

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY  
مختار عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

## MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
MASTER

## INTITULE

CONCEPTION MECATRONIQUE DU PROCESSUS  
D'OXYCOUPAGE ET DE NETTOYAGE DES  
TUBES "ALFAPIPE"

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MECATRONIQUE

PRESENTE PAR : ZAOUI NOUREDDINE

DIRECTEUR DU MEMOIRE : A. ABDERRAHMANE MC-A

### DEVANT LE JURY

PRESIDENT : A. BOUCHELACHEM  
UNIVERSITE ANNABA

Grade : Pr

EXAMINATEURS :

- L. LAOUAR  
UNIVERSITE ANNABA

Grade : Pr

- A. ABDERRAHMANE  
UNIVERSITE ANNABA

Grade : MC-A

- R. BOURENANE  
UNIVERSITE ANNABA  
- B. BOUZITOUNA  
UNIVERSITE ANNABA

Grade : MC-A

Grade : MA-A

Année : 2012/2013

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail de fin d'étude à la  
personne la plus exceptionnelle, l'être le plus  
cher à mon cœur.*

*A mon père, merci PAPA.*

*Et à*

*Celle qui a éclairé ma route et guidé mes pas  
Celle qui a sacrifié ses rêves pour voir les miens  
réalisés*

*Celle qui a sacrifié sa vie pour voir la mienne  
Celle qui sans elle je ne serai jamais arrivé là...*

*MAMAN*

*A ma sœur Fatmazohra, A mes frères Hamza  
et M<sup>ed</sup> Housem eldinne, à qui je souhaite  
beaucoup de réussite*

*A ma fiancée, la femme de ma vie Besma que  
Dieu me la garde.*

*A tous mes amis sans exception*

*Noureddine*

## **Remerciement**

*Je tiens tout d'abord à exprimer mes plus vifs remerciements au président du jury **Mr A. BOUCHELAGHEM**, pour l'intérêt qu'il porte à ce thème et pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Je ne saurais trop remercier nos examinateurs pour nous avoir fait l'honneur d'accepter notre évaluation.*

*Je désire exprimer mon gratitude à mon encadreur: **Mr.A.ABDERRAHMANE**, pour m'avoir guidé dans la réalisation de ce travail, par sa patience et ses critiques constructives qui ont su me mettre dans la bonne voie.*

*Mes remerciements à tous mes professeurs, le personnel du département de mécanique pour leur contribution à ma réussite.*

*Un grand merci à **Mr.Hamza** pour sa gentillesse, son aide et son soutien et surtout pour sa disponibilité.*

## **SOMMAIRE**

### **I. INTRODUCTION**

I. I. QU'EST-CE-QUE LAMECATRONIQUE .....	01
I.1.1.Description.....	02
I.1.2.Les contraintes de mise en œuvre .....	03
I.1.3.Application.....	04

I.2. VUE GENERALE SUR LE COMPLEXE D'EL-HADJAR .....	05
I.2.1.Historique du complexe D'EL-HADJAR .....	05
I.2.2.Structure générale du complexe .....	06
I.2.3.Produits du complexe D'EL-HADJAR.....	07
I.3. PRESENTATION DE L'UNITE ALFA PIPE ANNABA.....	08
I. 3.1. Historique. ....	08
I. 3.2. Choix d'implantation de la tuberie spirale .....	09
I. 3.3.Les produits de l'unité ALFA-PIPE ANNABA.....	09
I.3.4.Organisation fonctionnelle ALFA-PIPE ANNABA.....	10
I.3.5.Organigramme de l'unité ALFA-PIPE ANNABA .....	11
I.3.5.Structure de l'unité .....	11
I.3.6.Les installation de la tuberie spirale.....	12
I.3.7.Pour quoi les tubes sont soudés en spirale et non en longitudinale ? .....	15
I.3.8. processus de fabrication .....	16
I.4. LES PROCEDES USUELS DE DECOUPAGE .....	23
I.4.1.L'oxycoupage.....	23
I.4.2.Le .....	découpage
plasma.....	24

I.5.DEFINITION DE SUJET .....	25
I. 6. PROBLEMATIQUE .....	25
<b>II ETUDE CONSTRUCTIVE</b>	
II. 1. Description de système .....	26
II.2.Caractéristiques de système.....	32
II.2.1.Les caractéristiques de système d'oxycoupage .....	32
II.2.2.Les caractéristiques de système de nettoyage .....	33
II.3.GENERALITES SUR LES ENGRENAGES .....	35
II.3.1.La typologie des engrenages .....	35
II.3.2.Rapport de transmission entre deux roues dentées 1 et 2 .....	35
II.3.3. Les principales caractéristiques des transmissions par engrenages.....	36
II.3.4Génération des dents.....	36
II.3.5La représentation normalisée des engrenages .....	39
II.4.GENERALITES SUR LES REDUCTEURS .....	40
II.4.1.Rôle d'un réducteur .....	40
II.4.2Critères et dimensionnement d'un réducteur .....	41

