanganèse, de silice, de silicate ou de ferroalliage désoxydant

Type B (basique) : carbonate de calcium, spath fluor ou ferroalliage

Type C : cellulosique, composé de cellulose et de matières organique

Type R : rutile, comprenant 95 % d'oxyde de titane ou ilménite comprenant 50 % d'oxyde de titane et 50 % d'oxyde de fer.

Les enrobages les plus utilisés aujourd'hui sont ceux de type B et R.

Dans le soudage à l'arc électrique et électrode enrobée, il convient de distinguer deux techniques :

- la technique montante : la soudure est démarrée en bas et s'effectue du bas vers le haut, pour chaque moitié du diamètre du tuyau. C'est une technique plus lente, l'énergie en jeu est moyenne, l'éblouissement est aussi limité, elle est plus sécurisante. La soudure formée est de meilleure qualité, en sa défaveur, c'est une technique plus lente.
- la technique descendante : à l'inverse on démarre en haut pour aller vers le bas. C'est une technique qui développe plus d'énergie, l'éblouissement est important, mais elle est souvent préférée car deux fois plus rapide [17].

1.2.2 Soudage à l'arc électrique type TIG

1.2.2.1 Principe

Ce procédé de soudage a été mis au point aux Etats-Unis. Il s'apparente au soudage à l'arc, mais en lui apportant des améliorations conséquentes en matière de facilité de mise en œuvre et de qualité de soudure. Après le soudage à l'arc électrique et électrode enrobée, c'est le procédé le plus répandu.

La chaleur nécessaire à créer la soudure est apportée par un arc électrique. Cet arc électrique est transmis au métal de base par une électrode en tungstène et le bain de soudure est protégé par un flux de gaz inerte.

L'arc électrique généré est stable, précis, capable de souder des métaux très réactifs comme l'aluminium ou le titane.

Par exemple, le soudage de l'inox, avec le procédé TIG, permet d'éviter la formation d'oxydes de chrome. Formation qui entraînerait localement une baisse de la concentration en chrome et diminuerait sa résistance à la corrosion.

La soudure se fait sous protection de gaz inerte (ne présentant pas de danger, pas de risque explosif) Différents types de gaz sont utilisés:

- argon pour l'acier
- argon- hélium (mélange binaire) pour l'aluminium
- argon- hélium- oxygène

Dans cette technique l'arc électrique et la soudure sont protégés par le gaz.

Ce qui permet de se passer de l'enrobage de la baguette. Ceci amène une diminution substantielle des émissions de fumées.

Une électrode en tungstène réfractaire, non fusible permet le passage de l'arc électrique.

Au tungstène était parfois ajouté du thorium, à présent il est interdit et remplacé par du cérium, pour le soudage sur les aciers alliés.

Pour le soudage sur métaux non alliés, comme l'aluminium, l'électrode est en tungstène pur [17].

1.2.2.2 Pratique du procédé

La distance entre l'électrode et la zone à souder doit être contrôlée, trop éloignée l'arc s'interrompt, trop près ou si contact il y a court-circuit et la pointe de l'électrode s'émousse.

Il faut alors la «repointer» à la meuleuse ou à l'affûteuse (exposition aux poussières de métaux durs, prévenue par l'utilisation d'affûteuse à bain d'huile étanche) et une baguette de métal d'apport que le soudeur tient d'une main pour former et alimenter le bain de fusion.

De l'autre main il tient la torche pour établir l'arc avec la pièce à souder [14].

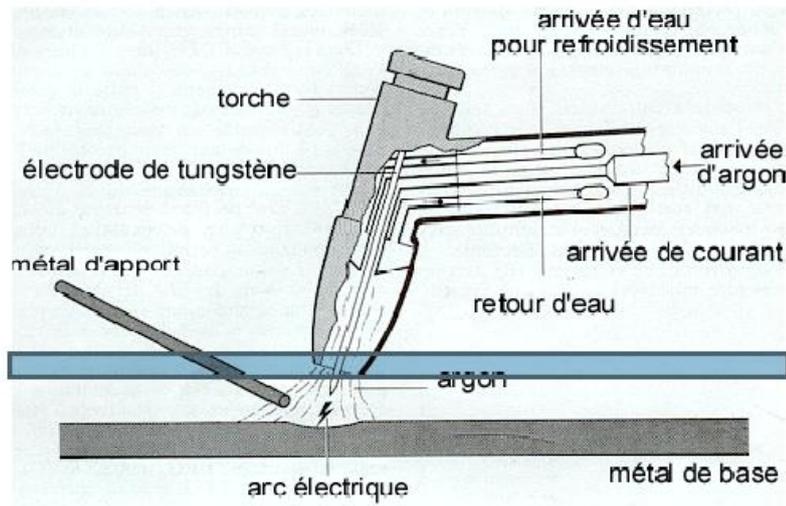


Figure 1.3 Soudage TIG sous argon [17]

1.2.2.3 Application

Ce procédé de soudage apporte une grande qualité de régularité au cordon de soudure. Il est aussi apprécié pour la rapidité de sa mise en œuvre. En effet, la température de fusion au niveau de la zone à souder est obtenue quasi immédiatement, de plus elle reste bien localisée, ne s'étendant que sur une zone de quelques millimètres.

Le métal de base devient aussi métal d'apport. Du fait d'une bonne pénétration du métal d'apport et d'une continuité en profondeur dans la matière, la quantité de métal d'apport nécessaire est plus faible qu'avec le procédé au chalumeau. Les joints ainsi obtenus sont de grande qualité.

Il n'y a pas les défauts d'inclusion du « laitier » comme avec l'électrode enrobée.

Les défauts observés peuvent être des excès de soufflure par manque de gaz, ou un aspect vermiculaire (bulles de gaz) par excès de gaz.

Ce procédé de soudage est appliqué pour les soudures de tôlerie fine, de tubes par les tuyauteurs. Il convient à la plupart des métaux, aciers divers, aluminium, manganèse cuivre, nickel, métaux et alliages réfractaires ainsi qu'aux métaux précieux ou délicats (titane-tantale ou zirconium)

En raison du poids et de l'encombrement des installations nécessaires, il est appliqué en atelier.

La mise en œuvre en endroits clos est possible car il n'y a pratiquement pas d'émission de fumées ni de particules métalliques, sauf dans le cas de traitement de surface au niveau des métaux à souder.

Par contre sur chantier extérieur, il n'est pas toujours privilégié, car la protection gazeuse est sensible au vent, au taux d'humidité et en cas de perte de protection, il y aura oxydation de la soudure.

1.2.3 Soudage semi automatique : MIG, MAG

Il s'agit d'un procédé de production en grande quantité. Il est rapide, nécessitant moins de formation pour la mise en œuvre que le procédé TIG, sans production de laitier comme dans le soudage à l'arc avec électrode enrobée.

1.2.3.1 Principe

L'arc électrique est véhiculé par un fil électrode fusible (à la fois métal d'apport et électrode), ceci jusqu'à l'extrémité de la torche de soudage qui est munie d'une gâchette.

Le fil est disposé sur le dévidoir d'une bobine. Ce dévidoir tourne pour faire avancer le fil à l'aide d'un moteur de 24 Volt. La vitesse du fil en m/min est réglée à l'aide d'un potentiomètre. Le soudeur appuie sur la gâchette pour débiter le gaz protecteur, alimenter l'arc électrique et dévider le fil électrode.

Protection gazeuse inerte (MIG : Metal Inert Gas) le gaz s'écoule de façon continue et protège le métal en fusion contre l'oxygène et l'azote de l'air, en général de l'Argon ou du mélange Argon-Hélium.

Protection gazeuse active (MAG : Metal Active Gas) le plus souvent par CO_2 ou mélange Argon- CO_2 ou Argon- CO_2 - O_2 . Le gaz protecteur participe activement au processus en réagissant, dans l'arc, avec les métaux d'apport et de base.

Caractéristiques du fil d'apport : fils pleins ou fils nus.

1.2.3.2 Pratique du procédé

Le fil conditionné sous forme de bobine, à la fois métal d'apport et électrode est acheminé jusqu'à l'extrémité de la torche de soudage, tenue à la main par l'opérateur.

Le fil est amené de façon automatique et régulière au travers d'un tube contact conique avec filetage de diamètre intérieur permettant son passage.

La pièce précédente, de même configuration, capte l'impulsion électrique et la transmet au tube contact. Le fil capte ainsi au passage l'arc électrique, qui se produit entre le fil d'apport

et le métal de base. Le fil avance régulièrement et lorsqu'il touche la pièce à souder il se produit un court-circuit qui sera à l'origine de la fusion et donc de la soudure.

1.2.3.3 Application

Protection gazeuse inerte (MIG : Metal Inert Gas)

Ce procédé autogène (assemblage de pièces de métal de même nature) convient aux aciers alliés, inoxydables, à la fonte, à l'aluminium et aux alliages légers, au cuivre et aux cuproalliages, au manganèse, au nickel et aux métaux et aciers réfractaires.

Protection gazeuse active (MAG : Metal Active Gas)

Ce procédé s'adapte aux aciers doux non alliés, galvanisés ou zingués et aux métaux ferreux.

On peut décrire 3 modes de fusion, ceci quelque soit la puissance, la nature ou l'origine de l'appareil à souder.

- Court-circuit :

-vitesse et intensité faible.

-appliqué pour le soudage de tôles fines, les positions délicates, les soudures au plafond.

-lorsque le fil touche le métal de base il y a court circuit, l'extrémité du fil sous forme d'une boule, se trouve collée sur le métal de base. Il y a alors brisure du fil suivi de sa rétraction.

-la circulation du courant et l'avancée du fil reprennent et le même processus peut recommencer à côté.

-le cordon de soudure est formé par la mise bout à bout de ces «boules».

- Globulaire ou grosse goutte :

-vitesse et intensité moyenne.

-application pour le soudage en angle, à plat ou en position montante. La zone d'impact est plus grande, ainsi que la pénétration dans la matière.

-la «goutte» sera plus grosse et c'est pourquoi elle se détache spontanément avant que le fil de soudure ne touche le métal de base ; donc avant le court-circuit.

Ce procédé de soudage offre une meilleure résistance mécanique à la soudure.

- Pulvérisation axiale (PA):

-vitesse et intensité élevée.

-le fil ne touche pas le métal de base. Quand il arrive à proximité, il y a pulvérisation dans l'espace du métal du fil de soudure.

-la pénétration du métal d'apport est importante et le cordon de soudure a une forte épaisseur.

Ce procédé est appliqué en production de masse, pour les soudures en angle et à plat.

L'automatisation est possible, il n'y a pas de meulage, ni de reprise nécessaire.

1.2.4 Soudage à l'arc électrique sous flux ou soudage à l'arc électrique submergé

1.2.4.1 Principe

Dans ce procédé la protection de la soudure se fait, non pas par l'enrobage ni par un gaz, mais par un flux qui est déversé automatiquement, par un dispositif, devant le fil électrode. Ce flux forme une couche en excès qui protège l'arc. Il n'y a pas de projections et le cordon de soudure est recouvert d'un laitier auto détachable qui laisse apparaître un métal fondu lisse et brillant. Il s'agit d'un procédé essentiellement automatique qui produit peu d'émissions de fumées.

1.2.4.2 Propriétés du flux

- Le flux permet de décapier les pièces à assembler, de faciliter le mouillage de l'alliage d'apport et d'éviter la formation d'oxydes lors du brasage.
- Les flux peuvent être incorporés dans les alliages d'apport. La quantité de flux varie selon les produits de 0,6 % à 3,9 %.
- Les fils à flux incorporé sont parfois appelés fils à âme décapante.
- Les flux peuvent aussi être appliqués séparément sous forme liquide, solide ou pâteuse.

Le choix du flux approprié dépend essentiellement de la nature des matériaux à braser.

Les flux peuvent être :

- résineux à base de colophane
- organiques, non résineux, solubles ou non dans l'eau, à base d'alcools (isopropanol, propanol, éthanol) ou de solvants organiques...
- inorganiques, à base de chlorures, de fluorures, de borates, d'acides phosphoriques, d'amines... [12]

1.3 Soudage par résistance

1.3.1 Principe

Ce procédé de soudage est un procédé à chaud, sous pression et sans métal d'apport. Il consiste à échauffer localement les pièces par passage d'un courant électrique. La technique la plus utilisée est le soudage par résistance par points. Dans ce cas, les pièces à souder sont superposées et serrées localement entre deux électrodes et l'ensemble est traversé par un courant de soudage qui provoque une élévation de température. L'échauffement provoque la fusion localisée des deux pièces dans la zone située entre les deux électrodes, suivi de la formation d'un noyau de métal recristallise. Il existe plusieurs procédés dérivés, on peut citer le soudage à la molette, le soudage par bossage ou le soudage en bout. Le point commun de ces procédés est qu'ils utilisent l'effet joule, c'est-à-dire qu'ils exploitent le phénomène de l'échauffement d'un conducteur parcouru par un courant électrique.

1.3.2 Soudage par points

Le soudage par points est un procédé d'assemblage discontinu, par recouvrement. Il s'applique à des assemblages en tôles d'aciers doux, allié, inoxydable, d'aluminium, etc, d'épaisseurs généralement comprises entre 0,5 et 10 mm.

Lors de l'opération de soudage, les deux pièces sont placées et maintenues dans leur position respective d'assemblage, puis introduites dans les bras de la machine. L'action d'une pédale déclenche pour chacun des points à réaliser un cycle complet qui comprend les phases suivantes :

- l'accostage : les électrodes se rapprochent et viennent se serrer sur les pièces à souder à l'endroit prévu et sous un effort donné ;
- le soudage : le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur du circuit de puissance ;
- le forgeage ou maintien d'effort à la fin duquel les électrodes s'écartent et reviennent au repos.

Ces différentes phases, dont la durée totale reste de l'ordre de quelques secondes selon les épaisseurs, sont rigoureusement temporisées et se déroulent automatiquement. Au coup par coup, la machine ne réalise qu'un cycle et il faut appuyer de nouveau sur la pédale pour en réaliser un autre.

A la volée, la machine fonctionne d'une manière répétitive, chaque cycle étant séparé du précédent par un intervalle de temps ou temps mort qui permet à l'opérateur de déplacer la pièce à souder. Sa durée détermine ainsi la cadence de travail.

L'ensemble de ces phases est appelé cycle de soudage, dont la figure 1.4 donne la forme graphique conventionnelle [14].

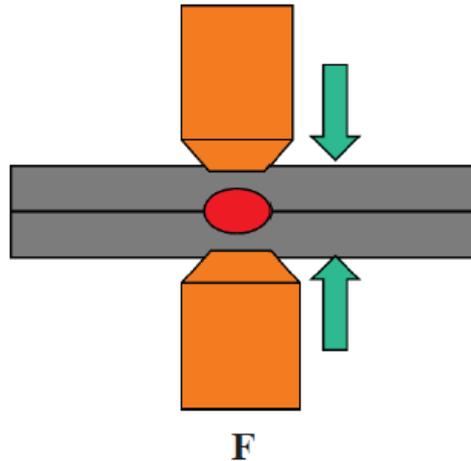


Figure 1.4 Soudage par point [14]

1.3.3 Soudage par bossage

Le procédé de soudage par bossage (Figure 1.5) est une méthode d'assemblage directement dérivée du procédé classique de soudage par résistance par points. Dans le cas de ce dernier, la surface de passage du courant est déterminée par la forme des électrodes et de l'effort de compression qui doit vaincre la raideur des tôles. La surface de contact peut donc être variable et elle est relativement mal contrôlée. Dans le cas du soudage par bossage, l'effort de compression et l'endroit du passage du courant sont localisés à un ou des points déterminés par des bossages préexistants sur une des deux pièces à assembler. En effet, les bossages, grâce à leur effet de concentration, délimitent parfaitement la surface de passage du courant de soudage. Ils assurent une bonne régularité des conditions de contact des pièces et favorisent ainsi la régularité de la quantité d'énergie dégagée à l'endroit du joint à réaliser.

Le soudage par bossage est souvent utilisé dans le cas d'assemblage des tôles ayant une certaine courbure, car sans le bossage, il est difficile de garantir un contact correct des deux tôles à l'endroit de la soudure.

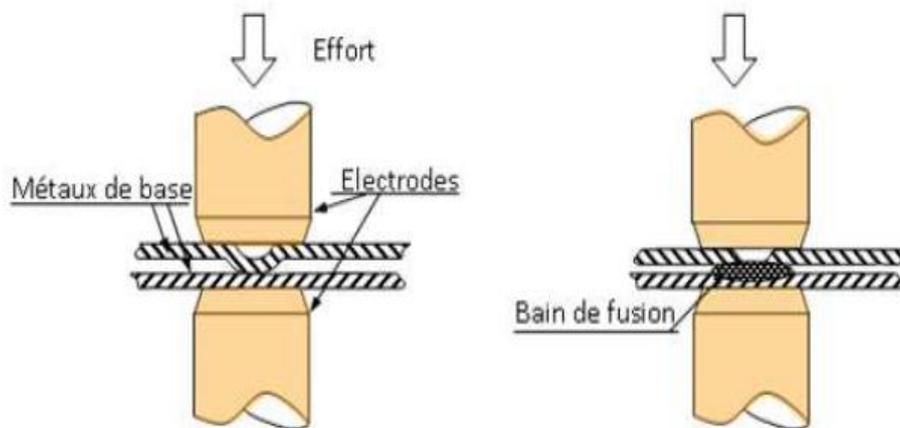


Figure 1.5 Soudage par bossage [14]

1.3.4 Soudage à la molette

Le soudage à la molette diffère du soudage par points en ce que les électrodes classiques sont ici remplacées par des rotations permettent de faire des soudures par recouvrement, continues et étanches. La soudure se réalise de façon progressive et continue, associant serrage des tôles et passage du courant, sur toute la longueur de la pièce.

Un cycle de soudage comporte les phases suivantes, similaires à celles du soudage par points:

- l'accostage : les deux molettes viennent serrer, pour les accoster et localiser le courant, les deux pièces à souder au point de départ
- le soudage : le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur primaire, et la rotation des molettes est engagée, créant une liaison continue.
- l'arrêt qui commande l'écartement des molettes en fin de cordon.

Le cycle de soudage est celui de la machine typique et les différentes phases opératoires.

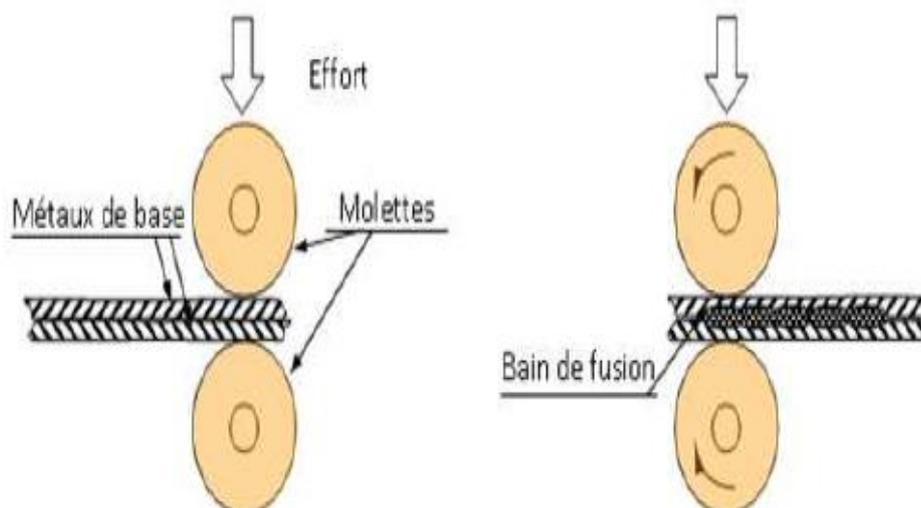


Figure 1.6 Soudage à la molette [14]

1.3.5 Soudage en bout par étincelage

Le procédé de soudage en bout, première forme du soudage par résistance, permet, comme son nom l'indique, de souder bout à bout des barres ou des profilés de même section droite ou des pièces ayant reçu une préparation les ramenant à ce cas. Sur la figure 1.7 est représentée une opération de soudage en bout. Les pièces sont placées dans des mâchoires en cuivre dont l'une est fixée sur un chariot mobile en translation parallèlement à l'axe de soudage.

L'opérateur actionne la commande du cycle qui se déroule automatiquement de la façon suivante :

- avance et accostage : le chariot mobile entre en mouvement pour rapprocher les pièces qui viennent en contact sous un effort déterminé
- soudage : le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur primaire du circuit de puissance et porte les parties en contact à la température de soudage ;
- forgeage ou maintien : exerce par l'effort du chariot mobile et à la fin duquel les mâchoires s'ouvrent en permettant le retour au repos du chariot [8].

Comme dans le cas général, ces différentes opérations sont temporisées. Il n'existe pas, dans les machines en bout, de marche soudage par points. Cependant, avec un dispositif de chargement et déchargement automatiques des pièces, on peut obtenir un fonctionnement similaire.

La description précédente concerne un mode opératoire qui se limite en pratique au soudage de pièces de très petites sections, ne dépassant pas quelques dizaines de millimètres carrés. Lorsqu'il s'agit de pièces massives, pour lesquelles il n'est pas possible d'obtenir une portée parfaite des surfaces en regard, la répartition du courant très imparfaite ne permet pas d'engager directement un processus d'échauffement régulier et utilisable ; aussi a-t-on recours à un artifice, consistant à produire des étincelles de contact, dont l'intérêt est de créer un échauffement parfaitement réparti sans exiger de densité de courant exagérée. Le procédé est alors appelé, pour cette raison, soudage en bout par étincelage ou plus simplement soudage par étincelage et c'est sous cette forme qu'il est généralisé. Il permet de souder des sections de 10 000 mm² [8].

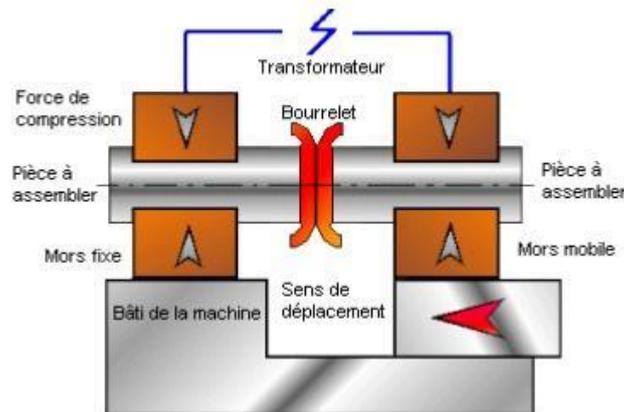


Figure 1.7 Soudage en bout par étincelage [17]

1.4 Système Assurance Qualité

Le système Assurance Qualité (AQ) selon la norme 8402 se définit comme « l'ensemble des activités préétablies et systématiques mis en œuvre dans le cadre du système qualité et démontrées en tout que besoin pour donner la confiance appropriée en ce qu'une entité satisfera aux exigences pour la qualité ».

Le système assurance qualité repose d'une manière générale sur l'EN ISO 3834-1 qui découle directement de l'ISO 9001, ce document définit les différents niveaux et les requis de chacun d'eux en matière d'assurance qualité en soudage.

Il est admis qu'un constructeur puisse avoir une certification assurance qualité en soudage sans avoir de certification ISO 9001.

La présence en entreprise d'un système d'Assurance Qualité Soudage défini et appliqué devra être prouvé lors de l'audit.

Organisme qualifié

On peut se référer aux normes suivantes : EN 45020 pour les définitions, et à l'EN ISO/CEI 17011 pour les exigences générales liées à l'évaluation et l'accréditation d'organisme de certification / d'enregistrement.

Certification

La certification est une activité par laquelle un organisme reconnu et accrédité, indépendant des parties en cause, donne une assurance écrite qu'un produit, processus ou service est conforme à des exigences spécifiées (dans notre cas EN ISO 3834).

La validité en durée d'une certification est de 3 années sans changement de conditions de la certification. Des audits annuels de suivi sont réalisés pour éviter toutes dérives.

Personne qualifiée

C'est une personne dont la compétence et les connaissances ont été acquises par l'éducation, la formation et/ou une expérience pratique appropriée.

Afin de démontrer le niveau de compétence et des connaissances de cette personne, une épreuve de qualification peut être exigée. (Ce qui est le cas pour les soudeurs par exemple).

1.4.1 Qualité des process soudage

Compte tenu des exigences de qualité des industriels, constitue une étape essentielle dans la fabrication de nombreux équipements et doit à ce titre être un processus maîtrisé par le constructeur.

La norme ISO 3834 définit les exigences de qualité pour le soudage par fusion des matériaux métalliques, en atelier ou sur les sites de montage.

Disposer d'un système de maîtrise du management de la qualité en soudage selon la norme ISO 3834 permet de :

- optimiser le processus « soudage »
- réduire les risques de mal façon et ainsi des coûts
- allonger la durée de validité de vos (QS) Qualification Soudeur
- valoriser les produits fabriqués
- responsabiliser le ou les coordonnateurs en soudage qui ont pour missions le suivi des opérations de soudage.

**1.4.2 Organigramme fonctionnel d'une équipe idéale
pour la qualité de soudage**

L'importance de l'équipe de soudage sera fonction du niveau de performance des joints, du niveau de qualité par rapport aux défauts, du niveau de sécurité des joints à réaliser et du niveau de sécurité générale des ensembles ou sous ensembles dans lesquels ils s'inscrivent.