II.5.1. SCHEMA CINEMATIQUE DU REDUCTEUR (DISPOSITIF DE SERRAGE).....	43
II.5.1.1. Calcul de vérification pour les dimensions et les caractéristiques du réducteur.....	44
II.5.2. SCHEMA CINEMATIQUE DU REDUCTEUR (DISPOSITIF DE SERRAGE).....	48
II.5.2.1. Calcul de vérification pour les dimensions et les caractéristiques du réducteur.....	49
 <b>III. LES CAPTEURS</b>	
III. 1. DEFINITION .....	51
III.2. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES CAPTEURS .....	52
III.3. CLASSIFICATION DES CAPTEURS.....	54
III.3.1.Classification suivants les types de sortie .....	56
III.3.2.Principes physiques courants exploités par les capteurs .....	57
III.4. LES DETECTEURS DE POSITION .....	57
III.5.LES INTERRUPTEURS DE PROXIMITE INDUCTIFS .....	60
III.6.LES INTERRUPTEURS DE PROXIMITE CAPACITIFS.....	61
III.7. LES INTERRUPTEURS DE PROXIMITE PHOTOELECTRIQUES .....	62
III.8. CHOIX DES CAPTEURS .....	63
III.8.1.Critère de choix.....	63
III.8.2.Choix des capteurs utilisés dans notre application.....	65
III.9. INSTALLATION DES CAPTEUR .....	70

III.10.FONCTIONNEMENT DES CAPTEURS DANS NOTRE PROCESSUS.....	71
III.10.1.Fonctionnement des capteurs du système d'oxycoupage.....	71
III.10.2.Fonctionnement des capteurs du système de nettoyage .....	73

#### **IV. ETUDE D'UN MICROCONTROLEUR PIC 16F84A**

IV. 1. CHOIX D'UNE COMMANDE A BASE D'UN PIC.....	75
IV. 2. GENERALITES.....	75
IV. 3. LES MICROCONTROLEURS.....	76
IV. 3.1. Qu'est-ce qu'un microcontrôleur ? .....	76
IV. 3.2. Intérêt des microcontrôleurs .....	77
IV. 4. DESCRIPTION D'UN MICROCONTROLEUR PIC .....	78
IV. 4.1. Les différentes familles des PIC .....	79
IV. 4.2.Quelque familles de Microcontrôleurs PIC .....	79
IV. 5. LE MICROCONTROLEUR PIC 16F84A .....	81
IV. 5.1. Caractéristiques du PIC 16F84A .....	82
IV. 5.2. Brochage et caractéristiques principales .....	82
IV. 5.2. Architecture interne .....	83
IV. 6. DESCRIPTION DES REGISTRES DU PIC 16F84A .....	87
IV. 7. STRUCTURE INTERNE DU PIC 16F84A.....	88

IV. 8. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU PIC .....	90
IV. 9. LE CHOIX D'UN PIC .....	91
<b>V. CONCEPTION D'UNE CARTE DE COMMANDE A BASE D'UN PIC 16F84A</b>	
V. 1. CHOIX D'UN MODELE .....	93
V. 1.1. L'horloge système .....	94
V. 1.2. Circuit de reset .....	95
V. 1.3. L'interruption.....	95
V. 2. DEFINITION DE FONCTION .....	98
V. 3. CONCEPTION D'UNE CARTE ELECTRONIQUE .....	98
V. 3.1. Le matériel nécessaire .....	99
V. 4. DESCRIPTION DES COMPOSANTS.....	99
V. 5. CAHIER DES CHARGES .....	106
V. 6. LES ENTREES – SORTIES .....	108
<b>VI. SIMULATION</b>	
VI. 1. LES LOGICIELS DE DEVELOPPEMENT .....	110
<b>CONCLUSION</b>	
<b>ANNEXE</b>	
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	