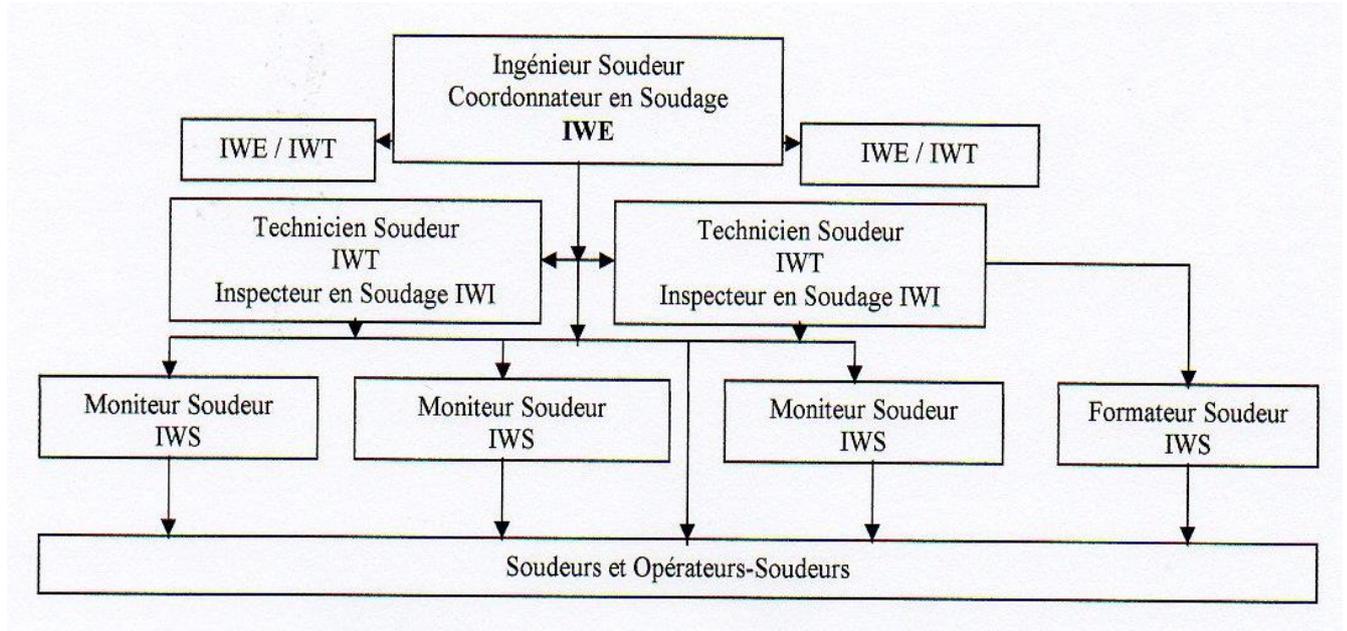


Figure 1.8 Equipe idéale de soudage [24]

Avec:

IWE: International Welding Engineer

IWT: International Welding Technical

IWS: International Welding Specialist

IWP: International Welding Praticuer

IWI: International Welding Inspector

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié et passé en revue les différents procédés de soudage qui ont en commun le même but, en l'occurrence un soudage de qualité. L'objectif de ces derniers est de nous permettre de faire un choix judicieux des équipements selon nos besoins dans les différentes situations.

Chapitre 2

Théories des organizations

Introduction

Organiser le travail consiste à la fois à le diviser en tâches et à coordonner les activités des personnes chargées de ces dernières. Différents modèles d'organisation du travail ont été proposés et coexistent de nos jours mettant tantôt l'accent sur la division, tantôt sur la coordination du travail [18].

Une discussion plus détaillée sur les méthodes d'organisations ainsi que des formes et approches de ces derniers sont présentés dans ce chapitre.

2.1 Définitions et concepts

2.1.1 Organisation de travail

Le terme d'organisation du travail désigne un ensemble de paradigmes au sein d'une entreprise, et qui permet d'atteindre les objectifs établis [18].

2.1.2 Organisation du travail et productivité

L'organisation du travail rassemble toutes les notions qui permettent l'établissement de méthodes de partage des tâches, de communication et de management au sein d'une entreprise. S'il existe de nombreuses façons d'organiser le travail au sein de la société, elles visent toute l'optimisation de la productivité et l'atteinte des objectifs déterminés.

La gestion des ressources humaines est au centre des modèles d'organisation du travail. Il s'agit de favoriser l'engagement des collaborateurs tout en établissant une gestion de projet qui permet d'être productif [15].

L'adhésion à la culture d'entreprise est un axe majeur, de la même manière que le développement des compétences. Les formations internes permettent par exemple aux salariés d'exploiter pleinement leurs « hard skills » et « soft skills ». Il est par ailleurs important pour les entreprises de prévenir les risques de « burn-out » en prenant soin de la santé des collaborateurs.

2.2 Théories

2.2.1 Organisation bureaucratique

Taylor a proposé des méthodes de rationalisation du travail de l'individu à son poste. D'autres théoriciens et praticiens ont élargi la réflexion sur les organisations en examinant celles-ci dans leurs ensemble, certains recherchant aussi un « one best way », d'autres essayant au contraire de comprendre ce qui peut expliquer la variété et la diversité des organisations.

D'autre part, Max Weber par exemple, a observé de nouvelles formes d'organisations nées au XIX^e siècle et a essayé de comprendre leur émergence. Au cours du XVIII^e et XIX^e siècle, se déroulent une série de révolution qui transforme profondément la société et les activités économiques : révolution politique, révolution industrielle et révolution scientifique. On expérimente, on teste, on met à l'épreuve ce qu'on avance, on fabrique des hypothèses, on décide de l'organisation de la société, etc [15].

Il a analysé ces transformations à travers l'idée qu'une nouvelle forme d'autorité basée sur la raison scientifique et la loi. Cette forme d'autorité se distingue des deux autres formes classiques : « autorité traditionnelle », basée sur le respect des traditions, de l'histoire, de l'héritage du pouvoir, et « autorité charismatique », basée sur la capacité d'un individu à stimuler, mobiliser, réunir une population. L'autorité rationnelle-légale est un progrès par rapport à des formes qui peuvent conduire à l'excès, l'arbitraire, l'irrationnel.

A partir de l'autorité rationnelle-égale, un modèle d'organisation bureaucratique émerge, reposant sur l'usage de la raison et la construction de règles pour son fonctionnement, avec les cinq grandes caractéristiques suivantes :

- la spécialisation des tâches avec une division très systématique du travail.
- la standardisation des tâches avec des règles explicites et stable, qui vont être transmises aux personnes pour définir comment faire la tâche.
- la formalisation des tâches, à travers des définitions explicites, officielles, écrites connues de tous.
- la centralisation de l'autorité, sous la forme d'une pyramide hiérarchique.
- l'impersonnalisation des relations (internes et externes).

2.2.2 Administration industrielle et générale

Henri Fayol a proposé une réflexion sur la meilleure façon d'organiser les entreprises dans leur ensemble et pas seulement pour les différents postes de travail. Le découpage de l'entreprise en grandes fonctions est toujours d'actualité même si les fonctions qu'il avait identifiées ne sont plus exactement les mêmes:

- la fonction technique, correspond à l'actuelle fonction de production.
- la fonction commerciale, centrée sur la vente. Aujourd'hui existent aussi les fonctions marketing et communication externe.
- la fonction financière, s'occupe de gérer les ressources et les investissements de l'entreprise.
- la fonction « sécurité » : centrée sur la sécurité des salariés et des installations. Longtemps peu développée, elle est aujourd'hui parfois couplé avec les fonctions « qualité » et « environnement ».
- la fonction « comptable » : différente de la fonction financière, elle assure le suivi des différentes opérations de gestion (factures, ventes, etc.).
- la fonction « administrative » est pour Fayol une fonction généraliste dont le rôle est de prévoir l'activité, d'anticiper, d'organiser, de commander, de coordonner les différents services et de contrôler les travaux des uns et des autres.

Il a proposé également différents principes d'organisation basés sur la division du travail, l'importance de l'autorité, de la discipline, la subordination à l'intérêt général, l'unité de commandement, l'unité de direction. L'unité de commandement désigne le fait que chaque employé ne doit avoir qu'un seul chef. Cette idée a récemment été remise en cause par les entreprises qui ont adopté des modes de fonctionnement plus transversaux : organisation matricielle, fonctionnement en groupes projets, où les salariés ont en fait plusieurs chefs : chefs fonctionnels et chefs de projet.

En ce qui concerne les modes de rémunération, Fayol a proposé de les adapter au contexte de l'entreprise et des postes de travail, n'étant pas persuadé qu'il existe une meilleure solution dans ce domaine. Par rapport au salaire, au rendement prôné par Taylor, Fayol avait par exemple repéré un phénomène de freinage : quand on paye les ouvriers au rendement, le groupe va créer une norme de freinage pour ne pas aller trop loin afin d'éviter de s'épuiser en risquant une modification des seuils affectés. Fayol souligne que les gratifications symboliques (médaille du travail), les avantages en nature (repas) peuvent présenter aussi de l'intérêt pour motiver les salariés.

2.2.3 Chaîne de convoyage et modèle économique

Henry Ford (1863-1947) est un industriel bien connu qui a révolutionné à la fois l'organisation du travail mais aussi le monde économique en élaborant et mettant en œuvre un modèle de production de masse. Il a proposé une approche qui permet de résoudre certaines difficultés du taylorisme. Taylor était centré sur l'efficacité, la productivité, du travail ouvrier. Ford a un raisonnement plus large autour de l'objectif de fabriquer des produits en très grand nombre. Le cercle vertueux proposé par Ford peut se formuler de la manière suivante :

- plus une entreprise produit en grand nombre, plus elle peut faire diminuer le prix de revient de chaque produit;
- plus le prix de revient est faible, plus elle peut baisser le prix de vente et accéder ainsi à plus de consommateurs ;
- plus elle vend, plus elle gagne de l'argent et donc plus elle peut aussi mieux payer ses salariés ;
- plus les salariés sont payés, plus ils peuvent devenir des consommateurs et acheter les produits fabriqués en masse.

La chaîne de convoyage permet dans l'usine de régler le rythme de travail auquel doivent s'ajuster les ouvriers spécialisés sur des tâches très répétitives. Dans le Taylorisme, il faut en effet trouver un système pour pousser les ouvriers à travailler au rythme alloué. La chaîne de convoyage, oblige ceux-ci à s'ajuster à la vitesse d'avancement de la chaîne. L'organisation en ligne de l'espace de travail permet aussi de rationaliser la trajectoire des produits en fabrication, de faciliter toutes les interventions au long du processus. Cela conduit aussi à supprimer une part coûteuse, de manutention, puisque c'est la chaîne qui se déplace. Les temps « morts » (attentes, ruptures de stocks, variation du rythme de travail, etc.) vont être quasiment éliminés. L'investissement dans de telles installations est cependant très élevé et suppose de produire en grand nombre toujours le même produit pour rentabiliser cet investissement et ne pas avoir à le changer trop souvent [15].

2.2.4 Fordisme

Le Fordisme suppose, pour produire en masse, que l'entreprise ne fabrique qu'un seul type de produit ou une gamme relativement étroite. Ce système fonctionne bien quand les consommateurs ne sont pas tous équipés et qu'ils sont donc prêts à acheter ce qu'on leur

propose. Cependant, il arrive un moment où la très grande majorité des consommateurs intéressés est équipée. Les économistes parlent d'un marché « saturé ». Les ventes, pour se poursuivre dans ce cas, doivent reposer sur des produits différents, adaptés plus finement aux besoins des consommateurs, apportant des fonctions supplémentaires où une esthétique originale, etc. On passe à un marché de « renouvellement » où le consommateur peut se permettre des exigences supplémentaires, faire un choix entre différentes propositions. Les producteurs doivent changer rapidement leurs gamme, les étendre pour toucher les différentes catégories de consommateurs, apporter un plus par rapport aux produits concurrents.

Le succès de l'entreprise Toyota, qui a gagné des parts de marché importante dans le pays qui avait inventé le Fordisme, repose sur une organisation du travail radicalement différente de celle proposée par Taylor et Ford et a servi de modèle à de nombreuses entreprises.

Taiichi Ohno, ingénieur chez Toyota, a mis en œuvre dans son entreprise, et popularisé, une forme d'organisation qu'il considérait comme inspirée par certaines entreprises de distribution et qu'il a appliquée à la production industrielle.

-le « pilotage par l'aval » : il s'agit d'organiser la production non pas à partir de prévision à long terme, en amont, mais à partir des commandes des clients pour déclencher la production en remontant la fabrication que si il est d'abord vendu.

-la limitation des stocks : les composants nécessaires pour construire un produit ne sont pas stockés à l'avance mais eux aussi commandés et fabriqués en fonction des besoins de la production.

-l'usinage des kanbans (« étiquettes ») symbolise cette gestion en « flux tendu ». Ces étiquettes correspondent aux demandes qui passent d'un poste à l'autre en remontant la chaîne de production. Depuis la commande du client jusqu'aux composants les plus élémentaires, à l'intérieur de l'entreprise mais aussi avec les fournisseurs, l'information ainsi transmise permet de faire des demandes d'un poste à autre, d'un service à autre [15].

S'adapter aux demandes des clients nécessite ainsi une organisation du travail souple, où chaque travailleur doit être en capacité de changer rapidement de tâches. Par rapport au travailleur du Taylorisme, il doit donc avoir des compétences plus étendues. On attend également de lui qu'il participe à l'amélioration du processus de production et cela de manière constante, régulière. Le terme de kaizen, évoque cette avancée à petits pas d'organisation qui, par le biais de groupes de travail réfléchissant à l'amélioration des processus, transforme progressivement l'organisation sans qu'il soit nécessaire de

procéder à des bouleversements majeurs. Les compétences et la réactivité des travailleurs permettent de faire face aux aléas de la production.

Le modèle toyotiste essaie de combiner « économie d'échelle » et « économie de variété » en produisant en grand nombre des produits néanmoins composés de modules, d'options, montés en fonction des commandes particulières des clients. Ce modèle qui a été largement diffusé, repose en fait sur une différenciation de deux types de travailleurs :

- ceux qui font partie du cœur de métier de l'entreprise et dont le développement des qualifications est encouragé.
- ceux qui sont à la périphérie (en intérim, en contrat à durée déterminée, chez les sous-traitants, dans les pays à bas salaires) et qui, travaillant sous des formes tayloriennes, vont faire les frais des fluctuations de la charge de travail liées aux ventes des produits.

Les restructurations humainement très douloureuses qui ont débutées dans les années 1980 ont permis aux entreprises industrielles de se rapprocher du modèle toyotiste à travers différentes opérations :

- recentrage des entreprises sur le « cœur » de leur métier en sous-traitant les parties du processus de production sur lesquelles elles étaient moins performantes (externalisation vers des sous-traitants spécialisés donc plus performants) ;
- développement de politiques « qualité » et d'outils de contrôle de gestion plus élaborés pour mieux maîtriser les coûts internes ;
- gestion du personnel différenciant les contrats de travail selon les niveaux de qualification : plutôt que d'avoir des périodes de sureffectifs et de chômage technique, on garde un personnel permanent plus réduit (les plus qualifiés) en ayant recours à des contrats de travail flexibles (les moins qualifiés) quand la charge de travail augmente.

2.3 Effet Hawthorne et école des relations humaines

2.3.1 Expériences à l'usine Hawthorne de la Western Electric Company de Chicago (1924 à 1932)

Ces expériences font l'objet, encore de nos jours, de nombreux débats relatifs aux conditions méthodologiques de leur réalisation et aux conclusions qui en ont été tirées. Elles sont cependant à l'origine d'une quantité très importante de questions qui ont donné

naissance à différentes disciplines telles que la psychologie sociale, la sociologie du travail ou la recherche en management.

« L'effet Hawthorne » est l'expression symbolisant l'idée que la productivité des travailleurs dépend surtout de la considération que l'on a pour eux plutôt que de tel ou tel élément concret de leurs conditions de travail. Différentes expériences ont été conduites auprès d'ouvrières, principalement, chargées d'assembler des relais téléphoniques. Les variables utilisées concernaient les conditions de travail : éclairage de l'atelier, nombre de pauses, durée de travail journalière, système de salaire individuel ou collectif, etc. D'après le compte-rendu d'Elton Mayo et de son équipe, la productivité des ouvrières augmentait dans la plupart des changements opérés. L'interprétation proposée est que ces résultats montrent que la variable la plus influente est le fait que ces ouvrières fassent globalement l'objet d'une expérience qui les distingue et les valorise [15].

2.3.2 Ecole des relations humaines

L'école des relations humaines est l'expression consacrée pour réunir une série de travaux plus ou moins issus des interrogations suscitées par les expériences d'Hawthorne :

- de quoi est faite la motivation au travail ? la satisfaction ?
- quelle influence ont les relations de travail, à l'intérieur de groupes et entre les différents groupes ?
- peut-on mesurer, évaluer, modifier ces relations humaines ?
- comment diriger correctement une équipe de travail ?
- pourquoi les personnes « résistent » au changement. ?

Ce courant de recherches a suscité des travaux qui ont, en quelque sorte, posé les bases de la psychologie du travail et des organisations. On peut citer en particulier :

- Mayo (1933), Whitehead (1938), Roethlisberger, Dickson & Wright (1939) qui ont publié les travaux effectués à l'usine Hawthorne. Au-delà des expériences sur la productivité, les milliers d'entretiens avec les salariés ont permis de mieux comprendre comment ceux-ci percevaient leur travail et les relations avec les autres. Les techniques d'entretien, très directives au départ, ont d'ailleurs pu être améliorées à cette occasion de façon à laisser les personnes enquêtées exprimer plus facilement leurs représentations.

- des questionnements sur le fonctionnement des groupes ont été prolongés par les travaux de Kurt Lewin : dynamique des groupes, notion de champ de force, influence du groupe sur le changement individuel, etc.
- le thème du leadership et la recherche de la meilleure façon de conduire une équipe ont amené Lewin, Lipitt et White à développer des expérimentations sur les styles de leadership et leurs conséquences pour les personnes en distinguant trois grands types: « démocratique », « autocratique » et « laisser-faire ».
- l'idée d'essayer de mesurer les relations sociales a été approfondie par Moreno à travers les techniques sociométriques. On peut faire passer un questionnaire en demandant aux gens avec qui ils aimeraient travailler ou partir en vacances, avec qui ils n'aimeraient pas travailler ou partir en vacances. De même, on demande avec qui n'aimeraient pas travailler ou partir en vacances: Chaque individu du groupe remplit un questionnaire. En croisant les résultats dans un tableau à double entrée, on peut calculer une série d'indices : qui est le plus souvent choisi (popularité), qui est rejeté, quels sont les sous-groupes, etc. Cette technique a été utilisée dans l'armée pour former des équipages (pilotes d'avion, sous-marin) où les bonnes relations sont un enjeu clé de réussite. Cependant, c'est une technique qui peut apparaître relativement violente lorsque les résultats sont présentés au groupe, car elle transforme des impressions floues en chiffres précis [15].

Du côté du problème de la motivation et de la satisfaction au travail, on peut citer les noms de Maslow, Herzberg ou McGregor. Ces premières réflexions sur la motivation s'attachent essentiellement à découvrir les ressorts de la motivation chez les individus sans prendre en compte les interactions et la dynamique sociale. Maslow a proposé une hiérarchie des besoins, indiquant qu'un besoin de niveau inférieur doit être satisfait avant qu'un besoin de niveau supérieur apparaisse. Herzberg, lui, distingue les besoins qui, quand ils sont remplis n'apportent pas de plaisirs particuliers (facteurs d'hygiène) de ceux qui n'entraînent pas d'insatisfaction lorsqu'ils ne sont pas remplis mais beaucoup de plaisir s'ils le sont (facteurs de motivation : reconnaissance, accomplissement, etc.). Pour Mc. Gregor, des visions de l'homme comme celle de Taylor supposent que celui-ci essaie généralement d'en faire le moins possible, n'est motivé que par l'argent, préfère qu'on lui donne des ordres plutôt que de faire appel à son initiative personnelle, etc. A cette « théorie X », il propose d'opposer la « théorie Y », plus humaine, qui considère que l'individu peut se motiver si on lui donne les moyens de son travail, qu'il cherche naturellement à apprendre, à se développer, que la reconnaissance ne passe pas uniquement par l'argent, etc. Ces théories dites de contenu

présentent beaucoup de défauts (faible prise en compte des variations individuelles, des interactions sociales, des processus qui lient les attentes des individus et les résultats de leurs actions, etc.)

L'école des relations humaines a ainsi le mérite de réintroduire une complexité plus réaliste dans l'approche des relations des travailleurs au sein des organisations en remettant en cause les perspectives simplistes de la « psychologie » des employés proposées par les ingénieurs (Taylor, Ford) qui ont proposé de nouvelles conceptions des organisations de travail [15].

2.4 Approche formelle des organisations

D'autres recherches sur les organisations concernent la question suivante: qu'est-ce qui peut expliquer la forme que prend une organisation ? Dans certains secteurs, les organisations seront plutôt bureaucratiques, dans d'autres secteurs, elles seront plus souples. Certaines sont très petites et nombreuses, d'autres immenses et en nombre limité. Elles peuvent être très anciennes et stables ou l'inverse. Il s'agit alors de caractériser ces différentes formes d'organisations et d'examiner les variables principales qui influencent la construction de ces formes. Woodward (1965) a ainsi essayé de classer les organisations en fonction du type de production. A une extrémité, on trouve la production d'unités sur commande.

L'autre extrême est la production à flux continu de gaz liquides ou de formes solides. Elle distingue entre les deux un autre groupe d'entreprises où l'on produit en masse et en grande quantité (l'automobile par exemple). L'usage des technologies est très différent, allant d'un outillage relativement sommaire pour la production à l'unité à des grandes installations très coûteuses pour la production en grandes séries et en continu. On voit aussi des niveaux de qualifications relativement différents et une organisation hiérarchique plus ou moins complexe. La proportion de personnel de supervision est variable. Dans la production à l'unité, on constate de manière générale que les chefs encadrent beaucoup de personnes. Dans la production en série, il y a plus de superviseurs proportionnellement à la production à l'unité. Dans la production continue, il y a encore plus de superviseurs qui encadrent, chacun, peu de salariés. L'étendu de supervision dépend en particulier de la complexité du travail et des qualifications nécessaires.

La production à l'unité signifie que les subordonnés sont des personnes relativement qualifiées, qui maîtrisent mieux leur métier et qui ont peu besoin d'avoir un supérieur qui leur explique comment faire. Dans les entreprises de production en série, qui suivent plus

facilement le modèle taylorien, le travail est peu qualifié et standardisé, les superviseurs ont alors surtout des tâches de contrôle. Dans la production continue, l'essentiel de l'activité est réalisé par des machines. Il y a donc peu de personnel, mais une hiérarchie très développée avec de multiples niveaux de qualification.

Burns et Stalker (1961) soulignent la distinction entre des organisations « mécaniques » et « organiques » et la mettent en lien avec l'environnement « stable » ou « instable » de l'organisation [15].

- Dans l'organisation de type « mécanique », la spécialisation et la standardisation du travail sont très poussées, les conflits sont résolus par la hiérarchie, les décisions sont prises au sommet, la communication repose sur des directives. Ce type de système de gestion est plutôt adapté à des environnements technologiques et économiques stables.
- Pour le type « organique », le travail est peu spécialisé, difficile à standardiser, les conflits sont résolus par les interactions directes entre les membres de l'organisation, les décisions se prennent là où est la compétence pour le faire. Ce type d'organisation survit plus facilement dans des environnements très variables, changeants, en permettant une adaptation « souple » et des capacités d'innovation plus importantes.

En 1982, Mintzberg a proposé dans un ouvrage célèbre une synthèse des travaux sur les caractéristiques formelles des organisations [15].

La typologie proposée met en relation les caractéristiques structurelles des organisations et les facteurs explicatifs des formes prises par celles-ci.

Parmi les caractéristiques prises en compte, on peut citer :

- la conception des postes de travail : spécialisation, formalisation, formation et socialisation des travailleurs.
- la conception de la superstructure : regroupements et tailles des différentes unités qui composent l'organisation, modes de supervision, de communication, d'autorité, etc.
- la conception des liens latéraux : systèmes de planification et de contrôle, mécanismes de liaison, organisation des flux de travaux, etc.
- la conception du système de prise de décision : décentralisations horizontale et verticale.

Les variables explicatives repérées dans la littérature par Mintzberg sont principalement:

- l'âge et la taille de l'organisation ;
- les caractéristiques du système technique sur lequel son activité repose (complexité, régulation) ;

- les caractéristiques de l'environnement (complexité, stabilité, hostilité, diversité) ;
- le mode de propriété de l'organisation ;
- les besoins des membres de l'organisation (valeurs, évolutions culturelles, niveaux de qualification, etc.) ;
- les modes (propagées par les consultants, imitation des concurrents, etc.).