<b>ENTREES</b>	<b>Fonction</b>	<b>SORTIES</b>	<b>Fonction</b>
<b>PT1</b>	Interrupteur de proximité présence tube devant table 1	<b>GAZ</b>	Ouverture vanne gaz
<b>PT2</b>	Interrupteur de proximité présence tube devant table 2	<b>IMP</b>	Impulsion électrique pour l'allumage
<b>PT3</b>	Interrupteur de proximité présence tube devant table 3 réglable suivant longueur tube	<b>LAM</b>	Lampe témoin pour début de coup
<b>FCLS</b>	Fin course limite serrage tube	<b>LAR SER</b>	Marche arrière serrage (desserrage)
<b>FCLD</b>	Fin de course limite Desserrage tube	<b>LAV RET CH</b>	Marche avant retour chariot
<b>FCAC</b>	Fin course limite avancement chariot	<b>LAV SER</b>	Marche avant serrage (serrage tube)
<b>FCRC</b>	Fin de course limite Retour chariot	<b>OXY</b>	Ouverture vanne d'oxygène
<b>FC1</b>	Fin de course Position basse table 1	<b>S51 L2</b>	Distributeur descente table 1
<b>FC2</b>	Fin de course Position basse table 2	<b>S52 L3</b>	Distributeur descente table 2
<b>FC3</b>	Fin de course Position basse table 3	<b>S53 L2</b>	Distributeur descente table 3
<b>P</b>	Pressostat	<b>S61 L1</b>	Distributeur levée table 1
<b>T</b>	Thermocouple	<b>S64 L1</b>	Distributeur levée table 2

<b>I</b>	Impulsions électriques	<b>S67 L1</b>	Distributeur levée table 3
<b>INM</b>	Interrupteur de proximité présence tube au magasin	<b>BRAS</b>	Electrovanne pour vérin simple effet
<b>INT</b>	Interrupteur de proximité présence tube sur la table	<b>EBL H</b>	Electrovanne pour vérin double effet
<b>INB</b>	Interrupteur de proximité présence tube contre buté	<b>EVA</b>	Evacuation tube
<b>ING</b>	Interrupteur de proximité détection position des bras	<b>F&amp;D</b>	Fin de nettoyage descente table
<b>INEBL</b>	Interrupteur de proximité détection position des EBL	<b>MAG H</b>	Electrovanne pour vérin simple effet
<b>FC1</b>	Fin de course Position basse table	<b>NET</b>	Nettoyage
<b>FC2</b>	Fin de course Position haute table	<b>VIREUR</b>	Moteur 2.37 KW un seul sens de rotation
<b>CM</b>	Commutateur mode manuel automatique	<b>TABLE DESCENTE</b>	Electrovanne pour vérin double effet descente table
<b>DP</b>	Départ cycle	<b>TABLE MONTEE</b>	Electrovanne pour vérin double effet montée de la table
<b>FLO</b>	Flotteur détecteur niveau de niveau bas d'huile	<b>TRO AV</b>	Ligne de 5 moteur 1.5 KW pour transporter le tube en avant
<b>RT P</b>	Relai thermique	<b>MAG H</b>	Electrovanne pour vérin simple effet
<b>RT V</b>	Relai thermique	<b>NET</b>	Nettoyage
<b>SECT P</b>	Sectionneur porte fusible	<b>VIREUR</b>	Moteur 2.37 KW un seul sens de rotation
<b>SECT TRO</b>	Sectionneur porte fusible	<b>TABLE DESCENTE</b>	Electrovanne pour vérin double effet descente table

## **BUFFER / LATCH**

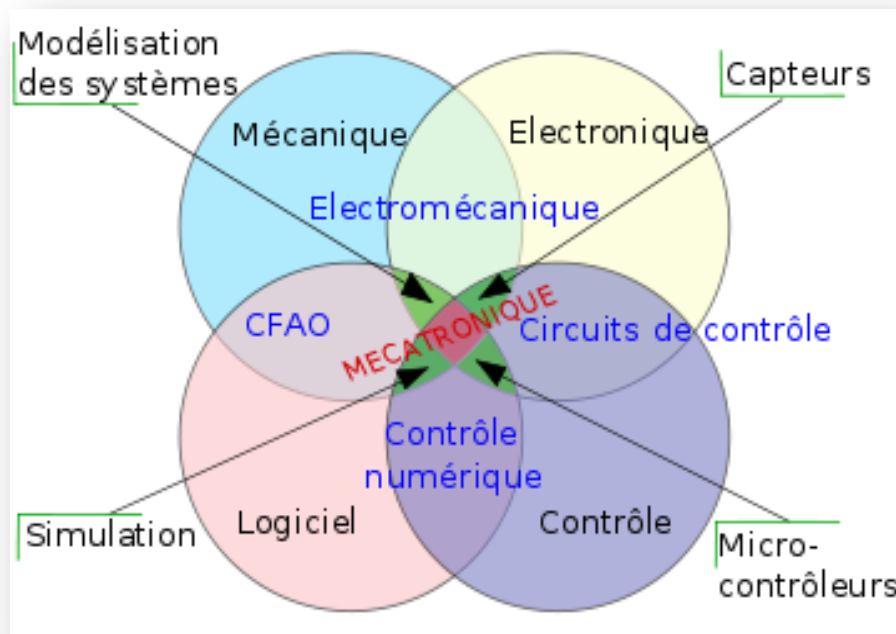
<b>SECT V</b>	Sectionneur porte fusible	<b>TABLE MONTEE</b>	Electrovanne pour vérin double effet montée de la table
<b>TEMPO</b>	TIMER	<b>TRO AV</b>	Ligne de 5 moteur 1.5 KW pour transporter le tube en avant

1.

	NOM	ADRESSE	ADRESSE	NOM	
<b>BUFFER 1</b>	FCT1	0	0	GAZ	<b>LATCH 1</b>
	FCT2	1	1	IMP	
	FCT3	2	2	LAM	
	FCLD	3	3	LAR SER	
	FCRC	4	4	LAV RET CH	
	PT3	5	5	LAV SER	
	PT1	6	6	OXY	
<b>BUFFER 2</b>	PT2	7	0	S51L2	<b>LATCH 2</b>
	FCAC	0	1	S52L2	
	FCLS	1	2	S53L2	
	P	2	3	S61L2	
<b>BUFFER 3</b>	T	3	4	S64L2	<b>LATCH 3</b>
	CM	0	5	S67L2	
	DP	1	0	BRAS	
	FC2	2	1	EBL H	
	FC1	3	2	EVA	
	FLO	4	3	F&D	
	InM	5	4	MAG H	
InT	6	5	NET		
<b>BUFFER 4</b>	InB	7	6	POMPE	<b>LATCH 4</b>
	InG	0	0	TABL_DES	
	InEBL	1	1	TABL_MNT	
	RTP	2	2	TRO AR	
	RTV	3	3	TRO AV	
	SECT P	4	4	VIRREUR	
	SECT TRO	5			
SECT V	6				

## INTRODUCTION

### I.1. QU'EST-CE QUE LA MECATRONIQUE ?



**Figure  
I.1 : la**

### **mécatronique**

Un diagramme de Vienne montrant la mécatronique comme génie pluridisciplinaire, impliquant la synergie de plusieurs sciences de l'ingénieur.

La **MECATRONIQUE** est un néologisme qui caractérise l'utilisation simultanée et l'étroite symbiose des techniques de Génie **MECA** nique, de l'elec **TRON** ique, de l'automatisme et de la micro-informat **IQUE**.

Le terme *mechatronics* a été introduit par un ingénieur de la compagnie japonaise « yaskawa » en 1969, le terme *mécatronique* est apparu officiellement en France dans le *Larousse* 2005.

La mécatronique est la combinaison synergique et systémique de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique temps réel. L'intérêt de ce domaine d'ingénierie interdisciplinaire est de concevoir des systèmes automatiques puissants et de permettre le contrôle des systèmes complexes.

La mécatronique se positionne comme une approche globale et non pas une juxtaposition de compétences, d'où la nécessité de former des hommes responsables, capables de trouver des solutions innovantes, d'animer une équipe pluridisciplinaire et d'intervenir à tous les niveaux d'un système de production intégré.

En fait, la mécatronique vise à générer une nouvelle démarche de réflexion scientifique de l'ingénieur qui est destinée à des personnes possédant une grande ouverture d'esprit et dont le but est d'envisager de nouvelles façons de concevoir et de produire, de créer des nouveaux produits plus performants et de nouvelles machines.

### **I.1.1. Description**

#### **Système mécatronique**

Un système mécatronique a pour finalité une action physique réalisée par un mécanisme. Ces systèmes, pour répondre à la complexité croissante des actions, intègrent intimement trois technologies : la mécanique, l'électronique et l'informatique dès la conception.

L'ingénierie d'un tel système mécatronique nécessite la conception simultanée et pluridisciplinaire de 3 sous-systèmes :

- ✚ Une partie opérative : squelette et muscle du système à dominante Mécanique et Electromécanique,
- ✚ Une partie commande : intelligence embarquée du système à dominante Electronique et Informatique Temps Réel,
- ✚ Une partie interface Homme/Machine : forme géométrique et dialogue du système à dominante Ergonomique et Esthétique.

Une approche globale permet aussi de réduire les coûts, d'augmenter la fiabilité et la modularité.