L'auteur aboutit ainsi à une typologie en cinq « configurations structurelles», chaque organisation réelle pouvant plus ou moins être rattachée à un ou plusieurs de ces types:

- la structure simple, très centralisée, où la supervision est directe, comprend peu de niveaux hiérarchiques. On trouve très souvent ce type d'organisation dans les petites entreprises (environnement qui peut être instable mais travail relativement simple).
- la bureaucratie mécaniste correspond à des organisations où la stabilité de l'environnement a permis la standardisation des procédés de travail.

La décentralisation est limitée et les services fonctionnels ont un rôle très important.

Ce type correspond à des productions en grandes séries de produits relativement simples (environnement stable et travail simple).

- dans la bureaucratie professionnelle, la complexité du travail fait que ce sont les qualifications des membres qui vont être standardisées (un niveau de formation important est exigé) plutôt que les tâches elles-mêmes. On aura une décentralisation plus importante, en particulier pour les décisions qui peuvent être assurées par les professionnels très qualifiés.
- dans la forme divisionnalisée, ce sont plutôt les produits qui font l'objet d'une standardisation poussée, l'ensemble de l'organisation est décomposé en organisations plus petites (divisions), chacune s'occupant d'une gamme de produits de façon relativement autonome.
- l'adhocratie correspond à des organisations qui fonctionnent et se mettent en place pour un objet dont la durée est limitée. Les fonctions de support logistique peuvent être stables mais les opérationnelles qui interviennent sur le projet constituent une équipe de travail temporaire qui peut être très différente sur un autre projet.

Malgré sa richesse, la typologie de Mintzberg ne rend pas compte des dernières évolutions des organisations qui essaient aussi de plus en plus de s'organiser en interne par projet,

par processus ou qui fonctionnent en s'insérant dans des réseaux d'organisation plus vaste (sous-traitants, fonctions, externalisées, alliance avec des concurrents, etc.).

Plus récemment, Sainsaulieu et son équipe, en pratiquant une analyse secondaire de résultats d'enquête effectuées dans des secteurs différents sur des organisations variées (entreprises privées, publique, collectivité locales, etc.) ont proposés la typologie suivante [15] :

- les organisations « rationnelles », que ce soit dans le monde industriel ou le monde administratif, sont toujours présentes. Le travail y est très divisé, parcellisé, standardisé et encadré par de nombreuses règles.
- les organisations professionnelles de process concernent les activités effectuées en continu dans des secteurs souvent à haut risque (chimie, nucléaire, agroalimentaire, etc.) où des travailleurs très qualifiés interviennent, avec des formes de coordination transversales, sur les différentes phases, en fonction des aléas.
- les organisations personnalisées sont celles qui permettent un service où la relation directe avec le client est essentielle (banque, formation, guichets, etc.), le travail est faiblement codifié et suppose des qualifications assez larges et une autonomie importante de la part des salariés.
- les organisations flexibles, que l'on trouve dans la production de petites séries, les structures projets, les services sociaux, font appel à des équipes semi autonomes et des compétences élevées et codifiées pour les travailleurs.
- l'organisation artisanale est toujours présente avec un travail codifié mais une indépendance et des marges de manœuvre importantes pour les employés.

Le travail est peu divisé et les savoir-faire acquis par l'expérience ont un poids essentiel.

2.5 Approche sociotechnique

L'approche « sociotechnique » est née dans les années 1950 au Royaume Uni. Elle part de la notion de système (ensemble d'éléments en interaction), en distinguant système technique et système social. Ce ne sont pas deux phénomènes séparés dans une organisation. Le système technique correspond à l'ensemble des procédures, des outils, à tout ce qui concerne l'organisation technique du travail. Le système social concerne les relations qui se développent au sein du travail. Cette approche est née en réaction à l'école des relations humaines. En effet, le défaut principal de l'école des relations humaines est de ne pas remettre en cause l'organisation du travail taylorienne. Elle s'intéressait à la dynamique de groupe,

aux relations affectives dans les équipes de travail, aux motivations des subordonnés, à l'ensemble des aspects humains, mais sans toucher à la manière dont le travail est découpé, organisé, aux procédures techniques mises en œuvre. L'approche sociotechnique consiste à penser que l'on peut peut-être améliorer les relations humaines dans une organisation mais, si on ne change pas l'organisation du travail, les problèmes seront toujours là. Il faut donc intervenir à la fois sur le système technique et sur le système social [15].

Cette approche a apporté de nombreuses innovations sur la manière d'organiser les tâches, que ce soit au niveau des équipes de travail ou au niveau du développement de l'ensemble de l'organisation. Le contrôle est assuré par la hiérarchie qui surveille et distribue le travail. Le mode de rémunération est basé sur le rendement.

Cette forme d'organisation du travail pose un problème par rapport à la productivité, plus faible que celle attendue par les dirigeants de la mine, des problèmes d'accidents du travail, et une très forte rotation du personnel. Le diagnostic effectué montre que le mauvais fonctionnement du système social peut s'expliquer par les particularités du système technique très taylorien :

- pertes d'énergie et de temps engendrées par l'organisation spécialisée entre les postes et des équipes qui ne se rencontrent jamais.
- les relations entre les équipes sont mauvaises, les individus sont isolés, il y a une compétition du fait du salaire au rendement, les gens sont peu concernés par l'organisation de l'entreprise et, dès qu'ils le peuvent, ils essaient de partir de cette entreprise.

A partir de cette analyse du travail, ils en concluent que tous ces symptômes ne sont pas seulement un problème de relations humaines mais sont fortement liés à la manière dont le travail est organisé. Plutôt que de mettre en place des réunions d'information, des discussions, ou d'essayer de motiver les ouvriers, ils vont proposer de motiver cette organisation du travail :

- création de groupes semi autonomes qui auront l'ensemble des processus à gérer: préparation, installation, déplacement fait dans la même équipe.
- plutôt que d'avoir une seule équipe qui extrait du charbon, on a trois équipes qui font l'ensemble des tâches.
- chaque travailleur est moins spécialisé, ils vont se former les uns par rapport aux autres.

- chaque groupe décide de manière autonome de la façon dont il va s'organiser. Cela peut conduire à des différences entre les équipes dans la manière de répartir les tâches. Ce sont les équipes qui décident de cette organisation même si elles ont, bien sûr, des objectifs de production à atteindre indirectement, les superviseurs ont ainsi une tâche de coordination entre les équipes plutôt qu'une tâche de contrôle, de surveillance, des individus à l'intérieur des équipes.
- on change aussi le système de rémunération : le rendement est évalué au niveau de l'équipe. Ce qui crée une pression sur chaque individu par les autres membres de l'équipe.
- le groupe de travail a donc intérêt à bien fonctionner, à intégrer ses membres et à essayer d'améliorer l'organisation du travail interne.

Les résultats obtenus après la mise en place de cette nouvelle organisation sont les suivants :

- baisse des accidents,
- baisse de la rotation du personnel,
- baisse de l'absentéisme,
- suppression d'un niveau hiérarchique,
- augmentation de la productivité.

Intéressée par ces résultats, l'entreprise développe un centre de formation pour le personnel et l'ensemble de la mine se met à fonctionner sur ce modèle.

De nombreuses expériences (Volvo en Suède, Canson ou Renault en France, etc.) ont permis de développer cette approche sociotechnique qui n'a cependant pas connu le même succès que le taylorisme ou le fordisme. Les choix d'organisation du travail des employeurs reposent aussi sur d'autres éléments que le bien-être des salariés. De même, les raisonnements à long terme nécessaires pour envisager de telles organisations ne sont pas favorisés par le fonctionnement actuel des organisations quand il s'agit, par exemple, de rendre des comptes aux actionnaires tous les trois mois [15].

Néanmoins, l'approche sociotechnique a apporté une contribution majeure dans la compréhension des formes d'organisation du travail et des liens entre l'organisation technique et le fonctionnement des collectifs de travail. Un certain nombre d'indicateurs, couramment utilisés dans les organisations, sont devenus des outils de pilotage essentiels pour les managers des ressources humaines et les psychologues du travail. Ces indicateurs, basés sur les comportements du personnel, renseignent en effet, plus ou moins directement, sur l'état du système social et les défaillances du système technique. On peut citer :

- l'absentéisme : sous réserve de tenir compte d'un absentéisme incompressible (maladies « normales », congés maternité, etc.) et en relativisant les données par rapport au secteur dans lequel l'entreprise se trouve, son augmentation signifie très souvent un malaise du système social.
- les accidents et incidents au travail : leur nombre important témoigne de l'absence d'une « culture de sécurité » dans l'organisation et des difficultés ou des paradoxes auxquels les employés doivent faire face qui les empêchent d'exercer leur métier sereinement.
- la rotation du personnel : souvent forte quand le marché du travail dans le secteur est favorable aux employés (indicateur à relativiser également), son augmentation exprime aussi le souhait des salariés de fuir une organisation du travail « pathogène ».
- la productivité : des variations entre services ou dans le temps peuvent être liées à une dégradation du rapport des employés à leur organisation.
- la non qualité : à examiner en parallèle avec les indicateurs de productivité, elle peut évoquer une impossibilité à effectuer le travail correctement ou des grosses défaillances dans l'organisation du travail.

Le principe de l'analyse sociotechnique repose sur l'examen d'une situation précise ou d'un problème précis. Il n'y a pas en effet, dans cette approche, une «meilleure» façon d'organiser le travail. Les symptômes exprimés par ces indicateurs conduisent à une analyse fine de l'organisation du travail et des propositions de transformations qui peuvent prendre les formes suivantes :

- la rotation des tâches consiste à changer régulièrement de poste de travail de façon à rompre la monotonie des tâches.
- l'élargissement des tâches correspond au regroupement sur un même poste de tâches auparavant très spécialisées.
- l'enrichissement des tâches regroupe aussi des tâches mais de natures différentes (préparation, montage, contrôle, etc.) afin de rendre le travail plus intéressant et de redonner de l'autonomie à la personne.
- les équipes semi autonomes sont une forme de travail qui rompt plus clairement avec le taylorisme : un ensemble de tâches est confié à une équipe qui s'organise comme elle le souhaite pour la préparation, l'exécution et le contrôle. Ce qui développe la créativité, l'intérêt et la qualité du travail. Les coûts de fabrication peuvent

augmenter mais des gains sont aussi obtenus par ailleurs : moins de pertes en qualité, postes de superviseurs moins nécessaires.

- à l'échelle de l'organisation, il est aussi possible de modifier les différents rôles, de favoriser la participation, d'accroître la formation des travailleurs, de modifier les flux de travail et les circuits de communication, etc.

2.6 Nouvelles formes d'organisation

Les grands modèles d'organisation évoqués précédemment ne rendent pas compte de toutes les formes d'organisation du travail observables. En fait, des formes très anciennes existent toujours (comme l'artisanat par exemple) tandis que d'autres apparaissent régulièrement avec plus ou moins de succès. Les contraintes fortes sont liées à la nature du travail, les effets de mode ne sont pas à négliger. La complexité actuelle des organisations pousse parfois les dirigeants à imiter leurs collègues d'autres entreprises, faute d'avoir une idée précise sur la manière d'organiser au mieux leur entreprise.

2.6.1 Systèmes industriels localisés

Un peu partout dans le monde, on observe des zones géographiques assez précises où sont concentrées des entreprises en nombre important mais appartenant toutes au même secteur d'activités. Ces zones, où se concentre une activité particulière, sont appelées « districts industriels », « systèmes locaux de production », « systèmes industriels localisés » ou zones « d'industrialisation diffuse » par les économistes et sociologues. Elles apparaissent, par contraste, dans des régions plutôt agricoles mais peuvent exister, de manière moins visible, dans des grandes villes. On y trouve peu de grandes entreprises mais des réseaux de PME concurrentes mais aussi parfois partenaires.

A l'intérieur, la durée de vie de chaque entreprise peut être relativement courte mais les districts ont gardé un dynamisme important lors de la crise du fordisme. La socialisation professionnelle dépasse les frontières d'une entreprise donnée. Un parcours réussi consiste par exemple à accumuler les expériences professionnelles dans plusieurs de ces entreprises jusqu'à créer sa propre société dans le même secteur. Si une entreprise n'a pas de succès pour ses produits, elle peut travailler en sous-traitance pour une autre plus chanceuse, quelques années plus tard la situation pouvant d'ailleurs s'inverser entre elles [15].

Ainsi, dans les années 1970 et 1980, alors que les grandes industries de production de masse étaient en crise, les systèmes industriels localisés sont apparus comme beaucoup plus

adaptés grâce à leur flexibilité, au développement régulier des compétences des salariés et à l'innovation et la créativité de tous les petits entrepreneurs qui s'y développent. Les observateurs montrent le rôle important du milieu social environnant dans cette forme d'organisation économique. D'une certaine façon, les grandes entreprises ont essayé en externalisant certaines de leurs fonctions, en développant des partenariats avec d'autres entreprises, en réduisant la taille de leurs unités, par exemple, de retrouver ce dynamisme.

2.6.2 Rationalisation systémique : à la recherche de la productivité globale

Une des difficultés du taylorisme dans ses efforts de rationalisation du travail a été de se concentrer essentiellement sur le poste de travail des opérateurs par la parcellisation et la standardisation des tâches, or cette division très poussée du travail engendre automatiquement des besoins de coordination très importants qui ont conduit à la construction de hiérarchies complexes, de services fonctionnels nombreux qui n'ont pas fait l'objet d'une attention aussi fine et ont généré des coûts élevés et mal maîtrisés.

La rationalisation systémique permet de rendre compte d'un effort qui se situe à l'échelle de l'organisation, cette fois, pour essayer de diminuer les coûts et d'accroître l'efficacité de l'entreprise. Concrètement, des outils de contrôle plus poussés de la gestion (dépenses, valeur ajoutée) des différentes composantes ont permis d'obtenir des résultats importants en supprimant certains services où des fournisseurs extérieurs peuvent être plus efficaces et moins chers. La réduction des stocks, la diminution du nombre de niveaux hiérarchiques, l'amélioration des outils de communication, une certaine décentralisation des décisions ont en effet redonné à beaucoup d'entreprises des possibilités d'accroître leur productivité, alors que celle-ci tendait à stagner. Sur le terrain, le chef d'une unité devient ainsi un responsable de centre de profit, et le salarié un fournisseur ou un client de son collègue de travail [15].

Les penseurs actuels de l'organisation s'intéressent ainsi plus au système complet qu'à un de ces éléments: le poste de travail. Le toyotisme est un exemple typique de cette évolution.

2.6.3 Décentralisation, réseaux et projets : des organisations temporaires

Des organisations qui se constituent autour d'un projet et disparaissent lorsque celui-ci est terminé sont fréquentes dans certains secteurs comme le bâtiment ou le spectacle. Cette forme ancienne d'organisation s'est développée plus récemment dans de nouveaux

secteurs mais aussi à l'intérieur d'organisations plus stables et traditionnelles. Dans ces réseaux se structurent temporairement autour de projets une évolution majeure du système économique. La flexibilité, l'innovation sont valorisées dans de telles organisations en réseau ainsi que la capacité de certains acteurs d'en mobiliser d'autres sur un projet. On peut ainsi obtenir des firmes « vides », « creuses », « fantômes » où un chiffre d'affaires important est généré par quelques personnes qui font appel à de multiples partenaires sans avoir de salariés ni même d'établissement ou de machines en propre.

Les travailleurs-clés sont alors des personnes au riche carnet d'adresses, capables de traduire les intérêts des uns et des autres pour les engager dans le projet, à l'affût de la moindre information qui pourrait constituer une opportunité économique.

2.6.4 Organisation qualifiante, organisation apprenante

Une organisation qui essaie de s'adapter aux évolutions du marché, aux offres de ses concurrents, aux demandes des clients doit utiliser au mieux et développer les connaissances et savoir-faire de ses salariés. Pour résoudre les problèmes quotidiens, les travailleurs eux-mêmes sont amenés à inventer de nouvelles solutions et il paraît ainsi judicieux de ne pas laisser disparaître toutes ces connaissances ne serait-ce que pour ne pas perdre du temps à rechercher des solutions qui ont déjà été découvertes. L'idée d'organisation qualifiante consiste à penser que l'organisation, en plus du travail « normal » doit offrir des occasions d'apprentissage et de reconnaissance (par une qualification) des salariés. Plutôt que de concentrer le savoir chez les concepteurs du travail, les ingénieurs et techniciens, le développement des compétences des employés et ouvriers, en plus de rendre leur travail plus intéressant, peut bénéficier aussi à l'organisation. Il s'agit aussi de mieux préparer l'avenir, souvent incertain, que ne le fait un système taylorien qui a tendance à enfermer dans des qualifications très étroites les travailleurs, empêchant ces travailleurs, mais aussi l'entreprise, de s'adapter à un changement nécessaire de l'activité [15].

L'idée d'organisation apprenante est plus centrée sur le développement et l'adaptation de l'organisation dans son ensemble que sur la progression de la qualification de ses salariés. Il s'agit d'éviter les routines, les rigidités, les différentes formes de résistance au changement. Anticiper et éviter les crises suppose de ne rien considérer comme acquis, d'être à l'écoute des informations les plus ténues, d'échanger entre collègues, etc.

L'organisation est une sorte de milieu où tout un tas de connaissances circulent, se créent. Il faut éviter que ces connaissances disparaissent du fait de la mobilité, interne ou externe,

des salariés. Le management des connaissances consiste à essayer de capitaliser toutes les compétences produites. Ce qui suppose de les extraire, de les stocker et de les rendre disponibles. Des psychologues interviennent dans ce domaine qui s'avère cependant très complexe.

2.6.5 Lean management et reengineering

C'est à la suite de travaux de consultants américains qui ont comparé l'industrie automobile des années 1980 au Japon, en Europe et aux États-Unis que s'est diffusée l'idée que les constructeurs qui réussissent ont adopté un mode de production et de management « allégé » (Lean production, Lean management). Il s'agit d'essayer de diminuer les stocks de l'entreprise, d'éviter les activités humaines redondantes, les opérations qui n'apportent pas de valeur ajoutée. L'allègement devrait rendre l'entreprise plus performante, les coûts allégés permettraient d'augmenter les parts de marché et de créer des activités nouvelles.

La reconception (reengineering) de l'organisation poursuit cette vision de l'organisation en proposant de penser celle-ci non pas à partir d'un découpage en tâches (Taylor) et en fonctions (Fayol) mais à partir des divers processus qui, partant des demandes des clients, mobilisent les salariés jusqu'à la livraison du produit ou le rendu du service à ces clients.

Ces formes d'organisation transversales, matricielles, par processus et par projets font évoluer fortement à la fois les caractéristiques des travailleurs et les modes de coordination entre eux. Une certaine polyvalence est attendue de la part des salariés ainsi qu'une bonne capacité à comprendre et travailler avec des personnes de métiers différents. La coordination passe moins par la hiérarchie que par un jeu de co-dépendances entre collègues pour essayer de satisfaire au plus vite les demandes des clients. Ce qui peut poser des problèmes dans le domaine de la gestion des carrières. Chacun peut avoir plusieurs supérieurs hiérarchiques: le chef de chaque projet plus le chef fonctionnel. Plusieurs fois évalué, et en évoluant d'un projet à l'autre, il faut inventer un autre modèle de carrière qui ne repose plus sur un parcours progressif dans une seule fonction. A cela on peut ajouter aussi des problèmes identitaires, l'identité de métier a tendance à se dissoudre sans qu'un élément clair ne la remplace.

Cette gestion par projets, par process, peut aussi rendre difficile le maintien d'une cohérence, d'une stabilité quand les équipes changent ou sont à géométrie variable. En termes d'accumulation et de diffusion des connaissances, l'enjeu est aussi important.

Ces nouvelles réflexions et pratiques relatives aux organisations ont donc des conséquences importantes pour les questions dont se préoccupe la psychologie du travail.

Les choix organisationnel sont toujours des incidences sur les effectifs salariés, les compétences et qualifications, le fonctionnement des collectifs de travail, la santé physique et psychique des travailleurs, leur pouvoir ou leur identité sociale [15].

Conclusion

Chaque époque a vu se développer ses modes d'organisation du travail. Lors de l'ère d'industrialisation, le Taylorisme et le Fordisme faisaient partie des systèmes d'organisation du travail qui permirent des productions à grande échelle dans l'industrie. Le Taylorisme se basait alors sur le découpage de chaque tâche pour l'attribuer à une personne différente, afin de créer une chaîne de fabrication efficiente. De nos jours, l'organisation du travail suit de nouvelles méthodes plus ou moins généralisées, selon les entreprises et le secteur d'activité. Les ateliers de soudage n'échappent pas de à cette règle dont le souci majeur des gestionnaires est la performance et la productivité.

Dans ce chapitre, nous avons étudié également en profondeur la psychologie du travail et l'approche sociotechnique qui ont apportés une contribution majeure dans la compréhension des formes d'organisation et qui sont devenus des outils de pilotage essentiels pour les gestionnaires des ressources humaines.

Chapitre 3

Implantation et organisation des ateliers dans l'entreprise

Introduction

L'implantation et l'organisation d'un atelier est un élément important dans la détermination du mode d'élaboration du planning d'atelier et de la technique de lancement ainsi que le suivi de la production.

Compte tenu de l'importance des manutentions dans les coûts et dans les délais de production, il apparaît nécessaire de définir une implantation géographique des moyens de magasinage et de production qui fournit la meilleure cohérence entre la fabrication et les manutentions. Suivant la nature des produits et des flux de production, il est possible d'envisager des implantations basées sur les déplacements des opérateurs ou des implantations basées sur le déplacement des produits. Ces différents points sont traités dans ce chapitre et ouvrent la voie aux étapes d'implantation d'un atelier de soudage par la suite.

4.1 Organisation d'atelier et ordonnancement

4.1.1 Ordonnancement des spécialités

- **Implantation d'atelier en position fixe (Déplacement des opérateurs)**

Le produit a une position fixe et ce sont les opérateurs qui se déplacent sur le lieu de travail. Cette implantation est caractéristique de la fabrication de produits de taille ou de poids important (aéronautique, construction navale... .) et d'ouvrages d'art (bâtiment, génie civil..). Pour la réalisation du produit, la main d'œuvre se déplace et amène avec elle les composants ou les matières nécessaires.

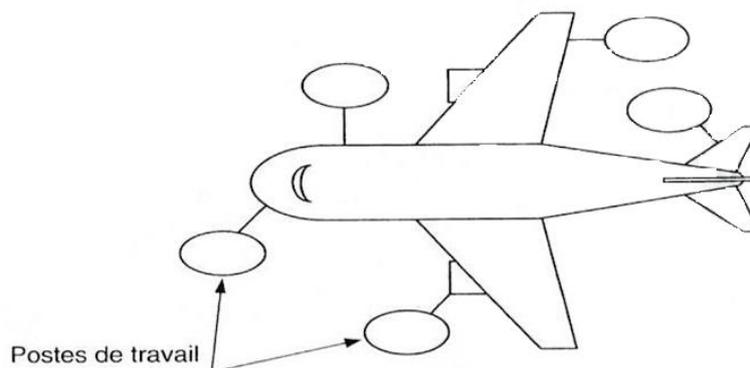


Figure 3.1 Implantation d'atelier en position fixe [9]

- **Implantation d'atelier en processus (Déplacement des produits)**

Une première idée d'organisation consiste à regrouper les équipements ou les compétences par type de processus de production.

Exemple: débit, tour, assemblage.

Le produit circule entre tous ces regroupements de machines en fonction de ses processus d'élaboration. Il est possible alors d'être conduit à traverser toute l'usine. Pour amener les pièces du magasin au lieu de production. Il en résulte des délais de transfert importants et donc un gaspillage de temps. L'analyse de Carter a montré que dans ce type d'organisation les temps inter-opérateur représentent jusqu'à 95 % du cycle moyen d'une pièce dans l'atelier. Pourtant 70 à 80 % des entreprises sont organisées de cette manière. Cette organisation, appelée quelquefois job shop, est plus connue sous le nom d'organisation par sections fonctionnelles, par sections homogènes ou par atelier technologiques [9].

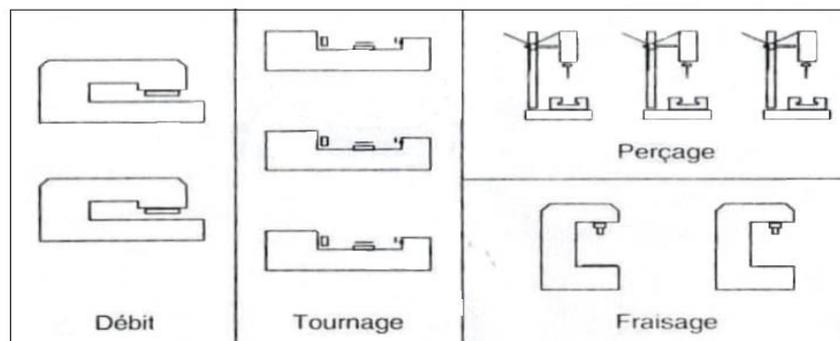


Figure 3.2 Implantation d'atelier en processus [9]

- **Implantation d'atelier aléatoire**

Dans ce type d'organisation, les postes de travail sont disposés dans l'atelier de façon aléatoire. Nous trouvons ce genre d'implantation dans les petites industries qui se sont développées progressivement ; l'implantation des postes s'effectue souvent, dans ce cas, en fonction de l'évolution de l'entreprise et de la place disponible. Il n'est pas rare de voir également une implantation des machines en fonction du trajet suivi par les visiteurs et les clients: les machines les plus modernes à proximité des couloirs de circulation.

Dans ce type d'entreprise, il en résulte souvent une grande perte de temps due au transfert désordonné des produits dans l'atelier.

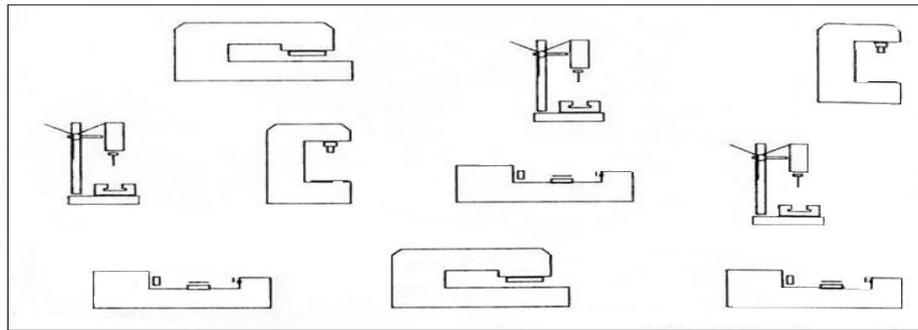


Figure 3.3 Implantation d'atelier aléatoire [9]

4.1.2 Ordonnement des produits

- **Implantation d'atelier à débit de produit**

Le produit en cours de fabrication est déplacé par un transporteur (tapis roulant ou moyen similaire) d'un poste de travail à l'autre et est progressivement fabriqué.

Ce type d'organisation qui convient à une production de masse manque relativement de flexibilité. Dans ce type de disposition, il est principalement recherché un bon équilibre de la vitesse de circulation des produits compte tenu des temps de travail à chaque poste et de leur implantation géographique. Cette organisation est appelée quelquefois « flow shop ».

Par extension, ce type d'organisation est utilisé lorsque l'on cherche à mettre en œuvre les outils du juste-à-temps, comme le Kanban, et à avoir des lignes de produit.

L'automatisation des moyens de transfert n'est plus alors le maître mot, mais on vise principalement à diminuer les temps inter-opérateurs en rapprochant les postes de travail qui s'enchaînent naturellement [9].

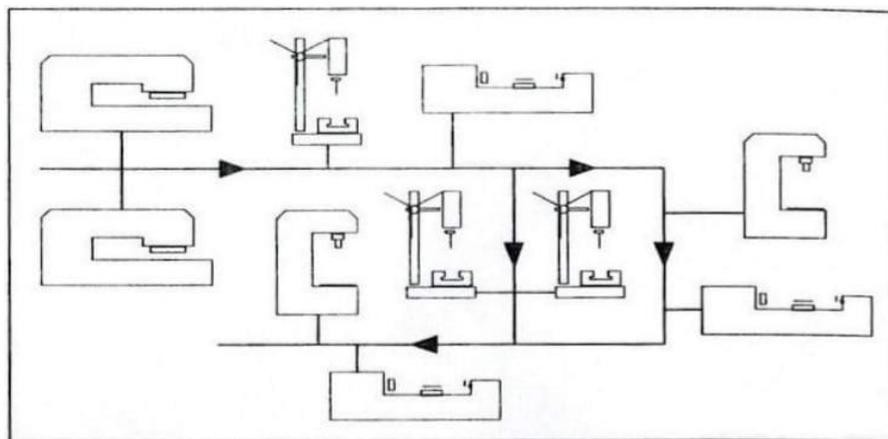


Figure 3.4 Implantation d'atelier à débit de produit [9]

4.1.3 Ordonnancement mixte

• Implantation d'atelier en îlots

Lorsque l'atelier permet la fabrication de produits de nature relativement différente, il est possible de regrouper les machines en ensembles de fabrication spécialisés par type de produit. Ces ensembles s'appellent des îlots et peuvent être disposés eux mêmes suivant les trois types d'organisation décrits précédemment [9].

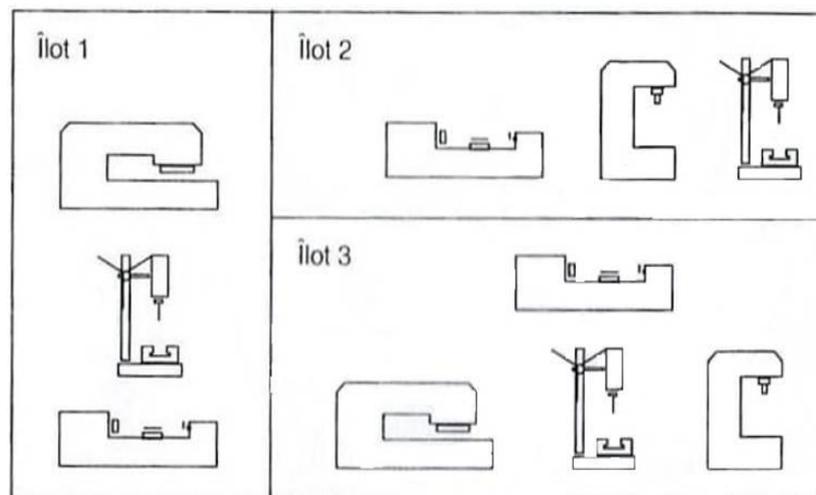


Figure 3.5 Implantation d'atelier en îlots [9]

• Extension de la notion d'îlots à l'entreprise

Dans les années de forte croissance économique, on a souvent constaté un fort développement des entreprises où il était courant de compter le nombre d'employés par milliers. Il s'en est généralement suivi une mise en place d'organisations lourdes imposant des procédures administratives importantes.

De nos jours, les grosses entreprises se structurent en centres de profits, appelés quelquefois îlots ayant chacun une certaine autonomie et s'apparentant à des micro-entreprises. Ces îlots communiquent entre eux comme le feraient plusieurs entreprises différentes.

Certains entreprises vont jusqu'à mettre en concurrence leurs propres centres de profit avec les autres entreprises du marché afin d'obtenir les meilleurs conditions de compétitivité. Cette approche a le grand avantage d'impliquer une très grande motivation du personnel, les marchés n'étant pas acquis à priori.

4.2 Méthodes d'implantation d'atelier

La façon la plus répandue d'organiser l'implantation d'un atelier est l'implantation fonctionnelle (ateliers en processus). On regroupe les machines ayant des fonctions similaires dans une section.

Chaque opérateur fait une opération sur un lot. On a donc besoin d'espace pour un lot complet avant et après chaque machine. Dans un tel contexte, les employés passent beaucoup de temps sur des tâches qui ne donnent aucune valeur aux produits. Toutes ces tâches qui ne donnent aucune valeur au produit expliquent pourquoi les pièces passent 90 % de leur délai de fabrication à attendre, et pourquoi on observe que seulement 40 % du temps des employés de production est consacré à des tâches de valeur ajoutée [9].

4.2.1 Démarche générale d'implantation

• Objectif

Il est évident qu'une disposition aléatoire de l'atelier est fortement déconseillée car une bonne étude d'implantation peut permettre des gains importants dans les temps de fabrication.

Dans un premier temps, il faut chercher à implanter les points de stockage de façon à minimiser, non seulement les temps de transport des pièces aux postes de production, mais aussi les temps de déchargement ou de chargement des moyens de livraison ou de distribution. Ensuite, il faut chercher à disposer les postes de travail de façon à minimiser les temps de transfert des produits entre ces postes. Il n'y a pas « une bonne solution » d'implantation d'atelier, mais il existe plusieurs types d'organisation permettant d'intégrer les contraintes de production, de gestion et d'organisation des services.

• Détermination des processus de production

Cette étape consiste à déterminer les familles de pièces qui sont réalisées dans le système de production. Cette analyse peut être faite par analyse de la demande du marché et/ou par une analyse de type technologie de groupe. A chaque famille correspond une gamme de réalisation caractéristique.

• **Analyse des processus**

Plusieurs techniques permettent de déterminer l'implantation de l'atelier. Elles se regroupent en deux grandes familles : celles qui cherchent à optimiser les échanges entre les postes, et celles qui conduisent à une mise en ligne des moyens.

• **Implantation théorique**

Cette étape consiste à déterminer sur une trame architecturale, la position des postes de travail sans se soucier de leur implantation réelle. On privilégiera particulièrement l'analyse des communications entre les postes.

• **Prise en compte des contraintes techniques**

L'implantation théorique peut nous fournir plusieurs solutions acceptables. Cette étape consiste à choisir l'implantation la mieux adaptée en fonction de contraintes de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées...) et/ ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables. . .).

4.2.2 Méthodes d'implantation

Il existe plusieurs méthodes d'implantation d'atelier qui privilégient chacune d'entre elles, un type d'implantation :

- **Méthode d'implantation générale** : la plus connue est la méthode des chaînons. Cette méthode n'est pas dédiée à un type particulier d'implantation, mais vise à répartir les postes de travail en évitant, dans la mesure du possible, les croisements de flux et en cherchant à avoir des distances constantes de transfert entre les postes.
- **Méthode de mise en ligne de production** : la plus connue est la méthode des gammes actives. Cette méthode vise à disposer les moyens de production de telle façon que le flux de production est toujours dirigé dans une direction donnée.
- **Méthode de mise en îlot de production** : il existe plusieurs méthodes matricielles ayant cet objectif (méthode de Mac Cormick,...).

De nombreuses études sont menées sur ce sujet et il n'y a pas de méthode qui sort vraiment du lot.

• **Méthode des chaînons**

Un chaînon représente un chemin faisant l'objet de manutentions réellement exécutées entre deux postes de travail. Un poste de travail possède autant de chaînons qu'il existe de postes de

travail avec lesquels il échange des pièces. Une liaison caractérise le trafic sur un chaînon, exprimé en nombre de manutentions par unité de temps.

Dans notre exemple, M1 possède 2 chaînons. M2 possède 3 ...

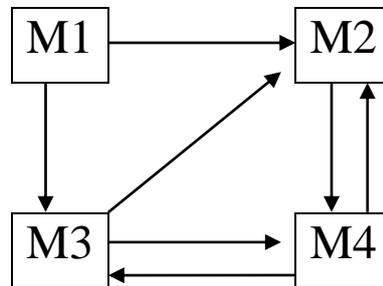


Figure 3.6 Représentation d'un chaînon [9]

4.3 Mise en ligne de production

4.3.1 Méthode des gammes fictives

- **Présentation**

Cette méthode permet de créer une ligne de fabrication (de soudage) permettant de réaliser des produits ayant des gammes très proches. Cette ligne doit permettre l'écoulement des pièces dans un sens unique de circulation.

- **Déroulement de la méthode**

Cette méthode se déroule suivant plusieurs étapes:

Étape 1 Analyse des processus

On crée une gamme fictive à partir de la gamme la plus longue. Ensuite, gamme après gamme, on vérifie s'il est possible de réaliser le produit. Si nécessaire, on intercale dans cette gamme fictive le (ou les) poste(s) qui permet (tent) d'assurer la réalisation. À ce stade, il peut être nécessaire de dupliquer des postes. [9]

Étape 2 -Placement théorique de la ligne de production dans l'atelier

L'implantation théorique revient à construire la ligne de fabrication qui correspond à la gamme fictive. Toutefois, la localisation du magasin ou l'unicité d'un moyen que l'on avait été amené à dupliquer au cours de la méthode peut conduire à proposer différentes formes de lignes de production.

- Production linéaire

Dans le cas de magasins d'entrée et de sortie différents et éloignés.

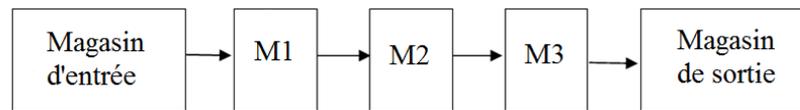


Figure 3.7 Production linéaire [9]

- Production en U

Dans le cas de magasins d'entrée et de sortie différents et très proches ou identiques.

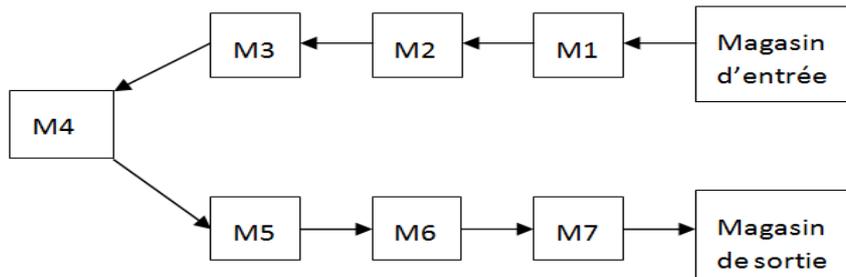


Figure 3.8 Production en U [9]

- Production en U avec point de recoupement

Cas d'un poste de travail dupliqué fictivement pour la méthode

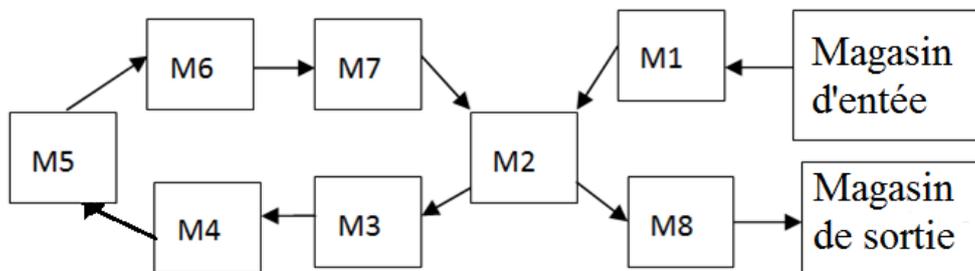


Figure 3.9 Production en U avec point de regroupement [9]

- Production en arbre

Cas d'implantation très proche de la nomenclature du produit.

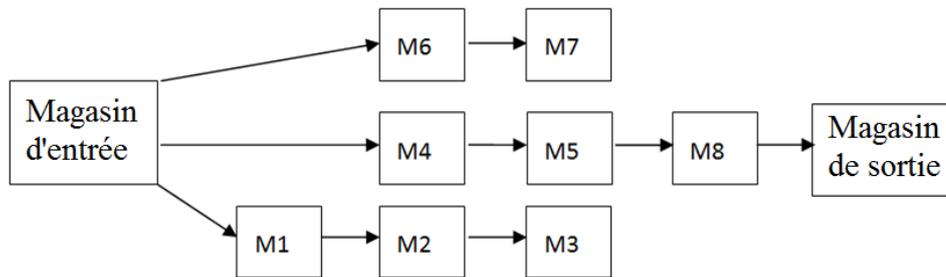


Figure 3.10 Production en arbre. [9]

- Prise en compte des contraintes techniques

Cette étape consiste à choisir, comme pour la méthode précédente, l'implantation la mieux adaptée en fonction de contraintes de génie civil (localisation des services, surfaces disponibles, emplacement des allées...) et/ou de choix technologiques (mise en place de convoyeurs partageables...).

4.3.2 Méthode des rangs moyens

Cette méthode est également appelée méthode des gammes fictives ; la méthode d'obtention est simplement légèrement différente de la précédente.

4.4 Mise en îlots de production

L'organisation ou la réorganisation d'un atelier en juste-à-temps est entièrement basée sur les principes de la technologie de groupe appliquée à l'étude des flux de production. Ces flux sont en fait les gammes de fabrication associées aux pièces que l'entreprise produit. Pour un très grand nombre d'entreprises et de secteurs industriels très différents, ces flux sont beaucoup plus similaires.

Par une étude systématique des gammes, on peut identifier des familles de pièces qui ont des flux similaires et regrouper les machines requises en un îlot. On pourrait ainsi avoir plusieurs îlots dédiés à des familles différentes de pièces. Au sein des îlots, on fait circuler un produit d'une machine à l'autre.

La définition des îlots de fabrication s'effectue en deux étapes :

- identification des machines et des pièces susceptibles de former un îlot ; cette étape est réalisée sans tenir compte de la séquence de fabrication de chaque pièce sur les équipements choisis ;
- Pour chaque îlot, on examine les flux détaillés de chaque pièce en essayant de linéariser ces flux ; on vérifie aussi la capacité de production de chaque cellule en contrôlant son équilibre ou en calculant ses besoins en capacité par rapport aux quantités à fabriquer [9].

La démarche consiste à préparer une matrice où l'on indique par le chiffre «1» quelle pièce (ou groupe similaire de pièces) passe sur quelle machine.

A partir de cette matrice, il s'agit de regrouper des familles de pièces qui sont produites par un sous-groupe de machines (ce qui deviendra l'îlot). Pour y arriver il faut triangulariser cette matrice en appliquant des algorithmes.

4.4.1 Méthode Mac Cormick

Les données de départ sont regroupées dans une matrice, dans laquelle les produits sont en lignes et les postes en colonnes. L'objectif de cette méthode est de transformer cette matrice de base pour la structurer en sous-matrices disjointes (qui définiront les îlots).

Cette méthode consiste :

- à modifier l'ordre des lignes en rapprochant celles qui se ressemblent ;
- puis à modifier l'ordre des colonnes en rapprochant celles qui se ressemblent.

La difficulté de cette méthode réside dans la détermination des critères de ressemblance. Pour exemple, étudions un système de production de 6 produits différents réalisés sur 6 postes de travail (notés de M1 à M6). Les informations des gammes de ces 6 produits nous permettent de construire la matrice ci-après.

Nous observons que :

les lignes P1 et P4 sont strictement identiques ;

| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| P1 | 1 | 1 | | 1 | | |
| P2 | | | 1 | | 1 | |
| P3 | 1 | 1 | | | | 1 |
| P4 | 1 | 1 | | 1 | | |
| P5 | | | 1 | | 1 | |
| P6 | | 1 | 1 | | 1 | |

-la ligne P1 ressemble à P4 ;

-les lignes P2 et P5 sont strictement identiques ;

-la ligne P6 utilise M2 en plus des mêmes moyens que P2 et P5.

Par permutation des lignes, nous obtenons la nouvelle matrice suivante :

| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| P1 | 1 | 1 | | 1 | | |
| P4 | 1 | 1 | | 1 | | |
| P3 | 1 | 1 | | | | 1 |
| P2 | | | 1 | | 1 | |
| P5 | | | 1 | | 1 | |
| P6 | | 1 | 1 | | 1 | |

Ensuite, nous observons que :

- les colonnes M3 et M5 sont identiques ;
- les colonnes M1, M2 et M4 se ressemblent ;

De l'analyse de cette matrice résultante, il est possible d'envisager deux îlots :

- l'îlot 1 comporterait les postes M1, M2, M4 et M6 ;
- l'îlot 2 comporterait les postes M3 et M5.

Le poste M6, n'étant utilisé que pour la réalisation du produit P3, a été rattaché à l'îlot 1 pour éviter des échanges inter-îlots lors de la réalisation de ce produit. Par contre, pour la réalisation du produit P6, il faudra envisager des échanges inter-îlots.

| | M1 | M2 | M4 | M6 | M3 | M5 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| P1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| P4 | 1 | 1 | 1 | | | |
| P3 | 1 | 1 | | 1 | | |
| P2 | | | | | 1 | 1 |
| P5 | | | | | 1 | 1 |
| P6 | | 1 | | | 1 | 1 |

Pour éviter ces échanges inter-îlots, il faudrait dupliquer le poste M2 dans l'îlot 2 ou modifier la gamme de fabrication du produit P6.

4.5 Modélisation du système de production

4.5.1 Modélisation d'un poste de travail

• Modélisation statique d'un poste de travail

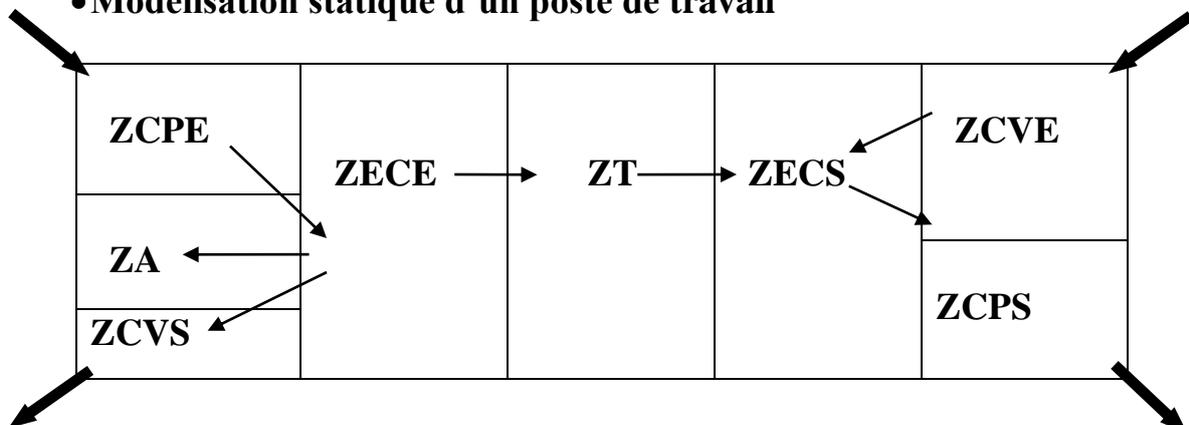


Figure 3.11 Modélisation statique d'un poste de travail [9]

Avant d'étudier le comportement d'un système, il est nécessaire d'en faire une modélisation statique. Il n'existe pas de modèle type d'un poste de travail. En conséquence, nous proposons d'utiliser le modèle représenté dans la figure [3.11].

Ce poste de travail comporte huit zones caractéristiques :

- ZT : zone de travail. Zone où sont réalisées les opérations de transformation du produit ;
- ZECE : zone d'en-cours en entrée. Zone où se trouvent les containers entamés contenant les composants du produit qui est en cours de réalisation dans la zone de travail ;
- ZA : zone d'attente. Zone où se trouvent les containers des composants d'un produit qui n'est plus en cours de réalisation dans la zone de travail ;
- ZECS : zone d'en-cours de sortie. Zone où se trouvent les containers en cours de remplissage du produit qui est en cours de réalisation dans la zone de travail ;
- ZCPE : zone des containers pleins en entrée. Zone où sont magasinés les containers pleins de composants entrant dans la réalisation du produit qui est à fabriquer ;
- ZCVS : zone de containers vides en sortie. Zone où se trouvent les containers de composants vides qui doivent être retournés au fournisseur ou au poste amont ;
- ZCVE : zone de containers vides en entrée. Zone où se trouvent les containers vides qui permettront le transport des pièces réalisées ;
- ZCPS : zone des containers pleins en sortie. Zone où se trouvent les containers pleins des produits qui viennent d'être fabriqués pour livraison au client ou au poste aval.

Un modèle de ce type permet, au-delà de l'analyse du fonctionnement d'un poste de travail, de se poser les bonnes questions de localisation des zones de circulation des flux lors de l'implantation physique d'un poste de travail [9].

Modélisation dynamique d'un poste de travail

Cette étape nous a permis, outre le fait de prendre en compte les temps classiquement connus pour l'utilisation d'un poste de travail (temps série, temps opératoire) de définir la liste de tous les temps élémentaires entrant dans le fonctionnement détaillé d'un poste de travail (temps de transfert d'un container de la zone ZCPE à la ZECE, temps de transfert d'une pièce de la ZECE à la ZT...). Ces temps, souvent négligés, entrent pour une bonne part dans la détermination du cycle de fabrication (ou de soudage).

Une première approche du fonctionnement du poste de travail consiste à considérer que tous les temps sont réalisés en séquentiel. Une analyse plus fine peut conduire à considérer que certains temps se recouvrent (transfert d'un container d'une zone à une autre pendant le temps opératoire d'une pièce).

4.6 Outils de planification des tâches

4.6.1 Méthode PERT

4.6.1.1 Présentation

La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique), élaborée et mise au point aux États-Unis en 1958 pour la fabrication des fusées Polaris permet d'avoir une représentation immuable de l'enchaînement des opérations en la rendant indépendante du temps. Elle nous permet d'étudier un programme de fabrication en termes de délais sans tenir compte des charges.

Un PERT se représente par un graphe sagittal où :

- chaque opération, ou tâche, est représentée par un arc dont la longueur est indépendante de la durée ;
- chaque sommet représente une étape correspondant à un état fini de l'avancement de la fabrication [9].

4.6.1.2 Paramètres utilisés

Étapes

- Une étape correspond au commencement ou la fin d'une tâche (aucune durée propre)
- Une séquence logique est une suite logique d'étapes.
- Une opération également appelée tâche, travail ou activité est la partie consommatrice de temps elle exige main d'œuvre, matières, espace, ... et temps.
- Lorsqu'une étape aval est conditionnée par une étape amont sans opération réelle, on crée une opération fictive (durée nulle) en traçant une liaison en pointillé.

Un réseau PERT n'a qu'une entrée et qu'une sortie [3].

Temps estimés

On demande à la personne qualifiée d'engager sa responsabilité sur 3 étapes :

- Le temps optimiste (0) qui correspond au temps minimal possible pour réaliser une tâche.
- Le temps le plus probable (m) qui est celui ayant le plus de chance de s'avérer nécessaire à la tâche.
- Le temps pessimiste (p) que l'on ne devrait jamais dépasser pour effectuer la tâche.

Toutes ces prévisions sont fermes et non révisables.

On appelle temps estimé (te), le temps moyen que prendrait l'opération si elle était répétée un grand nombre de fois.