- **Processus d'intégration**

L'intégration, bien plus que la mécatronique, l'approche processus d'intégration est une démarche rigoureuse et adaptée pour augmenter la fonctionnalité et la fiabilité des systèmes exposés à des environnements éprouvants et variables, tout en réduisant les coûts, le poids, le volume et les délais de développement.

Un processus qui ne peut être assimilé qu'en situation d'apprentissage professionnel, car seul cette posture expose l'apprenti ingénieur intégrateur à la réalité draconienne des contraintes industrielles agissant sur un projet mécatronique.

- **La fiabilité**

Les dispositifs mécatroniques sont utilisés pour piloter des systèmes et rétroagir pour s'adapter aux conditions variables de fonctionnement, pour surveiller leur état (solicitation, fatigue ...), réaliser leur maintenance... Ce domaine très vaste reste complexe (accès aux informations, compétence en électronique et mécanique, répartition des fonctions, fiabilité et sécurité...). Il nécessite des moyens importants et entraîne des coûts élevés.

L'intégration de ces techniques a débuté dans l'aéronautique, suivie par les transports et actuellement l'automobile. Dans le futur, ce terme intéressera des secteurs mécaniques comme les machines, le levage, etc. Les applications industrielles devront à terme faire partie du savoir-faire spécifique de l'entreprise,

l'intégration des capteurs reste toujours le problème du mécanicien. la tendance est au partenariat technologique ; seuls certains grands ensembliers considèrent cette technologie comme totalement stratégique.

Bien que la fiabilité et la sécurité de l'électronique se soient améliorées, une réflexion globale sur le système ou le processus est nécessaire avant d'intégrer la technologie et les spécificités « métier ». Les appareils et les systèmes doivent résister aux interférences électromagnétiques dans des environnements toujours plus perturbés et leur compatibilité électromagnétique doit être étudiée puis validée pour assurer la sécurité et la fiabilité du fonctionnement. Des méthodes de vérification du logiciel système ou utilisateur doivent être développées pour assurer que la commande répond bien aux besoins et n'entraîne pas des situations dangereuses.

Les outils de simulation de systèmes et d'automatismes font partie des solutions permettant de définir une stratégie de commande indépendante des défaillances mécaniques, électroniques ou de l'utilisateur.

Les développements futurs se dirigent vers les réseaux neuronaux et les boucles d'asservissement en logique floue.

### **I.1.2. Les contraintes de la mise en œuvre**

#### **Notion de transversalité**

La mécatronique exige de penser les produits et les procédés d'une manière transverse.

La mécatronique fait « éclater les murs », avec un pilotage matriciel. Le pilotage au plus haut niveau de l'entreprise est dans ce cadre essentiel, afin d'avoir les moyens en face des besoins à mettre en œuvre.

La conception ne doit plus se faire d'une manière séquentielle : la démarche mécatronique nécessite de penser le produit dans son ensemble (tous les domaines de compétence à la fois) et non pas en séparant la partie mécanique, puis l'électronique, puis les capteurs actionneurs, puis l'informatique, au risque d'atteindre des surcoûts rédhibitoires.

Le chef de projet doit maîtriser les différents domaines, et non être un expert dans l'une des technologies mécatroniques : Il faut absolument éviter de regarder le projet avec un œil de mécanicien ou d'électronicien. Le pilotage est ici, plus qu'ailleurs, le rôle d'un chef d'orchestre et non un virtuose.

Les phases d'intégrations sont délicates, par exemple celle d'un montage électronique dans un atelier de mécanique (ou réciproquement). Il y a ainsi télescopage de domaines de maîtrise d'œuvre et de compétence, ce qui implique un travail qui se réalise en commun, pour au final obtenir non pas un élément purement

mécanique, ou purement électronique, mais bien un ensemble qui combine les avantages des deux, et ne pouvant plus être séparé.

- **Finalité**

Elle peut être la réduction des coûts, le développement de nouvelles fonctions clients ou des moyens de se protéger de la contrefaçon. Elle ne doit pas être seulement l'électronisation des fonctions.

- **Commercialisation**

Un produit mécatronique a des potentialités importantes de par son « intelligence embarquée ». La création d'option peut se faire à cout marginal. Autant en profiter pour gagner de nouveaux marchés, sous réserve d'avoir bien informé les commerciaux sur ces produits d'un nouveau genre. De nouveaux concepts mécatroniques apparaissent tous les jours. Pour bien faire sa veille technique on peut suivre les flux d'informations spécialisées.

### **I.1.3.Applications**

Comme exemples de systèmes mécatroniques, on peut citer :

- ✓ Un véhicule automobile moderne.
- ✓ Un avion de chasse.
- ✓ L'ABS, l'ESP.
- ✓ La direction assistée.
- ✓ Une machine-outil à commande numérique.
- ✓ L'autofocus.
- ✓ Les disques durs.
- ✓ Les roulements à billes instrumentés.
- ✓ Les machines à laver « intelligentes ».
- ✓ ... etc.

## **I.2. VUE GENERALE SUR LE COMPLEXE D'EL-HADJAR**

C'est un centre principal de sidérurgie, situé à une distance de 15 Km au sud de la ville d'ANNABA, il occupe une superficie de 800 Hectares.



Ce complexe a pour mission de valoriser le minerai de fer et de fabriquer les produits sidérurgiques, l'alimentation en minerai vient des mines de l'OUENZA.

Il est érigé en quatre zones de production :

- ✓ ZONE FONTE.
- ✓ ZONE DES PRODUITS LONGS.
- ✓ ZONE DES PRODUITS PLATS.
- ✓ ZONE DES TUBERIES.

En outre, il est équipé de 03 centrales thermiques, 04 centrales à oxygène et 03 usines à eau.

Enfin, ce complexe emploie plus de 9000 travailleurs entre cadres et opérateurs.

### **I.2.1. Historique du complexe d'EL-HADJAR**

La société nationale de sidérurgie a été créée le 03/09/1964 par ordonnance n° 642-72, et constitue l'une des cinq (05) entreprises nationales sous la tutelle de ministère de l'industrie lourde. Elle regroupe différentes unités réparties sur tout le territoire national. En tant que moyen pour assurer le développement du pays et améliorer les conditions de la vie du peuple algérien, autrement dit pour répondre aux impératifs économiques et sociaux du développement du pays.

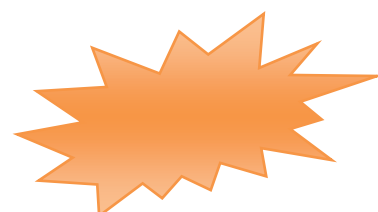
La **SNS** a bénéficié des différents plans de développement pour devenir enfin **ENTREPRISE NATIONALE DE SIDERURGIE** suite à la restructuration des sociétés nationales.

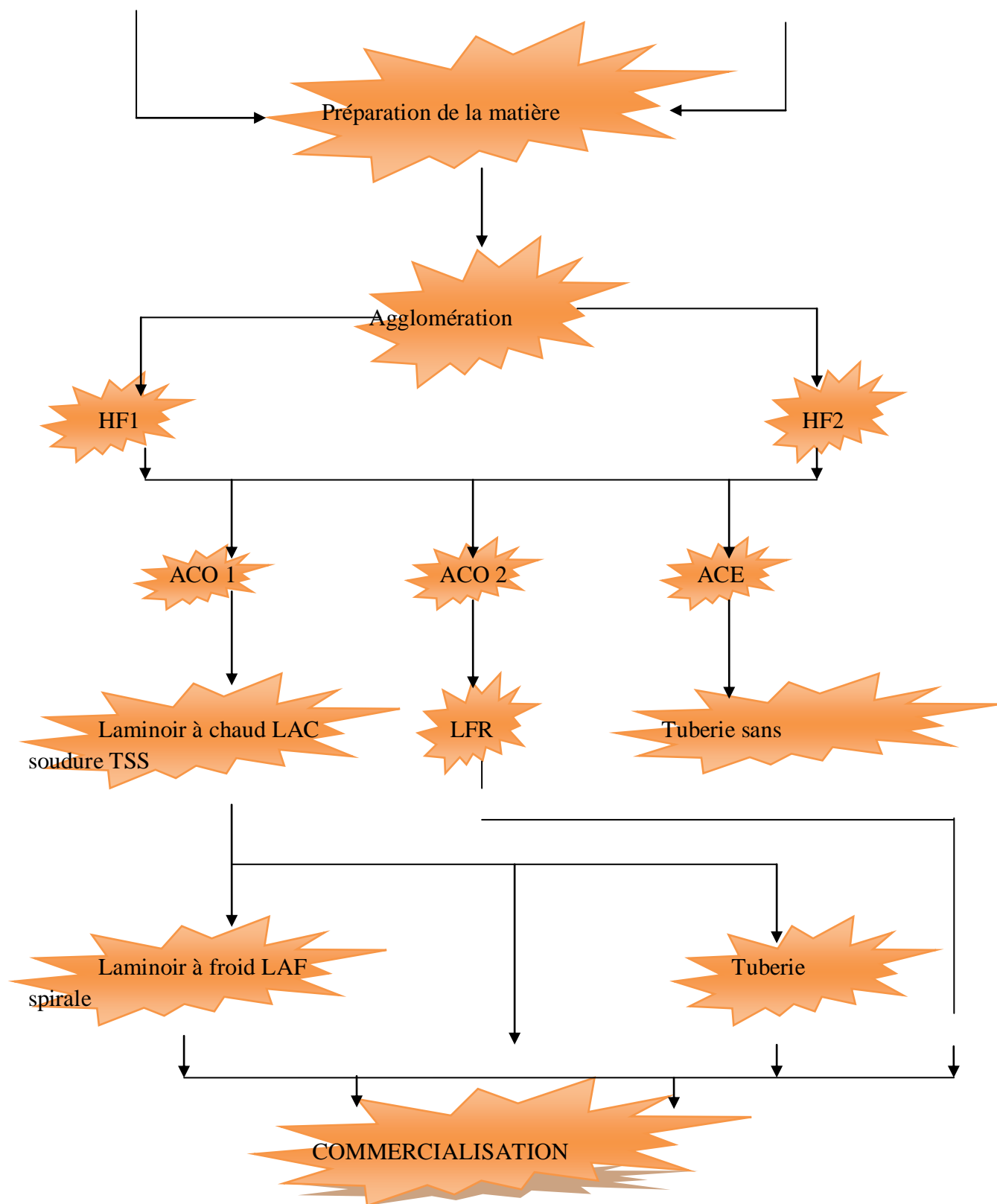
**SIDER** a développé en 1969 une sidérurgie à **EL-HADJAR** pouvant répondre à une gamme de produits sidérurgiques très variés.