Dates aux étapes

Il faut rechercher la date à laquelle une étape peut être franchie. A chaque étape, on doit calculer le temps où elle peut être atteinte au plus tôt et le temps où elle doit être franchie au plus tard.

Le temps au plus tôt (TE) est donné par la somme des délais des opérations précédentes.

Le temps au plus tard (TL) est le temps au plus tard où il faut qu'une étape soit franchie pour respecter le délai final.

La date contractuellement convenue (TS) est date de fin.

Le battement d'une étape (ou marge) est la mesure de temps en excès dont on dispose pour l'atteindre [9].

Chemin critique

Le chemin critique est celui sur lequel il y a le minimum de battements. C'est le chemin le plus long. Tout retard sur le chemin critique retarde l'ensemble.

4.6.1.3 Construction du réseau P.E.R.T.

La première phase consiste à déterminer les tâches à accomplir et la succession des actions (antériorités). On peut alors construire le réseau. Après avoir évalué les durées de chaque opération, on peut calculer les dates au plus tôt et au plus tard. La durée totale du chemin critique correspond au délai moyen nécessaire à la conduite du projet étudié.

- Antériorités et temps

Soit A B C D E F des tâches élémentaires (travaux différents).

| Hypothèse pour réaliser... | Durée (en semaines) | Antériorité |
|----------------------------|---------------------|-------------|
| A | 3 | |
| B | 6 | |
| C | 8 | A |
| D | 5 | A |
| E | 4 | B-C |
| F | 7 | D-E |

Tableau 3.1 Antériorité et temps d'un réseau PERT [22]

- Construction du réseau

Le graphe présente l'ensemble des tâches en respectant les antériorités. Il parcourt de la gauche (début de projet) vers la droite (fin du projet).

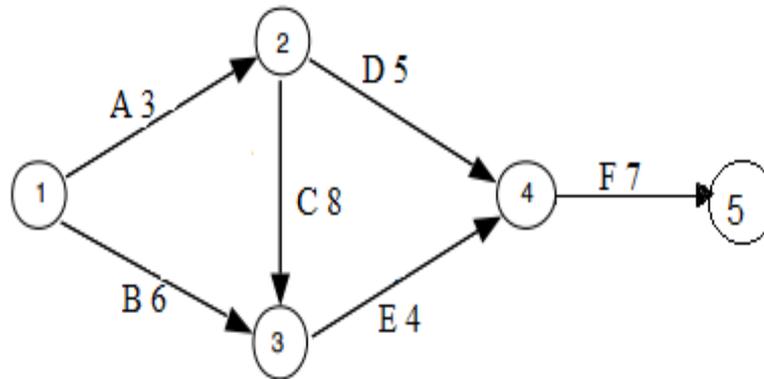


Figure 3.12 Graphe PERT [10]

- Détermination du délai final

Plusieurs chemins sont possibles, chacun correspond à une durée particulière :

Pour le chemin A--C--E --F le délais total est de 22 semaines

Pour le chemin B--E--F le délai est plus court (17 semaines)

Pour le chemin A--D--F le délai est plus court (15 semaines)

On appelle le trajet A--E--F chemin critique, les autres chemins pouvant se faire en temps masqué ont donc des possibilités d'extensibilité.

- Calcul des temps de commencement et de finition au plus tôt

Pour chaque activité du projet

$$\mathbf{F} = \mathbf{C}_{\text{tôt}} - \mathbf{t} \quad (3.1)$$

- Calcul des temps de commencement et de finition au plus tard

$$\mathbf{C}_{\text{tard}} = \mathbf{F}_{\text{tard}} - \mathbf{t} \quad (3.2)$$

- Calcul des écarts possibles

$$\mathbf{E} = \mathbf{C}_{\text{tard}} - \mathbf{C}_{\text{tôt}} = \mathbf{F}_{\text{tard}} - \mathbf{F}_{\text{tôt}} \quad (3.3)$$

Les activités ayant un écart $E=0$ sont des activités critiques. Le non respect de leur durée estimée compromet le projet [3].

4.6.2 Méthode GANTT

4.6.2.1 Généralités

C'est une méthode de type diagramme, créée vers 1918, encore très répandue. On peut en utiliser la technique sans pour autant présenter le diagramme. Elle consiste à déterminer la meilleure manière possible de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter sur une période déterminée en fonction : des durées de chacune des tâches; des contraintes d'antériorité entre les différentes tâches, des délais à respecter, des capacités de traitement (qui peuvent évoluer en fonction des heures supplémentaires accordées, des investissements réalisés) [9].

4.6.2.2 Présentation de la méthode

Il faut tout d'abord:

- se fixer le projet à réaliser, définir les différentes opérations à réaliser dans le cadre du projet,
- définir les durées de ces différentes opérations,
- définir les liens entre ces différentes opérations.

Exemple: On veut organiser la production d'un poste de travail pendant une semaine. Opérations à réaliser :

| Réf des pièces à produire | Durée de fabrication |
|---------------------------|----------------------|
| A | 3 heures |
| B | 6 heures |
| C | 4 heures |
| D | 7 heures |
| E | 5 heures |

Tableau 3.2 Méthode GANTT [9]

Lien entre les différentes opérations

Pour respecter les délais clients, il est nécessaire de fabriquer: B et D après A, C après B, E après D. Le diagramme de GANTT se présente sous forme d'un tableau quadrillé où:

- chaque colonne correspond à une unité de temps,
- chaque ligne correspond à une opération à réaliser.

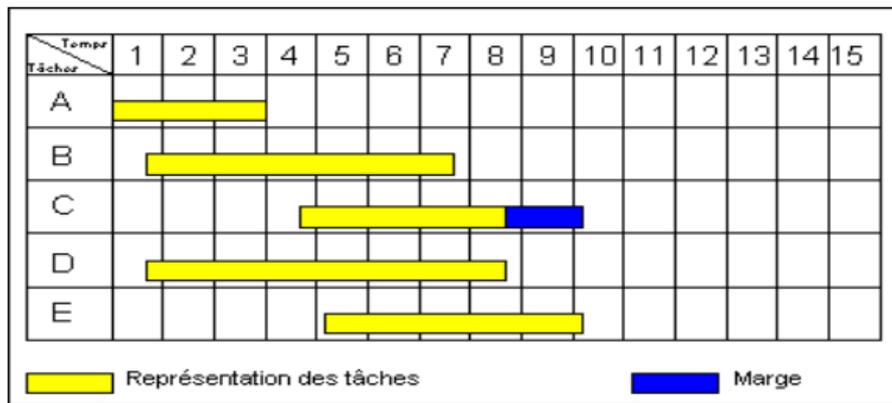


Figure 3.14 Optimisation GANTT [22]

On aura gagné près de 5 heures sur le délai précédent. Aujourd'hui, de nombreux logiciels de gestion de production utilisent la méthode GANTT. Le diagramme de GANTT est un outil très simple à utiliser. Son utilisation est limitée aux problèmes simples ne comportant pas de nombreuses tâches. Le GANTT est avant tout une méthode de visualisation.

4.7 Conséquence d'une implantation déficiente

Une implantation déficiente peut envisager plusieurs risques :

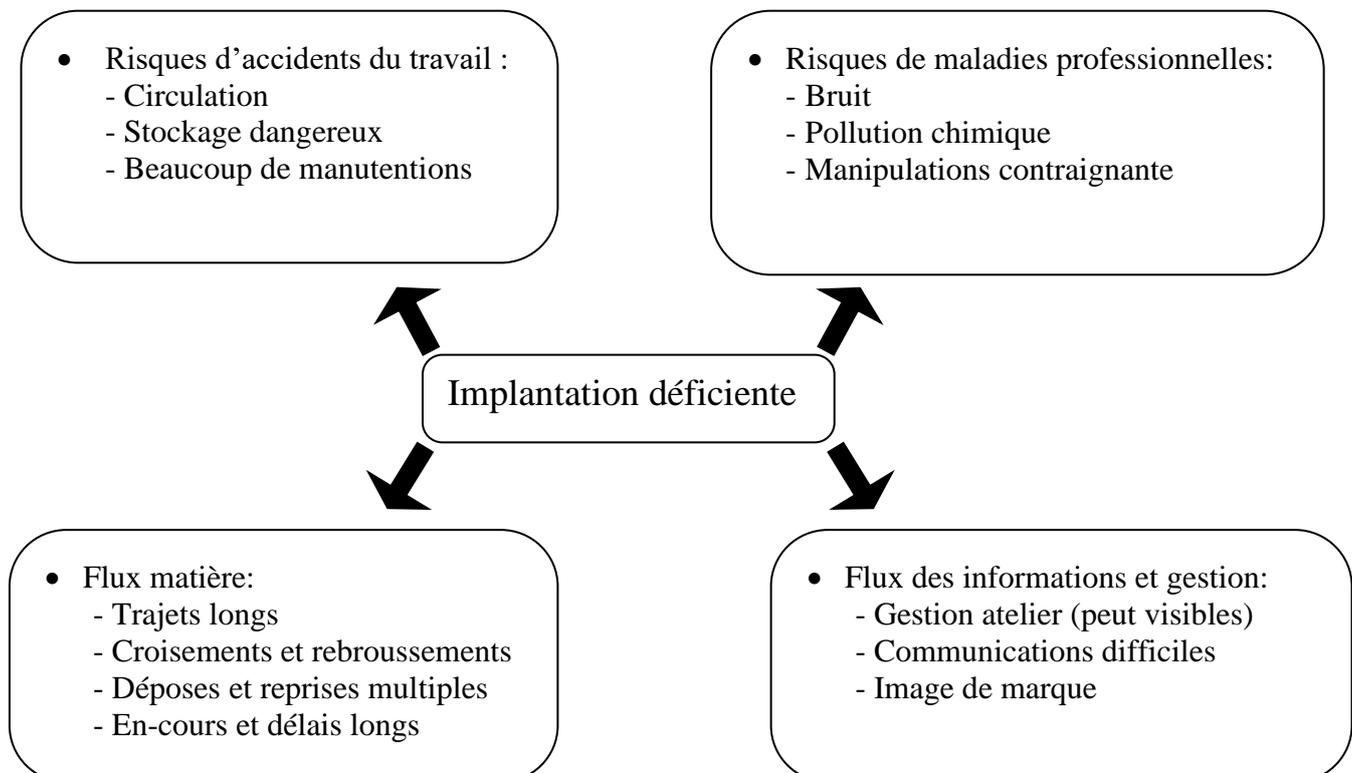


Figure 3.15 implantation déficiente [7]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différentes méthodes d'implantation qui ont pour objectif de simplifier le passage des flux de matières dans une unité de production. Aussi, nous avons étudié des techniques d'ordonnancements et de planification des tâches telles que PERT et GANTT qui sont très utiles pour visualiser le projet et maintenir une gestion et une organisation optimale. Ces méthodes vont nous servir dans l'implantation d'un atelier de soudage.

Chapitre 4

Aménagement d'un atelier de soudage et maîtrise des risques

Introduction

Les ateliers de soudage dans une entreprise sont hébergés par des locaux dont la surface est limitée. Ils abritent souvent des machines volumineuses pour la production ou la manutention ainsi que des surfaces de stockage. Une augmentation de l'activité sans optimisation de l'espace nécessiterait d'étendre le local et occasionnerait des dépenses supplémentaires. C'est pourquoi l'aménagement d'un atelier de soudage doit être pensé de manière rationnelle et optimale. De plus, les employés de l'atelier doivent pouvoir travailler dans un espace fonctionnel, ergonomique et sécurisé.

5.1 Points à examiner avant la création d'un atelier de soudage

Avant de créer un atelier de soudage, il est impératif de réfléchir sur les étapes à respecter, de définir les données ainsi que les moyens à mettre en œuvre.

| Etapes de réflexion | Données à définir | Moyens à mettre en œuvre |
|---|---|---|
| 1. Ouvrage à réaliser | <ul style="list-style-type: none"> • Nature des ouvrages • Quantité • Poids unitaires • Volume de stockage • Modes de stockage | <ul style="list-style-type: none"> • Moyen de manutention • Installation de stockage |
| 2. Matériaux à utiliser | <ul style="list-style-type: none"> • Mode d'approvisionnement • Volume de stockage • Modes de stockage | <ul style="list-style-type: none"> • Moyen de manutention • Installation de stockage |
| 3. Moyen d'exécution | <ul style="list-style-type: none"> • Opération de soudage à réaliser • Poste de travail • Besoin en énergie | <ul style="list-style-type: none"> • Machines • Matériels • Equipements divers |
| 4. Circuit matière dans l'atelier | <ul style="list-style-type: none"> • Volume de stockage intermédiaire • Distance entre machines • Surface de circulation • Surface de montage assemblage • Volumes de déchets à évacuer, stocker | <ul style="list-style-type: none"> • Matériels de manutention • Installation pour l'aspiration, le stockage |
| 5. Infrastructures | <ul style="list-style-type: none"> • Surface et implantation des aires de stockage et de circulation | <ul style="list-style-type: none"> • Stabilisation du sol • Abris couverts |
| <ul style="list-style-type: none"> • Terrain et aménagement • Bâtiments | <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions et orientation • Eclairage • Chauffage et ventilation • Traitement acoustique • Installation électrique • Prévention incendie • Installation d'hygiène | <ul style="list-style-type: none"> • Equipement correspondants aux différents impératifs |

Tableau 5.1 Points à respecter avant la création d'un atelier de soudage [20]

5.2 Détermination de l'implantation d'un atelier de soudage

5.2.1 Etapes de la détermination d'une implantation

Il y a un problème d'implantation à la création d'une usine, ou à l'installation d'un nouvel atelier dans une entreprise existante, quelles que soient la nature et l'importance numérique des fabrications envisagées.

L'implantation des machines et des postes destinés à la fabrication de commandes à l'unité ou de faibles séries, peut être maintenue pendant des décades avant d'être modifiée. Tout au plus ajoutera-t-on une ou deux machines, ou échangera-t-on une vieille machine contre une autre plus moderne.

L'industrie de masse, par contre, réétudie et modifie ses implantations beaucoup plus fréquemment, car beaucoup de fabrications ne se prolongent pas au-delà de trois à cinq ans, ou tout au moins, elles ont leur programme sérieusement amputé quand est passé ce délai [4].

Une implantation est souvent défectueuse si on constate que :

- les circuits sont longs et enchevêtrés,
- les en-cours sont importants,
- le pourcentage des manœuvres chargés des manutentions est élevé,
- les manutentions manuelles sont difficiles, longues, fatigantes,
- des manutentions sont faites par des ouvriers qualifiés,
- la durée de soudage est excessive par rapport aux temps d'opérations portés sur les gammes,
- les surfaces au sol sont mal utilisées ou sont insuffisantes,
- la surface des allées dépasse 15% de la surface totale,
- le personnel se plaint des conditions dans lesquelles s'effectuent les manutentions,
- les réarrangements de machines sont fréquents, etc.

• **Rassemblement des données**

Pour la préparation de l'implantation, il y a lieu de recueillir les renseignements utiles sur le produit :

- nature, forme, dimension, composition...
- quantités et cadences de production,
- date de mise en fabrication...

Les moyens d'exécution du produit, d'une part ceux qui existent et d'autre part ceux qui sont à prévoir: machines, nature et qualité,

- chaînes de montage,

- matériels de transport...

Les aires où sont implantés les moyens existants et qui recevront les moyens nouveaux.

Les équipements annexes :

- fluides : eau, gaz, électricité...
- vestiaires, blocs sanitaires, égouts,
- climatisation...

• Préparation de l'implantation

Les renseignements précédents sont présentés sous la forme de tableaux, de graphes et de dessins de manière à être aisément exploitables pour l'étude de l'implantation [4].

• Etude de l'implantation

La disposition des machines, des postes et des équipements de toutes natures ne s'étudie pas avec ces matériels sur les lieux de l'implantation, mais par truchement d'un dessin de ces lieux et avec l'aide de vignettes ou de maquettes.

Le graphique des surfaces donne la disposition des diverses surfaces élémentaires et des allées principales. En fonction des facteurs qui conditionnent la production, les surfaces élémentaires sont affectées :

- aux groupes et aux sections de machines ou de poste de même nature,
- à des chaînes de soudage et de montage d'organes ou de montage final,...

C'est sur le dessin de chaque surface élémentaire, et en tenant compte du flux général de la production et des allées principales que les projeteurs recherchent une disposition optimale des postes [4].

L'étude d'implantation est menée en allant du général au particulier (après que les données ont été élaborées) :

- structuration de toute la surface allouée,
- décomposition en surfaces élémentaires,
- organisation de chaque surface élémentaire par l'étude détaillée de chaque poste considéré en particulier et comme partie inséparable d'un tout.

5.2.2 Estimation des surfaces nécessaires à une implantation

Principe général :

- Surface au sol de chaque équipement = S_s
- Surface de gravitation = S_g , avec

$$S_g = S_s \cdot N \quad (5.1)$$

N correspond au nombre de côtés d'accès à la machine

- Surface d'évolution = S_e ,

$$\text{Avec, } S_e = (S_s + S_g) \cdot k \quad (4.2)$$

k choisi en fonction des moyens de manutention

| Pont roulant | Balancelles | Convoyeurs | Manutention manuelle | Transpalette | Chariot élévateur |
|--------------|-------------|------------|----------------------|--------------|-------------------|
| 0.1 | 0.2 | 0.3 à 0.4 | 0.5 | 0.75 | 2 à 3 |

Tableau 5.2 Valeurs à choisir pour le facteur k [18]

Calcul de la surface totale minimale

$$S_t = S_s + S_g + S_e \quad (5.2)$$

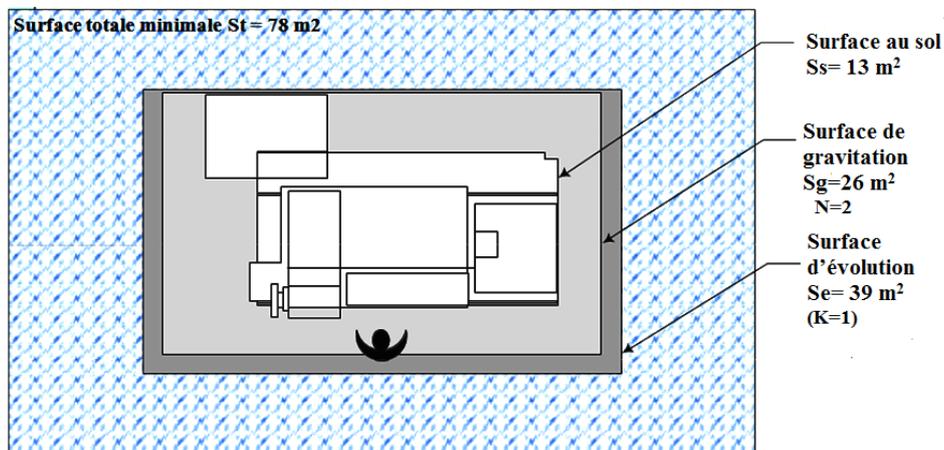


Figure 5.1 Exemple pour une seule machine [18]

5.3 Application de l'ergonomie à la conception des lieux de travail

5.3.1 Définition

L'ergonomie tente par une démarche scientifique en équipe interdisciplinaire, de mettre en évidence et de mesurer les conflits entre l'homme et les conditions dans lesquelles il travaille.

Elle essaie de mieux connaître l'homme en situation de travail sur les plans de sa santé, de sa sécurité et son confort en vue de parvenir à une charge de travail mieux adaptée à ses capacités, aptitudes et aspirations individuelles et collectives.

5.3.2 But

Elle a pour but l'amélioration des conditions de travail au niveau du poste de travail et de son environnement, ceci avec la très large participation des acteurs sociaux.

Pour cela, lors de l'étude de conception ou d'amélioration d'un poste de travail, le technicien devra prendre en considération :

- les règles d'économie de mouvements
- l'ambiance de travail

Par exemple la conception des outils et des appareils, gabarit de montage pour opérations de soudage, vireurs etc.

5.3.3 Enjeux relatifs à l'intégration de la prévention dès la conception

La prise en compte de la prévention est très importante en effet sa négligence peut générer :

- des surcoûts ultérieurs : plus l'intégration de prévention dans le projet est tardive, plus son coût est élevé,
- des accidents et des maladies professionnelles,
- une détérioration du climat social,
- une situation irréversible. L'organisation des flux, les implantations, un carrelage glissant, un escalier mal conçu, l'éclairage naturel insuffisant en constituent des exemples courants...

5.3.4 Prise en compte de paramètres dans une démarche d'aménagement des espaces de travail

Un projet de conception réussi se fonde non seulement sur une connaissance préalable approfondie des besoins exprimés sur leur poste de travail par l'utilisateur, mais aussi sur le respect des exigences dans les domaines techniques et réglementaires.

Sept points principaux sont à prendre en compte : accès et circulation, communications, contraintes de temps, nuisances physiques et chimiques, informations, manutention et efforts, dimensionnement et postures. Ces principes sont applicables dans tous les secteurs d'activité, notamment dans un atelier de soudage.

Exemple: posture de travail, dimensionnements des postes de travail, le siège de travail, travail sur écran de visualisation.

5.3.5 Autres paramètres

- **Bruit**

Le bruit est une vibration de l'air qui se propage. Il provoque une sensation auditive qui peut être plaisante (bruit de la mer, des oiseaux, ...) mais qui, bien souvent est désagréable, gênante ou nocive. Il peut avoir 5 familles d'effets indésirables : l'affaiblissement de l'ouïe, la réaction non souhaitée du système nerveux centra et autonome, l'entrave à la communication verbale ou autre, la diminution des performances et des fonctions cognitives, la gêne.

Le bruit est une nuisance qui est à l'origine de nombreuses surdités mais aussi d'autres pathologies (stress, fatigue...). De multiples moyens d'action doivent être mis en place sur le lieu de travail pour limiter l'exposition des salariés telles que :

- réduction du bruit à la source par action sur machine (Utilisation d'isolation antivibratoire, encoffrement de la machine, écran acoustique, cabine insonorisée pour le personnel)
- la protection individuelle (casques, bouchons d'oreilles).

- **Eclairage**

Une vision normale ne peut s'exercer qu'avec un minimum de lumière. Un bon niveau d'éclairage permet une bonne productivité avec notamment une baisse des erreurs, des accidents, une moindre fatigue visuelle. En plus le niveau moyen d'éclairage nécessaire, il faut absolument veiller à une bonne qualité de la lumière émise par les sources avec une uniformité de l'éclairage, un équilibre des luminances pour éviter les éblouissements notamment.

- **Ventilation / Climatisation / Chauffage**

La qualité de l'air, son renouvellement, sa température... sont à des degrés divers essentiels pour la santé et dans tout les cas, des paramètres de confort prépondérants pour l'activité humaine. Ces derniers constituent des exigences de bas à intégrer par exemple pour un atelier de soudage une captation des fumées doit être faite à la source 9 à 11 m³/h par soudeur, le nombre de renouvellement d'air par heure (pour les ateliers de soudage à l'arc) doit être de 1 à 20 fois par poste de soudage, bien entendu suivant le volume de l'atelier, les arrivées d'air frais doivent être de section suffisante pour ne pas mettre le local en

dépression, ces arrivées ne doivent pas provoquer de courant d'air, suivant le cas, réchauffement de cet air frais.

- Electricité

Les installations électriques doivent être conçues et réalisées conformément aux dispositions réglementaires. Elles doivent être adaptées à l'usage de chaque local, compte tenu des risques spécifiques d'électrisation, d'électrocution, d'incendie et d'explosion...

- Signalisation / Signalétique / Couleurs

Dans un projet de conception, des exigences sont à respecter en matière de signalisation de santé et de sécurité et de signalétique fonctionnelles. Les couleurs et les formes ont une signification en matière de sécurité, les couleurs contribuent aussi parallèlement au confort et au bien-être au travail.

- Manutention / Levage

Les moyens de manutention et de levage à intégrer dans un programme de conception doivent être définis en fonction des exigences du processus de production et tenir compte des besoins des utilisateurs, en se donnant aussi pour perspective la prévention des risques de lombalgies et de Troubles Musculo Squelettiques (TMS) [5].

5.4 Intégration des 5S dans un atelier de soudage

La méthode des « 5 S » est une méthode de management mise en œuvre par les japonais pour l'amélioration continue des tâches effectuées dans les bureaux, les ateliers et les chantiers des entreprises. Cette méthode a été mise en place pour la première fois en 1962, par l'ingénieur japonais Taiichi Ônodans, dans le système de production de Toyota. La méthode 5S fait partie des outils de gestion de la qualité dont le but est d'optimiser les conditions et le temps de travail.

La démarche 5S constitue régulièrement la 1^{ère} étape de toute démarche qualité, Elle vise à garantir la propreté et la bonne organisation du poste de travail [18].

5S tire son origine de la première lettre de chacun des 5 mots japonais qui compose cette méthode.

| Mot japonais | Traduction | Interprétation |
|---------------|------------|-----------------------------|
| Seiri (整理) | Débarras | Trier |
| Seiton (整頓) | Rangement | Ranger |
| Seiso (清楚) | Nettoyage | Nettoyer |
| Seiketsu (清潔) | Ordre | Conservé en ordre et propre |
| Shitsuke (質) | Rigueur | Formaliser et impliquer |

Tableau 5.3 Interprétation des 5S [18]

Première étape: trier

Il s'agit d'éliminer de l'espace de travail tout ce qui n'y a pas sa place.