Le complexe intégré d'**EL-HADJAR** depuis 1969 a vu son domaine d'activités se développer au fil des années afin de répondre à la demande incessante, et croissante, en produits sidérurgiques pour la réalisation de plusieurs secteurs (habitat, unités pétrolières, ...etc.).

Suite à la politique de privatisations suivie par le pays, pour donner une nouvelle dynamique à la croissance et au développement, le complexe d'El-Hadjar a été acquis par le Groupe Mittal pour devenir maintenant la propriété du Groupe Sidérurgie International « ARCELOR-MITTAL ».

### **I.2.2. Structure Générale du Complexe**





### I.2.3. Produits du complexe d'EL-HADJAR

Les principaux produits sont :

**Tableau I.1 : Produits du complexe d'EL-HADJAR**

<b>INSTALLATION</b>	<b>PRODUITS</b>	<b>PRINCIPAUX UTILISATEURS</b>
Cokerie	Coke	✚ Métallurgie
Secteur haut-fourneaux 1 et 2 (HF1 et HF2)	Fonte	✚ Métallurgie
Aciérie à oxygène 1 et 2 (ACO1 et ACO2)	Brames et billettes	✚ Industrie de transformation
Laminoir à chaud LAC	Tôles fortes	✚ Construction métallique ✚ Chantier Navals ✚ Tubes et Bouteilles à gaz ✚ Industrie de transformation
Laminoir à froid LAF	Tôles fines	✚ Electroménager ✚ Mobilier métallique ✚ Industrie de transformation
Tuberie spirale TUS	Tube avec soudure	✚ Transport des hydrocarbures et d'hydraulique
Tuberie sans soudure TSS	Tube sans soudure	✚ Exploitation des hydrocarbures et d'hydraulique
Aciérie électrique ACE	Lingots	✚ Recherche et production pétrolière et transport des hydrocarbures
Laminoir à fils ronds LFR	Fil rond à béton	✚ Bâtiment et travaux publics hydraulique
Etamage	Fer blanc	✚ Emballages métalliques divers pour les industries alimentaires et chimiques
Galvanisation	Tôles galvanisés	✚ Bâtiments pour l'agronomie ✚ Industrie et élevage

### **I.3.Présentation de l'unité ALFA PIPE ANNABA :**

Notre stage a été effectué au niveau de l'unité de fabrication des tubes soudés en spirale ALFA PIPE du complexe sidérurgique d'EL-HADJAR.

#### **I.3.1.Historique**

En 1966, la **SONATRACH**, société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures, précisait ses besoins urgents et considérables en moyens de transports oléoducs et gazoducs et par la même des hydrocarbures et d'hydraulique, en tubes d'acier.