Quelques règles permettent de prendre les bonnes décisions :

- tout ce qui ne sert pas (ou plus) depuis un an est jeté ou recyclé.
- tout ce qui sert moins d'une fois par mois est remis à l'écart (par exemple au magasin de l'usine).
- tout ce qui sert moins d'une fois par semaine est remis à proximité (typiquement dans une armoire dans l'atelier).
- tout ce qui sert moins d'une fois par jour est au poste de travail.
- tout ce qui sert moins d'une fois par heure est directement à portée de main.
- et ce qui sert au moins une fois par heure est directement porté par l'utilisateur et l'opérateur.

Trier, c'est comprendre ce qui sert et qui ne sert plus afin d'éclaircir l'environnement.

C'est conserver seulement le strict nécessaire au fonctionnement.

Le résultat de l'opération doit être visible.

Cette hiérarchisation du matériel de travail conduit logiquement à Seiton (ranger).

2^{ème} étape : ranger

Il faut chercher à aménager l'espace de travail de façon à éviter les pertes de temps et d'énergie.

- Arranger de façon rationnelle le poste de travail (proximité, objets lourds faciles à prendre ou sur support,)
- Définir les règles de rangement
- Rendre évident le placement des objets
- Les objets d'utilisation fréquente doivent être près de l'opérateur
- Classer les objets par ordre d'utilisation

- Standardiser les postes
- Favoriser la méthode Premier Entré Premier Sorti (First In First Out)

Troisième étape: nettoyer

Une fois l'espace de travail dégagé et ordonné (Seiton), il est beaucoup plus facile de le nettoyer. Le non-respect de la propreté peut en effet avoir des conséquences considérables en provoquant des anomalies ou l'immobilisation de machines.

- Décrasser, inspecter, détecter les anomalies
- Remettre systématiquement en état
- Faciliter le nettoyage et l'inspection
- Supprimer l'anomalie à la source

Quatrième étape : conserver en ordre et propre

Une fois les trois étapes précédentes réalisées, il faut combattre la tendance naturelle au laisser-aller et le retour aux anciennes habitudes en mettant au point des méthodes permettant de maintenir cet état et d'éviter les déviations. Il faut donc définir des règles de management pour que les 5S deviennent une habitude. Les règles doivent être simples, visuelles ou écrites. Ainsi, tout individu externe au groupe peut avoir accès à la règle et la comprendre aisément. Il vaut mieux formaliser les règles et définir standards avec la participation du personnel, ceci afin de :

- vaincre la résistance au changement
- garantir l'appropriation du projet
- faciliter l'adhésion au projet
- faire appliquer et respecter les règles établies par le personnel lui-même, lors des 3 étapes précédentes.

Cinquième étape : formaliser et impliquer

Cette étape est celle du contrôle rigoureux de l'application du système 5S Suivre et faire évoluer. Pour faire vivre les 4 premiers S et repousser leurs limites initiales, dans une démarche d'amélioration continue, Il faut surveiller régulièrement l'application des règles, les remettre en mémoire, en corriger les dérives. Pour cela il faut, réaliser des autoévaluations, promouvoir l'esprit d'équipe, instituer des règles de comportement, mettre en place une bonne communication et valoriser les résultats obtenus car chaque étape est une petite victoire.

5.5 Sécurité dans l'atelier de soudage

Dans le cas du soudage autogène ou au gaz, l'acétylène est un gaz très combustible et forme avec l'air un mélange explosif

- Manipuler les bouteilles avec précaution en évitant les chocs, la corrosion et l'élévation de température.
- Si on doit utiliser les bouteilles debout, elles devront toujours être fixées avec un collier.
- Il ne faut jamais graisser les raccords de ces appareils.
- Il ne faut jamais transporter les bouteilles non munies de leur chapeau protecteur.
- Pour détecter une fuite n'utiliser pas de flamme, mais plutôt de l'eau savonneuse.
- Les bouteilles ne doivent jamais être entreposées à proximité d'une source de chaleur.
- Avant de faire de découpage ou soudure d'un récipient ayant contenu un combustible ou explosif, il y a lieu de procéder préalablement à son dégazage.

Dans le cas de soudage à l'arc électrique, il faut savoir que l'arc émet un rayonnement dangereux. Les soudeurs et leurs voisins devront s'en protéger par des masques en très bon état car le « coup d'arc » provoque la conjonctivite qui est très douloureuse et très grave.

Dans le cas de soudage dans les locaux ou sur des récipients vides ayant servi à emmagasiner des produits inflammables, toxiques ou détonants des précautions spéciales doivent précéder le soudage car des vapeurs de ces produits subsistent toujours en raison de leur forte densité et d'une aération insuffisante. De plus des résidus liquides, visqueux ou solides adhèrent aux parois des récipients et toute forte élévation de température, opère la distillation des produits légers contenus dans ces résidus.

Les travaux de soudage présentent donc des risques d'explosion et d'intoxication. L'Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S) a établi dans ce domaine un certain nombre de recommandations telles que :

- vérification de l'atmosphère à l'aide d'un explosimètre ;
- ventilation des locaux et récipients,
- réservation à un agent compétent des travaux dangereux avec présence obligatoire à proximité d'un aide pouvant intervenir en cas de danger,

- avant soudage des récipients, ceux-ci doivent être vidés dégazés puis rincés à l'eau chaude. Si le produit n'est pas soluble dans l'eau, utiliser pour le lavage un détergent industriel,
- en soudage oxyacétylénique, le chalumeau sera allumé hors du récipient.

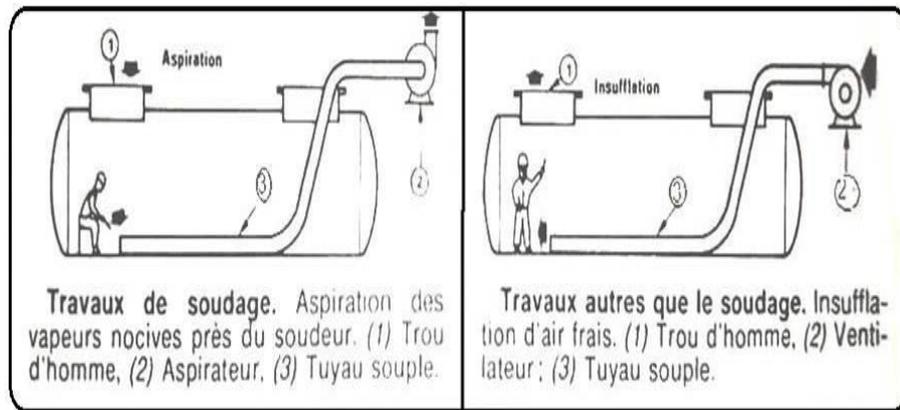


Figure 5.2 Aspiration des fumées lors du soudage sur des récipients [13]

5.5.1 Mesures de prévention lors des travaux de soudure

Effectuer des travaux de soudure expose le travailleur, de même que les individus se trouvant à proximité de celui-ci, à un grand nombre de dangers [22].

5.5.1.1 Protection contre des dangers du courant électrique

Les consignes de sécurité relatives aux générateurs de courant utilisés en soudage sont identiques, à savoir :

- utilisation de conducteurs isolés.
- mise à la terre des appareils.
- installation de dispositif de coupure automatique de courant en cas de défaillance de la mise à la terre (disjoncteur différentiel).

Elle se complète par :

- le port de gants isolants au cours du soudage.
- l'utilisation de chaussures en élastomère procurant une excellente.
- isolation contre les effets du courant électrique.



Figure 4.3 Isolation des parties conductrices au cours du soudage [22]

- Une captation des fumées doit être faite à la source 9 à 11 m³/h par soudeur.
- Le nombre de renouvellement d'air par heure (pour les ateliers de soudage à l'arc) doit être de 1 à 20 fois par poste de soudage, bien entendu suivant le volume de l'atelier.
- Des arrivées d'air frais doivent être de section suffisante pour ne pas mettre le local en dépression, ces arrivées ne doivent pas provoquer de courant d'air, suivant le cas, réchauffement de cet air frais.

5.5.1.2 Radiations et protections oculaires

En soudage à l'arc, la protection correcte du visage, des yeux et du cou du soudeur contre les rayonnements ultraviolet, infrarouge et visible, impose le port d'un masque équipé d'un filtre optique d'opacité appropriée. Ce filtre doit en effet posséder des caractéristiques d'absorption adaptées à la nature et à l'importance du risque engendré par le rayonnement de l'arc.

5.5.2 Exemple d'aménagement d'un atelier de soudage

L'aménagement de l'atelier de soudage influe directement sur les conditions de travail des agents techniques. C'est pourquoi, il ne faut pas se précipiter. Il faut prendre le temps d'y réfléchir dès qu'il y a une volonté d'aménagement.

➤ Dispositions générales

| Réglementations et préconisations | Risques évités |
|---|------------------------------|
| Maintenir l'atelier bien rangé, trier régulièrement et jeter les objets qui ne sont pas utilisés | Chute de plain-pied |
| Réaliser et entretenir fréquemment un sol régulier et carrossable  | Chute de plain-pied |
| Vérification électrique régulière | Incendie / risque électrique |
| Vérifier la présence et le bon fonctionnement des extincteurs | Incendie |
| Protéger les poutres et les autres structures basses  | Choc à la tête |
| Assurer une qualité d'air suffisante (circulation d'air et/ou extraction mécanique d'air, utilisation de moteurs thermiques à l'extérieur, etc) | Pollutions intérieures |

Tableau 5.3 Exemple des dispositions générales [21]

➤ Vestiaires, sanitaires, bureaux

| Réglementations et préconisations | Risques évités |
|---|---|
| Local facile à entretenir | Risque bactériologique |
| Présence de douche, lavabo et WC dans les vestiaires ou en accès direct (pas de passage par l'atelier ou l'extérieur) | Mauvaise hygiène |
| <p>Douche séparée en 2 compartiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un pour la douche, - un pour l'habillage |  |
| <p>Armoire individuelle en 2 compartiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une partie vêtements personnels, - une partie vêtements professionnels. |  |
| Bonne ventilation | Pollutions intérieures |
| Prévoir, au besoin, un accès et des équipements handicapés | |
| Prévoir un bureau pour le travail administratif |  |

Tableau 5.4 Exemple pour les vestiaires, bureaux [21]

➤ Etabli et espace de travail

| Réglementations et préconisations | Risques évités |
|---|--|
| <p>Eclairage suffisant au dessus de l'établi</p>  | <p>Chocs et blessures</p> |
| <p>Prévoir un espace de travail dégagé dédié à la réalisation de certains travaux (peinture, mécanique)</p> | <p>Encombrement, mauvaise postures</p> |
| <p>Ranger et nettoyer régulièrement l'établi</p> | <p>Chute de plain-pied</p> |
| <p>Installer des râteliers verticaux ou des crochets pour ranger le petit outillage (mettre les outils les plus utilisés en accès direct)</p>  | <p>Chute d'objet</p> |

Tableau 5.5 Etabli de travail [21]

➤ Lieux de stockage (outils, EPI, matériels...)

| Réglémentations et préconisations | Risques évités |
|---|---|
| <p>Stocker les EPI à proximité des matériels qui en nécessitent l'usage</p>  | <p>Protection efficace contre les dommages en tout genre (bruit, chute, coupures, rayonnement...)</p> |
| <p>Stockage sur étagère : vérifier qu'elle soit adaptée au poids et équipée de rebords</p> | <p>Chute d'objet</p> |
| <p>Ne pas stocker des objets lourds en hauteur</p> | <p>Chute d'objet /TMS</p> |
| <p>Penser au marchepied pour le stockage en hauteur</p> | <p>TMS</p> |
| <p>Utiliser transpalette, chariot, brouette pour faciliter la manutention</p> | <p>TMS</p> |

Tableau 5.6 lieu de stockage [21]

➤ Garage des véhicules et/ou engins

| Réglémentations et préconisations | Risques évités |
|---|---------------------|
| <p>Hauteur du local suffisant pour accueillir les engins sans avoir à démonter les éléments de sécurité</p>  | <p>Retournement</p> |
| <p>Disposer d'un quai ou d'une aire de chargement, avec un chariot à hauteur réglable</p>  | <p>Manutention</p> |

Tableau 5.7 Garage des véhicules [21]

➤ Mezzanine et grenier

| Réglementations et préconisations | Risques évités |
|---|-------------------------|
| <p>Installer un dispositif d'accès à l'étage fixe et sûr (escalier muni de garde-corps, surface antidérapante, largeur de marches suffisante)</p>  | <p>Chute de hauteur</p> |
| <p>Vérifier la portance du plancher avant de stocker du matériel trop lourd</p> | <p>Effondrement</p> |

Tableau 5.8 Mezzanine et grenier [21]

Conclusion

La performance d'un atelier de soudage n'est pas seulement l'aménagement et l'implantation adéquate des postes de travail, mais aussi la mise en évidence des stratégies d'amélioration des méthodes et des conditions de travail telle que l'intégration des 5S et l'application de l'ergonomie ainsi que les mesures de prévention des risques, ce qui permet d'améliorer considérablement la productivité.

Chapitre 5

Maintenance des équipements de soudage

Introduction

La maintenance des équipements en production est un enjeu clé pour la productivité des entreprises aussi bien que pour la qualité des produits, la sécurité et la sûreté de fonctionnement. Avec le temps, elle est devenue un facteur de qualité et un centre de profit. La maintenance des équipements de soudage doit obéir aux mêmes règles.

7.1 Concepts et définitions

5.1.1 Définitions de la maintenance

La maintenance est un ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal.

La maintenance vise toutes les activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management" ([AFNOR, 1988]).

La maintenance est une fonction essentielle des entreprises. Elle contribue à maintenir dans un état optimal de fonctionnement des équipements de plus en plus complexes et coûteux, à préserver, voire améliorer la productivité, la qualité et la conformité des produits/services, et enfin à garantir la sûreté des systèmes et la sécurité des personnels. Elle concerne tous les secteurs d'activités et toutes les entreprises et peut être internalisée ou externalisée [13].

5.1.2 Entretien ou maintenance

- Entretien, c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production : entretenir, c'est subir le matériel.
- Maintenir, c'est choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'usage du matériel, suivant sa criticité économique, afin d'optimiser le coût global : maintenir, c'est maîtriser.

5.2 Maintenance des équipements de soudage

5.2.1 Postes de soudure à l'arc

5.2.1.1 Principes généraux

La figure [5.1] montre l'intérieur de ce matériel. L'élément principal d'un poste de soudure à l'arc est un transformateur. Le primaire de ce transformateur est bien entendu branché sur le secteur 220 volts ou 380 volts, suivant le modèle d'appareil, et le secondaire délivre la tension nécessaire à la soudure, entre la borne de masse et la pince à souder. Cette tension est abaissée par le transformateur, à une valeur généralement située aux alentours de 50 volts. La constitution de la bobine de secondaire, et le diamètre du fil employé, permettent le passage d'un courant pouvant atteindre plusieurs centaines d'ampères suivant le modèle de poste [12].

Pour faire varier l'intensité dans le bobinage du secondaire, on agit sur le champ magnétique induit, grâce à l'action d'un noyau plongeur, actionné par une manette de réglage externe.

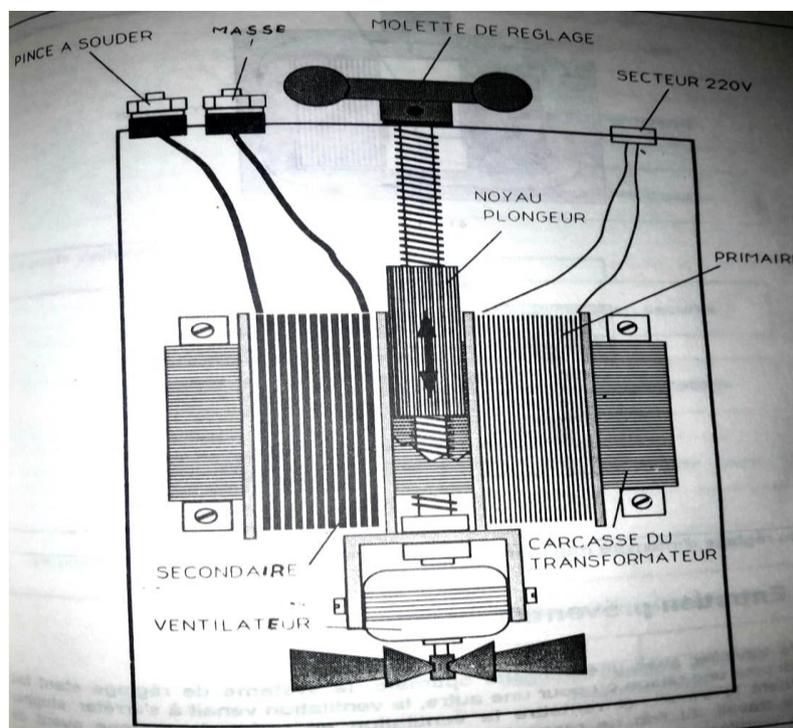


Figure 5.1 Constitution d'un poste de soudure à l'arc [12]

5.2.1.2 Entretien préventif

Toujours travailler avec une intensité optimale, le système de réglage étant fait pour cela. Si pour une raison ou pour une autre, la ventilation venait à s'arrêter, stopper immédiatement le travail, et remettre la ventilation en ordre de marche avant de reprendre le travail. Si l'on ne respecte pas cette règle essentielle, on a de fortes chances de «griller» le poste très rapidement. S'assurer également que les trous d'aération ne sont pas obstrués. De temps à autre, démonter le boîtier du poste, et dépoussiérer l'intérieur. Démonter également les bornes de fixation du câble de soudure et du câble de masse, nettoyer à la lime les portées des connecteurs et remonter l'ensemble en serrant correctement.

5.2.1.3 Arbres de diagnostic

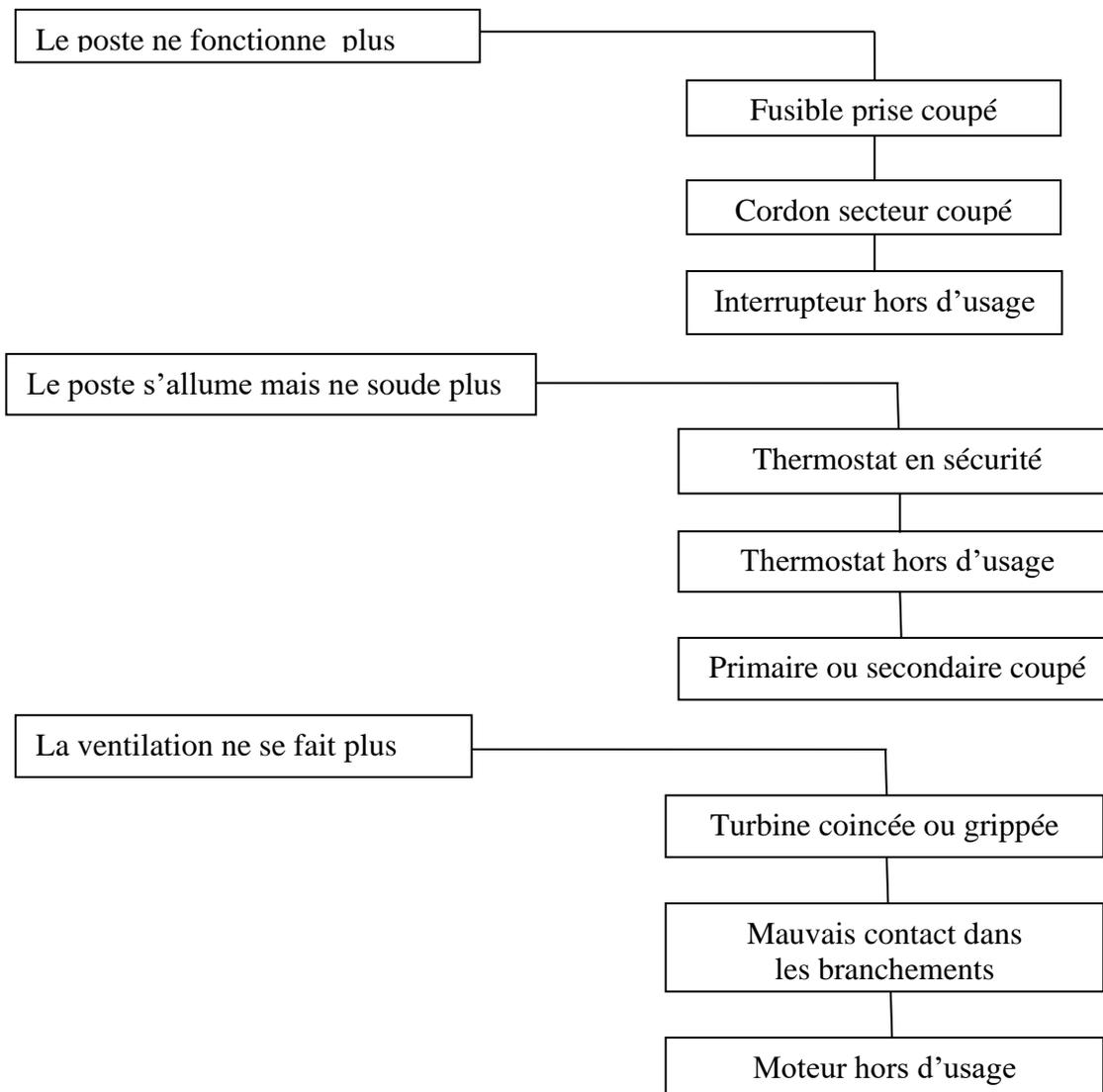


Tableau 5.1 Arbres de diagnostic d'un poste de soudure à l'arc [12]

5.2.1.4 Principales interventions et traitement des différentes pannes

- Le poste ne fonctionne plus du tout

Cette panne peut provenir d'une coupure du fusible de protection de la prise murale. Contrôler la présence de la tension sur cette dernière. Le poste étant débranché, il va falloir démonter le capot de protection. Pour cela, il faut percer un trou de 8 ou 10 millimètres dans chacune des roues, pour accéder aux vis qui se trouvent derrière, car les roues ne s'enlèvent que très difficilement. Ôter également toutes les autres vis situées sur le pourtour du capot, et retirer ce dernier [12].

Accéder à tous les organes du poste. Rebrancher le poste sur le secteur 200 volts, et prendre garde où l'on met les doigts, dans les différentes manœuvres qui vont suivre. A l'aide du multimètre commuté sur la position «tension alternative 250 volts», s'assurer que la tension est bien présente à l'arrivée du cordon secteur, sur l'interrupteur, puis en sortie de ce dernier, après l'avoir mis sur marche.

- Le poste s'allume, le ventilateur tourne, mais il n'y a aucun courant pour la soudure.

Débrancher le poste et déconnecter un des fils du thermostat, petite pièce blanche située sur le primaire du transformateur. Commuter le multimètre sur la position ohmmètre, et tester le bon état du thermostat. Nous rappelons qu'un thermostat en parfait état doit présenter une résistance nulle lorsqu'il est froid, et une résistance infinie lorsqu'il est à sa température de déclenchement. Si l'on trouve une résistance infinie, ce qui revient à dire que l'aiguille ou que l'affichage digital du multimètre ne bouge pas, remplacer le thermostat. Il va de soi que cette mesure est à effectuer lorsque le poste est froid, car dans le cas contraire, le thermostat à pu se mettre en sécurité naturellement.

Si le thermostat est en bon état, débrancher un des fils du primaire, et tester la continuité du bobinage à l'ohmmètre. Faire la même opération pour le secondaire.

- Le ventilateur ne tourne plus

Cette panne provient soit d'un grippage de la turbine, soit d'une coupure du bobinage du moteur, soit d'un encrassement des cosses de branchement. Contrôler tous ces éléments.

5.2.2 Postes de soudure semi-automatiques

5.2.2.1 Principes généraux

De la même manière que les postes de soudure à l'arc, les postes semi-automatiques fonctionnent à l'aide d'un transformateur qui va fournir l'intensité nécessaire à la soudure. Dans ce type d'appareil, ce n'est plus une baguette qui va se charger de souder les pièces, mais un fil de faible section (en 0,5 et 1 millimètre maximum). Le fil, consommable, est guidé par un fourreau spécial et est amené au niveau de la soudure par un système d'entraînement constitué d'un moteur et de deux galets. La figure ci-après montre le détail d'un tel mécanisme. En fonction de l'intensité requise, il sera nécessaire d'approvisionner plus ou moins rapidement en fil, le joint de soudure. Ce réglage d'avance du fil est confié à un module électronique de régulation de vitesse commandant directement le moteur d'entraînement. Un bouton de réglage est prévu sur la face avant de l'appareil.

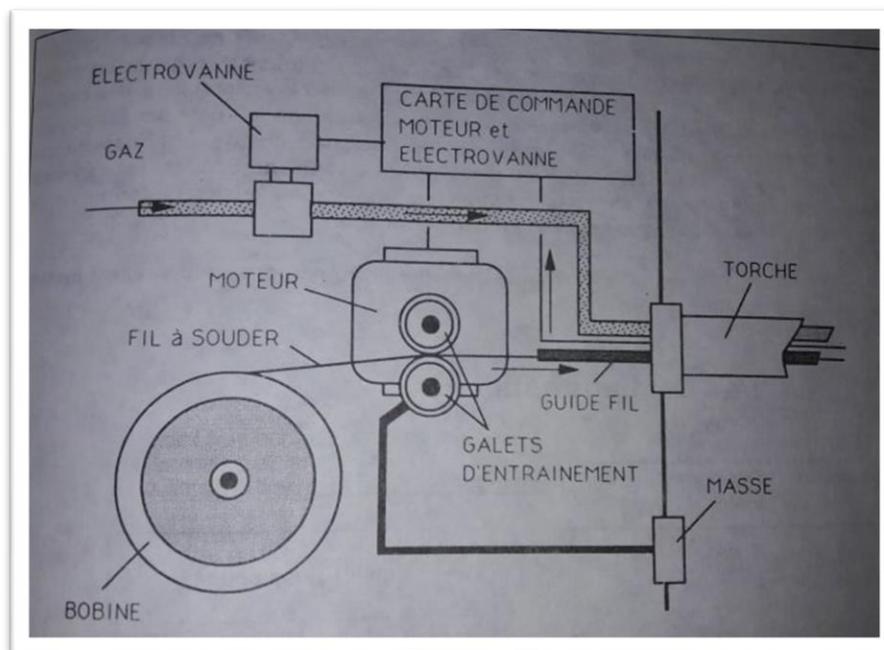


Figure 5.2 Fonctionnement d'un poste à souder semi-automatique [12]

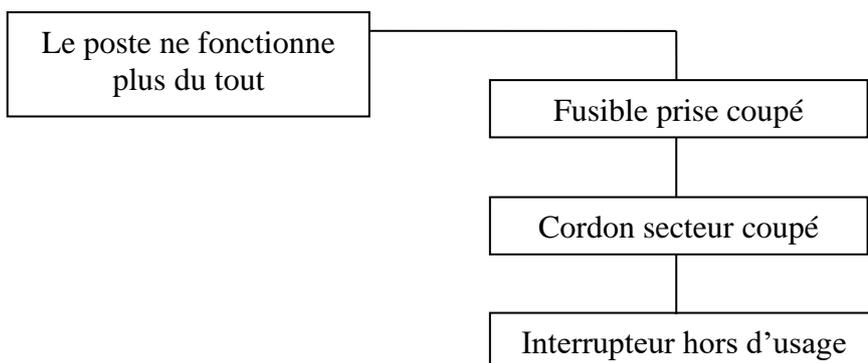
Ce type de soudage nécessite un apport en gaz inerte, directement au niveau de la soudure. Ce travail est assuré par l'intermédiaire d'une électrovanne commandée par le module électronique. Ce module est sollicité par un bouton de commande situé sur la poignée de la torche de soudage. Chaque appui sur le bouton actionne la mise en marche du moteur d'entraînement de l'avance du fil et l'ouverture de l'électrovanne. Comme pour la soudure à l'arc, une passe est connectée aux pièces à souder, permettant ainsi le passage du courant.

Le courant qui passe dans le fil est très important. Si ce fil était directement et continuellement relié à la masse du poste, il se mettrait à chauffer, deviendrait rouge et fondrait très rapidement sur toute sa longueur, à moins qu'on coupe le courant, ou que le poste ne se mette en sécurité naturellement. Pour que la soudure se fasse, il faut naturellement qu'il y ait fonte du métal d'apport, donc du fil en question, mais uniquement au niveau de la soudure. Ce principe est obtenu en maintenant le fil à une certaine distance de la pièce à souder. Il se forme alors un arc électrique entre le fil et la pièce à souder. Cet arc a une intensité suffisante pour faire fondre très rapidement le fil et la pièce à souder, et créer ainsi un petit lac de métal en fusion. Il suffit ensuite d'avancer lentement la torche de soudage pour que le phénomène suive son cours et forme un cordon de soudure.

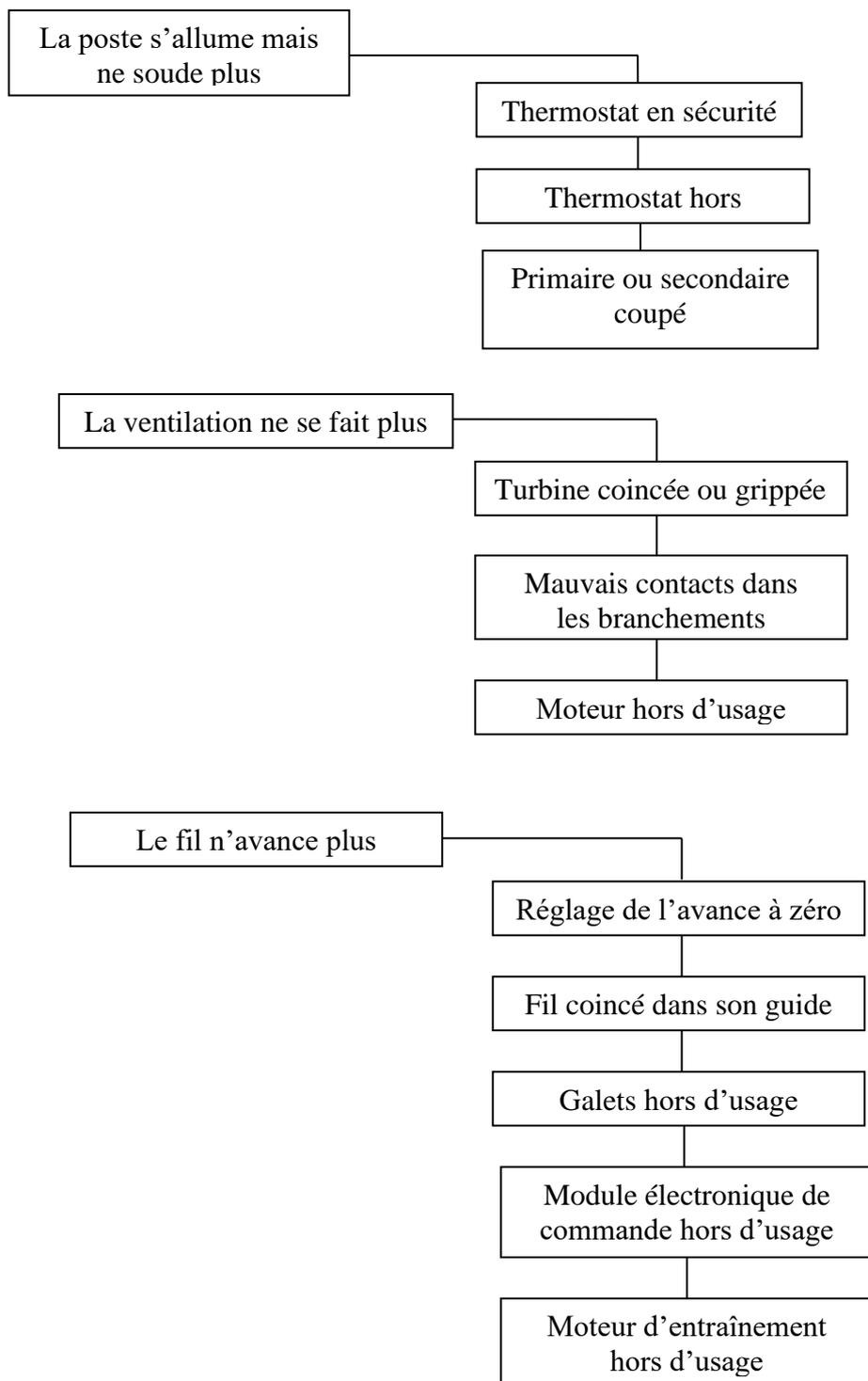
5.1.1.1. Entretien préventif

Un poste de soudure semi-automatique possède de nombreux organes mécaniques, électriques et électroniques. Afin d'assurer à tous ces organes un parfait fonctionnement, un minimum de précautions est à prendre. La première des choses est d'utiliser la bonne buse au niveau de la torche de soudage. Il existe des buses pour chaque diamètre de fil utilisé. Si l'on utilise une buse trop grande, le fil ne sera pas guidé correctement et n'aura pas un contact électrique suffisant. Ensuite, faire en sorte que le bout de la torche soit toujours très propre, et pour éviter la formation de «grattons», utiliser un produit spécial en bombe aérosol [12].

5.1.1.2. Arbres de diagnostic



(Suite)



(Suite)

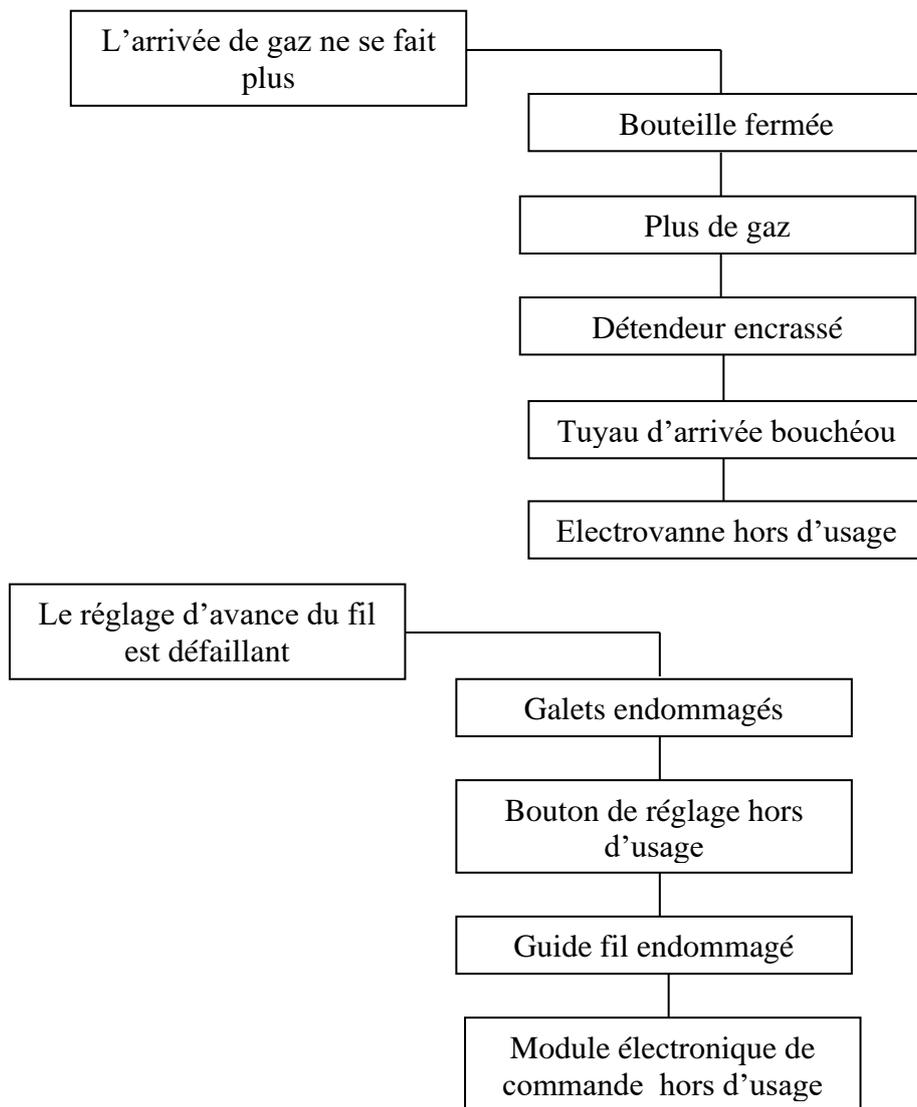


Tableau 5.2 Arbres de diagnostic d'un poste à souder semi-automatique [12]

5.2.3 Machine de soudage par point

5.2.3.1 Entretien préventif

Afin d'assurer le bon fonctionnement d'un soudeur par point il faut:

- lubrifier régulièrement la pince de soudage pneumatique et assurer que l'alimentation en air comprimé est toujours propre et sèche.
- assurer que les pointes d'électrode ne sont pas usées ou contaminées.
- garder le diamètre de l'électrode à la bonne dimension.
- garder les électrodes affûtées et alignées.



Figure 5.3 Machine de soudage par point [18]

5.2.3.2 Dysfonctionnements possibles et solutions pour les éliminer

| Problème | Cause | Remède |
|--|--|---|
| - La machine de soudage par point ne s'allume pas. | - Erreur de connexion. Interrupteur du panneau de commande ouvert | - Vérifier la connexion et le contrôle panneau |
| - Le pistolet de soudage ne se ferme pas après avoir appuyé sur l'interrupteur de soudage. | - Interrupteur défectueux. - Fusible de l'électrovanne grillé, et / ou court-circuit dans la bobine. - Contrôle de soudage défectueux ou fusible grillé | - Vérifier l'interrupteur. - Vérifier le fusible de l'électrovanne, - effectuer des tests avec le solénoïde commande manuelle de la vanne. - Vérifier la commande de soudage |
| - En appuyant sur l'interrupteur soudage, le soudeur effectue le cycle sans soudage par points. | - Sièges des supports de bras oxydés. Contrôle de soudage défectueux | - Nettoyer l'intérieur du support de bras avec du papier abrasif fin. - Vérifiez la commande de soudage. |
| - Le soudeur par points ne soude pas, la LED rouge de surchauffe s'allume. | - Activation des thermostats de sécurité due à une séquence de soudage trop élevée | - Attendre que les thermostats soient réactivés et réduisez la séquence de soudage. |
| - Exécution de soudures par points avec étincelage de matière fondue. - Trous et cratères aux soudures sur les tôles. | - Temps d'approche trop court. Courant de soudage excessif. - Pression d'électrode insuffisante. - Bras d'électrode avec profil incorrect. - Pointes d'électrodes avec dépôts de résidus métalliques. | - Augmenter le temps d'approche. - Diminuez le courant de soudage. - Augmenter la pression d'air comprimé. - Profiler correctement les bras de soudage. - Nettoyer les électrodes |

Tableau 5.3 Dysfonctionnement d'une soudeuse par point [12]

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié la maintenance de quelques principaux équipements de soudage. L'objectif de cette dernière est de garantir la productivité, la diminution des coûts et la longévité des équipements ainsi que la performance et la qualité des produits de soudage. Aussi, la maintenance est une fonction importante dans le cadre de la gestion d'un atelier de soudage.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude que nous avons menée nous a permis dans un premier lieu de nous familiariser avec les procédés de soudage pouvant être appliqués dans un atelier ainsi qu'avec les modèles d'organisation qui ont été proposés avec les différentes méthodes et démarches d'implantation et d'aménagement d'un atelier de soudage. Elle nous a permis dans un second lieu d'en savoir plus sur la maintenance des équipements et la maîtrise des risques au sein d'un atelier de soudage.

Ce travail nous a permis également de découvrir la psychologie de travail qui doit être prise en compte dans le cadre de la gestion de cet atelier.

L'une des contributions principales de ce travail est la mise en œuvre d'une méthodologie pour l'organisation et la gestion d'un atelier de soudage dont les éléments fondamentaux doivent être une action durable et efficace ce qui permet de diminuer le nombre d'accidents et d'atteindre les objectifs économiques initialement envisagés.

Enfin, un cas d'étude concret issu d'une entreprise algérienne de production pourrait être envisagé et présenté lors des travaux de recherche futurs par les Etudiants de notre département de Génie Mécanique à la fin de leur formation.

Bibliographie

- [1] BARACHE Redouane& NAIT MOHAND Adel, « Intégration de la fabrication du châssis du scooter au niveau de VMS industrie », mémoire de master en conception mécanique et productique, Université Abderrahmane Mira Bejaia, 2017
- [2] CHAINARONG Srikunwong « Modélisation du procédé de soudage par points »
- [3] CHATELET Jean-Marie, « méthode productiques et qualité », édition Ellipse, Paris 1996
- [4] MAMI Elias Fouad, « Cours », Université de Tlemcen, 2020
- [5] DELFOSSE M.G, implantations et manutentions, entreprise moderne d'édition. Troisième édition, Paris 1974
- [6] DRUI M, HENNI A, HEUGEL M, MARTIN C, SIMON C. Les différents procédés manuels de soudage, leurs risques et leur prévention ; 2003
- [7] GARDIA C., CHARVOLIN M., METAY M., Prévention des risques professionnels dès la conception des espaces de travail, Technique de l'ingénieur, SE 10, 2v 2006-10-1, F1260-6 Paris, 2006
- [8] GERBIER Jean « Organisation –Gestion » aide mémoire, 5^{ème} édition Tome 1, DUNOD Paris 1970.
- [9] GODIN Caroline « Opérations de soudage à l'arc », Guide pratique de ventilation n° 7. Editions INRS ED 668. (INRS) (1996)
- [10] JAVEL George, « Pratique de la gestion industrielle –Organisation, méthodes et outils », DUNOD, Paris 2003
- [11] JAVEL George, « Organisation et gestion de la production », Cours avec exercices corrigés, 4^{ème} édition, DUNOD, Paris 2010
- [12] KLAS Weman « Procédé de soudage », aide mémoire DUNOD, Paris ,2007
- [13] Maintenance des équipements d'atelier, éditions Tech, 1994
- [14] PERIS R, « Travaux pratiques- Technologie » Delagrive , Poitiers 1979
- [15]ROGER Patrick, « Gestion de production », Editions DALLOZ, 1992
- [16] SARNIN Philippe, «Psychologie du travail et des organisations », édition de Boeck 2^{ème} tirage, Bruxelles, 2008
- [17] ZIANI Belkheir « Comportement mécanique d'un assemblage soudé en " Peel joint », mémoire de Master en assemblages soudés et matériaux, Université Aboubekr Belkaïd Tlemcen, 2019

Webographie

- [18] https://www.academia.edu/25326725/PRINCIPAUX_PROC%C3%A9D%C3%A9S_DE_SOUDAGE?auto=download consulté le 12/03/2020
- [19] https://www.academia.edu/9584230/L_organisation_des_ateliers_les_implantations_et_les_manutentions?email_work_card=view-paper consulté le 10/02/2020
- [20] <http://bureaupreventicas.fr/fiches-techniques-oppbtp/Menuiserie.pdf> , consulté le 26/07/2020
- [21] https://www.cdg53.fr/centre_de_gestion_spat_presentation-et-missions.phtml, consulté le 13/07/2020
- [22] <https://www.rocdacier.com/prevention-risques-soudage/> consulté le 13/05/2020
- [23] <https://www.sage.com/fr-fr/blog/glossaire/organisation-du-travail-definition-de-lorganisation-du-travail/> consulté le 01/05/2020
- [24] http://yourweldingpartner.free.fr/la_certification_suivant_e.htm

Unité de travail : fiche n° 1

Risque lié au bruit

Conséquences

- atteinte de l'acuité auditive.
- difficultés de concentration pour l'exécution de travaux précis.
- gêne à la compréhension de certains ordres pouvant rendre dangereuses certaines tâches.

Situation actuelle - identification du risque

Une estimation du bruit a-t-elle été pratiquée ? Oui Non

Les salariés soumis à une exposition sonore quotidienne

supérieure à 85 dB sont-ils identifiés ? Oui Non

Les mesures de prévention sont-elles prises ? Oui Non

- programme de réduction de l'exposition au bruit

- information et formation des salariés

- port d'équipement de protection individuelle

La communication orale est-elle gênée? Oui Non

Les alarmes sont-elles masquées par le bruit ? Oui Non

Un risque lié au bruit est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- réduction du bruit des machines.
- limitation du temps d'exposition des salariés.
- éloignement des salariés des sources de bruit.
- mise en place de protection collective : capotage, traitement acoustique des locaux.
- mise à disposition et port des équipements de protection individuelle.
- Information des salariés.

Unité de travail : fiche n° 2

Risque lié à l'éclairage

Conséquences

- fatigue visuelle lié à un éclairage inadapté.
- erreur dans l'exécution de travaux précis.
- risque de chute, d'accident dans les allées de circulation.

Situation actuelle - identification du risque

- Des mesures d'éclairage ont-elles été pratiquées ? Oui Non
- Le niveau d'éclairage est-il adapté au travail demandé ? Oui Non
- Les aires de circulation sont-elles correctement éclairées ? Oui Non
- Le poste de travail présente-t-il des zones d'éblouissement (lampe nue, soleil) ? Oui Non
- Un risque lié à l'éclairage est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- éclairage suffisant et adapté au travail à réaliser : précision, détail...
- éclairage naturel suffisant.
- éclairage individuel possible
- Vérification régulière des lampes, néons...
- Information des salariés.

Unité de travail : Fiche n° 3

Risque lié aux ambiances thermiques

Conséquences

- inconfort.
- fatigue, maladies pulmonaires ou ORL.
- coup de chaleur.

Situation actuelle - identification du risque

La température des locaux est-elle adaptée au travail demande? Oui Non

Le poste de travail est-il exposé aux courants d'air,
à l'humidité ? aux intempéries ? Oui Non

Le poste de travail est-il suffisamment aéré ? Oui Non

Le poste de travail est-il à l'écart de zones chaudes ou froides ? Oui Non

Les EPI sont-ils fournis en cas de travail en ambiance
froide ou chaude? Oui Non

Un risque lié aux ambiances thermiques est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Installation de chauffages adaptés et réglables individuellement.
- contrôle des courants d'air.
- mise en place de pauses en cas de travail en ambiance très chaude ou très froide.
- Mise à disposition de points d'eau en cas de travail en ambiance très chaude.
- mise à disposition et port des équipements de protection individuelle.
- Information des salariés.

Unité de travail : Fiche n° 4

Risque lié aux vibrations

Conséquences

Risque de lésion tendineuse, musculaire, neurologique ou vasculaire suite à l'utilisation d'outils vibrants, à la conduite d'engins.

Situation actuelle - identification du risque

Des outils pneumatiques à main sont-ils utilisés

(marteau, burin...)?

Oui Non

Des outils vibrants sont-ils utilisés (perceuse, ponceuse...)?

Oui Non

Des véhicules P.L. ou des engins de chantier sont-ils utilisés ?

Oui Non

Des chariots élévateurs sont-ils utilisés ?

Oui Non

Un risque lié aux vibrations est-il mis en évidence ?

Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire :

Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Diminution des vibrations sur outils par mise en place de protection mousse...
- Choisir des outils antivibratoires.
- Installation de sièges confortables, suspendus dans les engins de chantier ou PL.
- Diminuer la durée d'exposition au risque : alternance des tâches, pauses ...
- Information des salariés.

Unité de travail : Fiche n°5

Risque chimique

Conséquences

Risque d'irritation, d'allergie, de brûlure, d'intoxication, de décès par inhalation ingestion ou exposition cutanée, d'émission de produits chimiques.

Situation actuelle - identification du risque

La liste des produits utilisés est-elle à jour ? Oui Non

Avez-vous des produits irritants Xi, corrosifs C, nocifs Xn, toxiques T? Oui Non

Les salariés sont-ils exposés à ces produits par contact cutané, inhalation ou ingestion ? Oui Non

Les fiches de données de sécurité de ces produits sont-elles présentes et consultées ? Oui Non

Des émissions de fumées, poussières, gaz sont-elles constatées sur certains postes de travail ? Oui Non

Les postes de travail sont-ils correctement ventilés? Oui Non

- par ventilation naturelle ? Oui Non

- par ventilation mécanique ? Oui Non

L'étiquetage des récipients de transvasement est-il fait ? Oui Non

Les salariés sont-ils formés à l'utilisation de ces produits :
Connaissance des pictogrammes, des incompatibilités entre produits, des moyens de protection adéquats? Oui Non

Les zones de stockage sont-elles correctes :
rétention, ventilation... ?

Un risque chimique est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Etude des fiches de sécurité pour remplacer les produits par des moins nocifs.
- Aspiration des vapeurs, fumées à la source : ventilation correcte des locaux.
- Diminution des quantités de produit sur les postes.

- Contrôle du stockage et de l'évacuation des déchets.
- Mise à disposition et port des équipements de protection individuelle adaptés.
- Information des salariés.
- Prévoir les modalités d'action en cas d'accident.

Unité de travail : Fiche n°6

Risque biologique

Conséquences

Risque d'infection, d'intoxication, de réaction allergique ou de cancer suite l'exposition à des agents biologiques.

Situation actuelle-identification du risque

- Certains salariés ont-ils un travail en milieu de soins (médecin, infirmière, laboratoire)? Oui Non
- Certains salariés ont-ils des contacts avec des animaux (travail en abattoir, vétérinaire...)? Oui Non
- Certains salariés ont-ils des contacts avec des cadavres travaux NON funéraires, équarrissage...)? Oui Non
- Certains salariés ont-ils des contacts avec des déchets, des eaux usées personnel de ménage, ramassage des déchets, stations d'épuration des eaux ...)? Oui Non
- Le matériel à usage unique est-il éliminé ? Oui Non
- Les salariés sont-ils tous formés au risque spécifique de leur poste? Oui Non
- Les équipements de protection adéquats sont-ils portés ? Oui Non
- Les salariés ont-ils la possibilité de se laver les mains ? Oui Non
- Un risque biologique est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque

- Respect des précautions d'hygiène.
- Confinement des zones à risque.
- Organisation de la manipulation, du transport des produits contaminants.
- Procédure d'élimination des déchets réalisée et suivie.
- Matériel à usage unique privilégié.
- Information et formation des salariés.
- Vaccination des salariés exposés en règle.
- Port effectif des équipements de protection individuelle adaptés : gants, lunettes, blouse.
- Protocole de la conduite à tenir en cas d'accident avec exposition au sang affiché.

Unité de travail : Fiche n°7

Risque lié à la manutention manuelle

Conséquences

Risque d'atteinte musculaire, tendineuse, vertébrale suite à des traumatismes, efforts physiques, posture incorrecte, gestes répétitifs.

Situation actuelle - identification du risque

Les principaux postes exigeant une manutention importante sont-ils connus ?

Oui Non

L'activité exige-t-elle des manutentions répétées et rapides ?

Oui Non

L'activité exige-t-elle des manutentions de poids élevé?

Oui Non

L'activité exige-t-elle des manutentions difficiles: taille, encombrement, mauvaises prises...?

Oui Non

La manutention impose-t-elle des postures incorrectes: dos plié, jambes tendues, charge à bout de bras...

Oui Non

Les postes de travail sont-ils équipés d'aide à la manutention ?

Oui Non

Les salariés sont-ils formés aux bons gestes de la manutention manuelle (stage gestes et postures)?

Oui Non

Un risque lié à la manutention manuelle est-il mis en évidence ?

Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire :

Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Supprimer ou diminuer les manutentions manuelles au poste.
- Utilisation de transpalette, chariots roulants...
- Mise des charges à niveau: table élévatrice, quai de chargement, hayon...
- Utilisation de moyens de préhension : poignées...
- Formation du personnel à la manutention.
- Mise à disposition et port d'équipements de protection individuelle : gants, chaussures

Unité de travail : Fiche n°8

Risque lié à la manutention mécanique

Conséquences

Risque de blessure souvent grave lié à la circulation d'engins,
à la nature de la charge...

Situation actuelle - identification du risque

- Les appareils de manutention sont-ils entretenus
et vérifiés régulièrement ? Oui Non
- Les moyens de manutention sont-ils adaptés à la charge
à manutentionner : chaînes, élingues... Oui Non
- Les élingues à usage unique sont-elles éliminées ? Oui Non
- Les utilisateurs sont-ils tous formés et recyclés régulièrement? Oui Non
- Les zones de circulation et de manœuvre sont-elles larges,
bien dégagées et éclairées ? Oui Non
- Les sols sont-ils en bon état, propres, réguliers sans trous ? Oui Non
- Les charges sont-elles bien réparties et arrimées ? Oui Non
- La vitesse de circulation des engins est-elle correcte ? Oui Non
- Un plan de circulation est-il en usage (engins, piétons)? Oui Non
- Un risque lié à la manutention mécanique est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Utilisation d'engins conformes à la réglementation
- Entretien régulier du matériel de manutention
- Conduite des engins exclusivement par des salariés formés, habilités et apte médicalement
- Entretien des voies de circulation.
- Respect de la vitesse et de la signalisation.

Unité de travail : Fiche n°9

Risque lié aux déplacements et à la circulation

Conséquences

Risque de blessure lors d'un accident de circulation dans l'entreprise ou à l'extérieur.

Situation actuelle - identification du risque

Les véhicules sont-ils entretenus et vérifiés régulièrement ? Oui Non

Les utilisateurs chauffeurs sont-ils tous formés ? Oui Non

Les zones de circulation sont-elles larges, bien éclairées avec un sol en bon état ? Oui Non

Les zones de manœuvre sont-elles signalées, suffisamment larges, bien dégagées et éclairées ? Oui Non

Les véhicules sont-ils adaptés à l'activité demandée ? Oui Non

Pendant la conduite, y a-t-il utilisation de téléphone portable ou autre moyen de communication ? Oui Non

Un plan de circulation sans zones communes piétons-véhicules est-il en usage? Oui Non

Un risque lié aux déplacements et à la circulation est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Mise en place d'un plan de circulation
- Entretien régulier et réparation des véhicules.
- Conduite des véhicules par des salariés formés, habilités et apte médicalement.
- Entretien des voies de circulation, des zones de manœuvre.
- Respect du code de la route.
- Formation à la conduite en sécurité.

Unité de travail : Fiche n° 10

Risque de chute

Conséquences

Risque de blessure suite à une chute de plain-pied ou de hauteur d'un salarié. **Situation actuelle - identification du risque**

- | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|
| Le sol est-il glissant: huile, déchets, verglas...? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Le sol est-il dégradé : trou, revêtement inégal ... ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Le sol est-il inégal : marche, pente...? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Le sol est-il encombré : palettes, câbles, outils...? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Les zones de passage sont-elles étroites encombrées, mal éclairées ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Faut-il raser des machines dangereuses pour avancer? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| l'accès à des parties hautes est-il nécessaire : toit, armoire, | | |
| Nécessaire : toit, armoire, partie haute de machine ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Utilise-t-on des échelles, escabeaux, nacelles...? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Utilise-t-on des moyens de travail en hauteur bricolés ou inadaptés ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Les escaliers, passerelles sont-ils équipés de main courante ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |
| Un risque de chute est-il mis en évidence ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input type="checkbox"/> |

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Nettoyage immédiatement des sols sales.
- Entretien des revêtements, suppression des inégalités des sols.
- Eclairage suffisant des passages.
- Mise en place de protections antichute : main courante, garde-corps.
- Supprimer les zones avec des différences de niveau.
- Utilisation des protections individuelles : harnais, lignes de vie, chaussures antidérapantes
- Formation du personnel à la sécurité.

Unité de travail : Fiche n°11

Risque lié aux chutes d'objets

Conséquences

Risque de blessure suite à la chute d'objets stockés en hauteur ou d'effondrement de moyens de stockage.

Situation actuelle - identification du risque

- Des objets sont-ils stockés en hauteur : étagères, racks...? Oui Non
- Les zones de stockage sont-elles bien délimitées, facilement accessibles ... ? Oui Non
- Les palettes sont-elles en bon état, vérifiées...? Oui Non
- Les palettes défectueuses sont-elles mises hors circuit ? Oui Non
- Les moyens de stockage sont-ils adaptés aux charges : poids, encombrement...? Oui Non
- Des objets sont-ils empilés sur de grandes hauteurs, en équilibre précaire...? Oui Non
- Un risque de chute d'objets est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Organisation correcte des stockages : emplacement, accessibilité.
- Utilisation de matériel de stockage adapté aux charges.
- Limitation des hauteurs de stockage.
- Installation de protections pouvant retenir les objets en cas de chute.
- Vérification régulière des palettes.
- Utilisation des protections individuelles : casque, chaussures...

Unité de travail : Fiche n°12

Risque lié aux machines et aux outils

Conséquences

Risque de blessure (coupure - écrasement - fracture...) par machine ou outil.

Situation actuelle - identification du risque

- La mise en conformité du parc machines est-elle terminée ? Oui Non
- Des parties mobiles, dangereuses de machine sont-elles accessibles aux salariés ? Oui Non
- Existe-t-il un risque de projection de liquide sous pression, de copeaux ? Oui Non
- Tout outil défectueux est-il immédiatement signalé et réparé ou éliminé ? Oui Non
- Toute intervention sur une machine est-elle signalée avec respect des consignes de sécurité ? Oui Non
- Utilise-t-on des outils tranchants ? Oui Non
- Utilise-t-on des outils portatifs : scie, tronçonneuse, meuleuse ? Oui Non
- Existe-t-il un risque d'écrasement entre des équipements de la machine et des éléments fixes (paroi, pilier...)? Oui Non
- Les dispositifs de sécurité des machines sont-ils présents, efficaces et non shuntés ? Oui Non
- Les salariés sont-ils formés aux risques de leur poste de travail ? Oui Non
- Un risque lié aux machines et aux outils est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Mise en conformité des machines à la réglementation
- Utilisation des machines selon les recommandations du fabricant.
- Vérification de l'utilisation, du bon état et du bon fonctionnement des dispositifs de protection.
- Contrôle régulier des arrêts d'urgence.
- Port des équipements de protection individuelle : lunettes, gants...
- Information et formation des salariés.

Unité de travail : Fiche n°13

Risque lié à l'électricité

Conséquences

Risque grave de brûlure, d'électrisation de salariés.

Situation actuelle - identification du risque

- Existe-t-il dans l'entreprise des conducteurs nus, sous tension accessible aux salariés ? type armoire électrique ouverte... Oui Non
- Les intervenants de l'entreprise ont-ils une habilitation électrique ? Oui Non
- Existe-t-il dans l'entreprise du matériel électrique défectueux connu uniquement de certains... Oui Non
- Tout matériel électrique défectueux est-il immédiatement signalé et réparé ou éliminé? Oui Non
- Toute intervention sur une installation électrique est-elle signalée avec respect des consignes de sécurité ? Oui Non
- Les installations sont-elles vérifiées régulièrement ? Oui Non
- Les remarques des rapports de vérification sont-elles traitées ? Oui Non
- Un risque lié à l'électricité est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque

- Installation et maintenance électrique par des professionnels habilités.
- Contrôle régulier des installations.
- Traitement immédiat de toute anomalie électrique.
- Fermeture des armoires électriques.
- Habilitation des salariés devant intervenir sur des installations électriques.
- Information des salariés du risque électrique.

Unité de travail : Fiche n°14

Risque d'incendie ou d'explosion

Conséquences

Risque de blessure, de brûlure souvent grave de salariés. Risque de dégâts matériels importants.

Situation actuelle - identification du risque

Existe-t-il dans l'entreprise des produits étiquetés inflammable

F ou F+, explosif E, comburant O?

Oui Non

Existe-t-il dans l'entreprise d'autres produits inflammables

comme papier, bois, gaz ... ?

Oui Non

Existe-t-il dans l'entreprise un risque de mélange de produits incompatibles ?

Oui Non

Existe-t-il dans l'entreprise des sources d'inflammation

électrique, mécanique, thermique : soudure, meulage, étincelles

électriques , particules incandescentes...?

Oui Non

Existe-t-il dans l'entreprise des secteurs où sont entreposés

bidons ouverts, vieux chiffons...?

Oui Non

Les zones à risque d'explosion sont-elles définies et bien délimitées...?

Oui Non

Les matériels de lutte contre l'incendie sont-ils adaptés, accessibles, vérifiés...?

Oui Non

Les salariés sont-ils formés pour le risque incendie ?

Oui Non

Un plan d'évacuation existe-t-il ? Est-il testé ?

Oui Non

Un risque d'incendie ou d'explosion est-il mis en évidence ?

Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire :

Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Stockage des produits dangereux hors secteur de production.
- Remplacer les produits inflammables ou explosifs par des moins dangereux.
- Eloignement des sources d'inflammation : soudure, flamme...
- Installation de matériel électrique antidéflagrant, mise à la terre...
- Installation et vérification de moyens de détection, d'alarme et d'extinction

- Installation de protection mur et porte coupe-feu...
- Signalisation des zones d'interdiction de fumer.
- Formation et entrainement d'évacuation des salariés.

Unité de travail : Fiche n° 15

Risque lié au travail sur écran

Conséquences

Risque - de fatigue visuelle, génératrice de gêne à la vision et d'erreurs dans l'activité.
- de troubles musculaires, tendineux.

Situation actuelle - identification du risque

L'écran est-il positionné correctement, sans rayon

Lumineux éblouissant sur l'écran ? Oui Non

Les fenêtres placées devant ou derrière l'écran sont-elles équipées de stores à lamelles ? Oui Non

Le poste de travail est-il bien agencé permettant une posture de travail correcte tout le temps ? Oui Non

Le travail sur écran est-il discontinu permettant une alternance de tâches? Oui Non

Les salariés sont-ils formés à l'utilisation des logiciels de l'entreprise ? Oui Non

Un risque lié au travail sur écran est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque : Oui Non

Action de prévention prioritaire :

Exemples de maîtrise du risque :

- Réflexion sur l'emplacement des écrans dès la conception des bureaux,
- Prises électriques suffisantes et câblage informatique assez long.
- Fenêtres équipées de stores réglables.
- Alternance des tâches permettant des interruptions du travail sur écran.
- Utilisation de logiciels à paramètres réglables : couleur et taille des caractères, fond d'écran...,
- Formation des salariés.

Unité de travail : Fiche n° 16

Risque lié aux rayonnements

Conséquences

Risque d'atteinte locale (peau - oeil) ou générale avec effets irréversibles possibles.

Situation actuelle - identification du risque

- Utilisez-vous des lasers de classe 2, 3 ou 4 ? Oui Non
- Précisions Avez-vous une personne sécurité laser ? Oui Non
- Les équipements de protection sont-ils portés, en particulier
Des lunettes spécifiques de la longueur d'onde du laser? Oui Non
- Utilisez-vous des sources de rayonnement ionisant
ou (médicale, industrielle...)? Oui Non
- Avez-vous une personne compétente en radioprotection ? Oui Non
- Les salariés sont-ils formés à l'utilisation de ces sources ? Oui Non
- Faites-vous du soudage à l'arc ? Oui Non
- Un risque lié aux rayonnements est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Organisation du travail : accès aux zones contrôlées, aux lasers.
- Utilisation d'écrans de protection.
- Contrôle régulier des sources.
- Dépannage et maintenance par des salariés habilités et formés.
- Formation des salariés à l'utilisation du matériel.
- Information des salariés sur les risques des rayonnements.
- Port d'équipements de protection individuelle spécifique du risque.

Unité de travail : Fiche n°17

Risque lié au manque d'hygiène

Conséquences

Risque sanitaire. Risque de contamination d'individus et de produits dans les professions de la restauration, de la santé.

Situation actuelle - identification du risque

- Existe-t-il des sanitaires en nombre suffisant,
homme/femme ? Oui Non
- Sont-ils nettoyés et désinfectés régulièrement ? Oui Non
- Existe-t-il des vestiaires en nombre suffisant, homme/femme ? Oui Non
- Existe-t-il des douches dans le cas de travaux salissants ? Oui Non
- Existe-t-il des points d'eau potable ? Oui Non
- Existe-t-il une salle de repos ? Oui Non
- Tous ces locaux sont-ils correctement entretenus ? Oui Non
- L'interdiction de manger au poste de travail est-elle respectée ? Oui Non
- Les produits pour se laver les mains sont-ils adéquats ? Oui Non
- L'usage de solvants pour se laver les mains est-il interdit ? Oui Non
- Les vêtements de travail sont-ils lavés régulièrement ? Oui Non
- Du matériel de premier soin est-il présent, vérifié... ? Oui Non
- Un risque lié au manque d'hygiène est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque

- Mise à disposition de sanitaires et vestiaires en nombre suffisant, propres, homme/femme.
- Mise à disposition de points d'eau, de vêtements de travail lavés régulièrement
- Mise à disposition de produits de lavage des mains adaptés.

Unité de travail : Fiche n°18

Risque lié à l'organisation de la sécurité et des secours

Situation actuelle - identification du risque

- Y a-t-il un animateur sécurité dans votre entreprise ? Oui Non
- Est-il régulièrement formé ? Oui Non
- Réalisez-vous des visites de sécurité régulières dans votre entreprise ? Oui Non
- Tous les salariés ont-ils bénéficié d'une formation à la sécurité en rapport avec leur poste de travail ? Oui Non
- Des équipements de protection individuelle entretenus, adaptés aux risques de l'entreprise, sont-ils portés par les salariés ? Oui Non
- Les demandes des salariés, relatives à la sécurité, sont-elles analysées ? Oui Non
- En cas de nouvelle technique de production, construction, modification d'équipements, nouveau produit utilisé Les questions de sécurité et de santé sont-elles prises en compte ? Oui Non
- Un plan d'organisation des secours est-il en fonction dans l'entreprise ? Oui Non
- Les numéros de téléphone d'urgence sont-ils affichés visiblement dans chaque atelier ? Oui Non
- Y a-t-il des sauveteurs secouristes du travail dans votre entreprise ? Oui Non
- Sont-ils recyclés annuellement ? Oui Non
- Un risque lié à l'organisation de la sécurité et des secours est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Présence d'un animateur de sécurité.
- Formation à la sécurité des salariés à leur embauche, puis régulièrement
- Intégration de la sécurité dans la culture de l'entreprise.
- Procédure d'organisation des secours réalisée et testées.

Unité de travail : Fiche n°19

Risque lié à l'organisation du travail

Situation actuelle - identification du risque

- Y a-t-il des horaires de travail fixes de nuit ? Oui Non
- Y a-t-il des horaires de travail en équipes alternantes 2X8 - 3X8 ? Oui Non
- Y a-t-il des horaires de travail de week-end ? Oui Non
- Les pauses sont-elles réellement prises? Oui Non
- Travaille-t-on dans l'urgence ? Oui Non
- Les salariés se plaignent-ils de stress? Oui Non
- Y a-t-il des exigences élevées au poste de travail avec un faible niveau d'initiative ? Oui Non
- Y a-t-il participation du salarié à la finalité de son travail ? Oui Non
- Y a-t-il un risque de violence ou d'agression du salarié à son poste? Oui Non
- Y a-t-il contact du salarié avec le public ? Oui Non
- La formation des salariés est-elle régulièrement faite? Oui Non
- Y a-t-il des salariés à des postes de travail isolé ? Oui Non
- Un risque lié à l'organisation du travail est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Postes de travail en journée possibles (reclassement des travailleurs postés).
- Accueil au poste de travail systématique avec explication des règles de sécurité.
- Consignes de sécurité aux postes rédigées et testées.
- Formation professionnelle des salariés régulière.
- Communication dans l'entreprise efficace.
- Autonomie au poste et participation du salarié aux objectifs.

Unité de travail : Fiche n°20

Risque lié à l'intervention d'entreprises extérieures

Conséquences

Risque d'accident lié aux activités respectives des entreprises et à la méconnaissance des risques spécifiques des autres entreprises.

Situation actuelle - identification du risque

Les services d'entreprises extérieures sont-ils utilisés :

nettoyage, gardiennage, maintenance, restauration... ? Oui Non

Les salariés des entreprises intervenantes sont-ils informés

des risques spécifiques de l'entreprise utilisatrice? Oui Non

Les salariés des entreprises intervenantes sont-ils informés

des consignes de sécurité de l'entreprise utilisatrice? Oui Non

Les salariés des entreprises intervenantes sont-ils informés

du plan de circulation de l'entreprise utilisatrice? Oui Non

Un plan de prévention est-il établi en commun? Oui Non

Un risque lié à l'intervention d'entreprises extérieures est-il mis en évidence ?

Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Inspection commune des lieux de travail avec les entreprises extérieures.
- Rédaction en commun d'un plan de prévention.
- Information des entreprises extérieures sur les risques, consignes de sécurité.
- Fourniture d'équipements de protection individuelle spécifiques des risques de l'entreprise.

Unité de travail : Fiche n°21

Risque lié au recours à des intérimaires

Situation actuelle - identification du risque

Une visite de l'entreprise est-elle faite pour chaque Précisions intérimaire ?

Oui Non

Une information sur l'entreprise et ses risques est-elle donnée à l'accueil de l'intérimaire ?

Oui Non

L'intérimaire est-il informé et formé aux risques de son poste ?

Oui Non

L'information de l'entreprise de travail temporaire est-elle faite ?

Oui Non

Des intérimaires sont-ils affectés à des postes à risque particulier ?

Oui Non

Ont-ils alors une formation renforcée à la sécurité ?

Oui Non

Les équipements de protection individuelle sont-ils fournis aux intérimaires ?

Oui Non

Un risque lié au recours à des travailleurs intérimaires est-il mis en évidence ?

Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire :

Oui Non

Exemples de maîtrise du risque :

- Information de tout travailleur intérimaire sur les risques de l'entreprise.
- Formation précise, complète par la maîtrise aux risques spécifiques du poste.
- Mise à disposition des consignes de sécurité.
- Fourniture d'équipements de protection individuelle spécifiques des risques de l'entreprise.

Unité de travail : Fiche n°22

Accidents du travail : indicateurs de risque

Situation actuelle - identification du risque

Connaissez-vous le nombre annuel d'accidents du travail dans votre entreprise ? Oui Non

Connaissez-vous le nombre annuel de jours d'arrêt Pour accident du travail dans votre entreprise ? Oui Non

Ces nombres augmentent-ils depuis plusieurs années ? Oui Non

Y a-t-il des secteurs de votre entreprise où les accidents du travail sont fréquents ? Oui Non

Quelle est la cause des accidents les plus fréquents ? Oui Non

Les accidents du travail sont-ils tous analysés, à la recherche des causes ? Oui Non

Avez vous des maladies professionnelles déclarées dans Dans votre entreprise ? Oui Non

Un risque révélé par les accidents de travail est-il mis en évidence ?

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non

Unité de travail : Fiche n°23

Risques divers

Situation actuelle - identification du risque

Avez-vous pratiqué un diagnostic amiante dans votre entreprise ? Oui Non

Les mesures de prévention, suite à ce diagnostic, ont-elles été prises? Oui Non

Avez-vous organisé la collecte de vos déchets industriels ? Oui Non

Utilisez-vous des systèmes de climatisation ? Oui Non

La maintenance et le contrôle de ces systèmes de climatisation est-il régulièrement réalisé ? Oui Non

Utilisez-vous des fluides sous pression ? Oui Non

La maintenance et le contrôle des installations d'air comprimé est-il régulièrement réalisé ? Oui Non

Avez-vous une ventilation générale de vos locaux de travail ? Oui Non

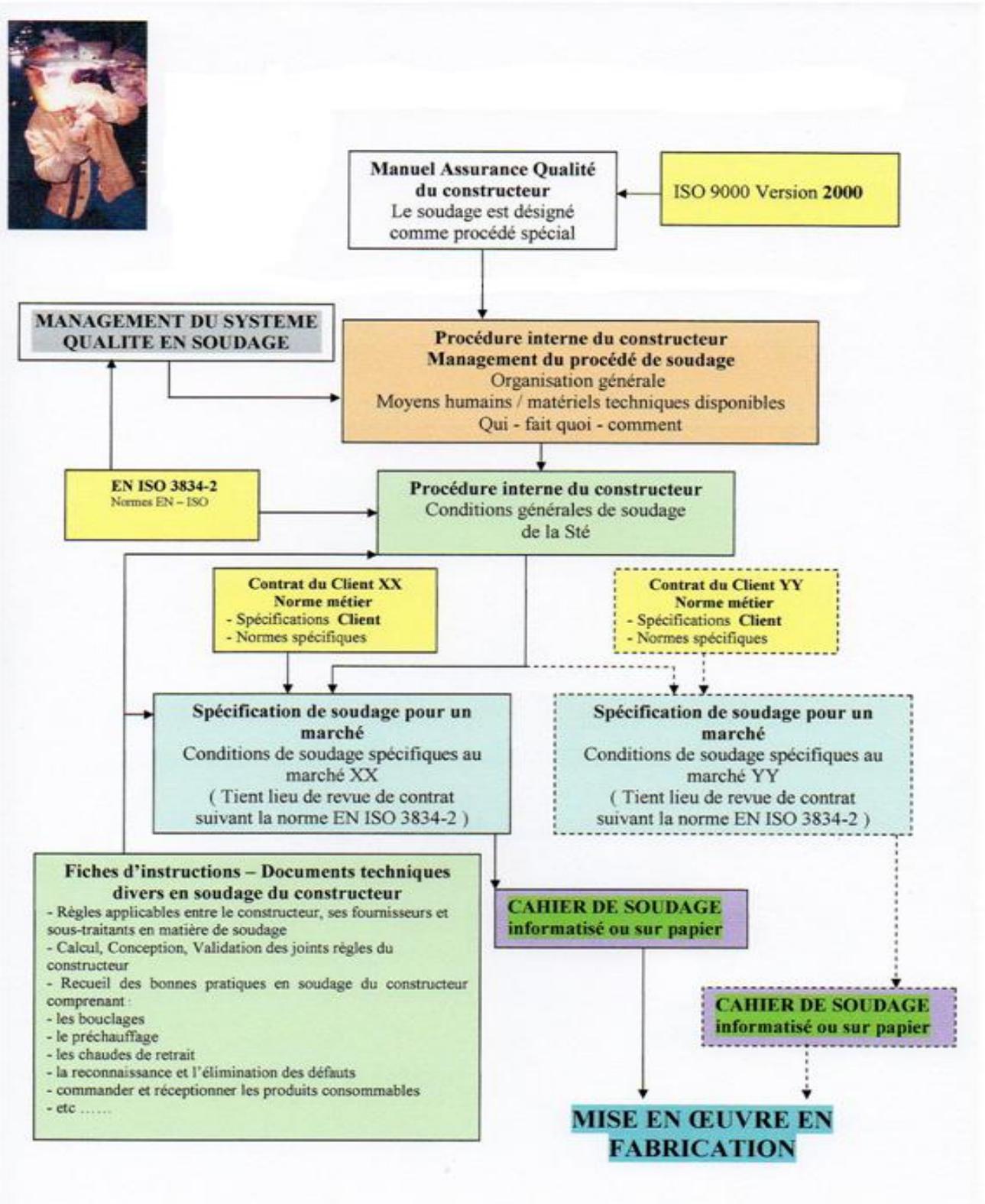
Les zones à pollution spécifique sont-elles correctement ventilées ? Oui Non

Toutes les anomalies signalées sont-elles rapidement traitées ? Oui Non

Un risque est-il mis en évidence ? Oui Non

Evaluation du niveau de risque :

Action de prévention prioritaire : Oui Non



Organisation du système AQ soudage chez le constructeur [24]