La SNS, société nationale de sidérurgie, était alors chargée par le ministère de l'industrie de prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la réalisation immédiate de ce projet. Projet devant permettre de satisfaire une part importante de ces besoins exceptionnels en tubes ; auxquels s'ajoutaient ceux de l'hydraulique, de l'agriculture et de l'équipement industriel en général.

C'est pour quoi le projet d'implantation d'une unité de fabrication des tubes soudés en spirales au sein de la SNS était mis à l'étude.

### **Tuberie SNS**

Début de chantier en 1967 et mise en service en 1969.

Deux investissements importants ont été effectués entre 1975 et 1995 pour répondre aux besoins du marché en tubes de transport des hydrocarbures :

- ❖ **En 1975**, Implantation d'un atelier d'enrobage intérieur (revêtement intérieur)

de tubes par époxy, surtout utilisés pour les tubes de gaz.

- ❖ **En 1995**, Implantation d'un atelier d'enrobage extérieur en tri-couches en polyéthylène.

Après décomposition de **SIDER** en 1999, l'unité devient **ALFATUS** (l'algérienne de fabrication des tubes soudés en spirale), une filiale du groupe **SIDER**.

En juillet 2006, **ALFATUS/SIDER** signe sa fusion avec **PIPE GAZ GHARDAIA /ANABIA** et devient **ALFA PIPE** (l'algérienne de fabrication des tubes) avec une direction générale commune à Alger.

**ALFA PIPE ANNABA** occupe une superficie de 98.000 m<sup>2</sup> à 15 Km au sud d'Annaba.

### **I.3.2. Choix d'implantation de la Tuberie spirale**

Ce choix répondait à plusieurs critères :

- ✚ Proximité du port d'Annaba (environ 15 Km), pour la réception des matières premières, provenant essentiellement de l'étranger (bobines, fils de soudure, flux... etc.)
- ✚ Proximité de la ligne de chemin de fer pour l'évacuation de ces produits finis.
- ✚ Proximité du laminoir à chaud au sein du complexe pour une éventuelle utilisation des bobines du LAC SNS.

### **I.3.3. Les produits de l'unité ALFA PIPE ANNABA :**

ALFA PIPE a pour rôle de produire et contrôler des tubes soudés en spirale à partir des bobines de tôles. Ces tubes sont conçus pour le transport de gaz, pétrole et d'eau.

La gamme des tubes fabriqués varie en diamètre entre 16 pouces (406,4 mm) et 52 pouces (1320,8 mm). Actuellement, la plupart des commandes sont à 48 pouces (1219,2 mm), et de longueur entre 9 à 12 m.

Le tableau suivant illustre les caractéristiques des tubes fabriqués :

**Tableau I.2 : La gamme des tubes produits**

<b>Diamètre des tubes en pouces</b>	16	24	30	36	42	48
<b>Epaisseur en (mm)</b>	5,0	7,5	9,0	11,0	12,0	15,0
<b>Largeur des bandes (mm)</b>	800	1200	1500	1800	1800	1800
<b>Capacité de production (m de tube / heure)</b>	57	47	42	34	24	14

Les machines de l'unité peuvent traiter des aciers laminés à chaud à très hautes limites d'élasticité dans les nuances X60 à X70.

Les bobines utilisées pour la fabrication des tubes spirales sont livrées brutes, ces approvisionnement proviennent principalement de l'Allemagne, du Japon, du Russie ou de LAC SIDER.

Les bobines utilisées peuvent avoir une épaisseur variant de 5 à 15 mm, une largeur de 600 à 1870 mm, un poids compris entre 29 et 36 tonnes, la production actuelle est de l'ordre de 130 000 tonnes/ans.

### **I.3.4. L'organisation fonctionnelle de l'unité ALFA PIPE ANNABA**

L'organisation d'ALFA PIPE ANNABA regroupe les 05 fonctions suivantes :

- **Fonction Technique :**

Elle prend en charge : l'ordonnancement de la fabrication des tubes et son parachèvement, le revêtement des tubes, le contrôle qualité, la gestion de la maintenance, le dépannage, l'entretien préventif, la sous-traitance, la gestion des moyens de manutention et d'exécution des opérations de stockage.

- **Fonction Commerciale :**

Elle assure l'ensemble des activités de vente et de relations avec les clients : l'assurance qualité et contrôle qualité des produits vendable, des bobines, des tubes, et des principaux produits de fabrication, la gestion des produits (tubes nus, tubes revêtus), la vente regroupant la programmation, la prospection, le marché, le suivi des contrats de vente, la fabrication, le recouvrement ... etc. Ainsi que le traitement des réclamations de la clientèle.

- **Fonction approvisionnement**

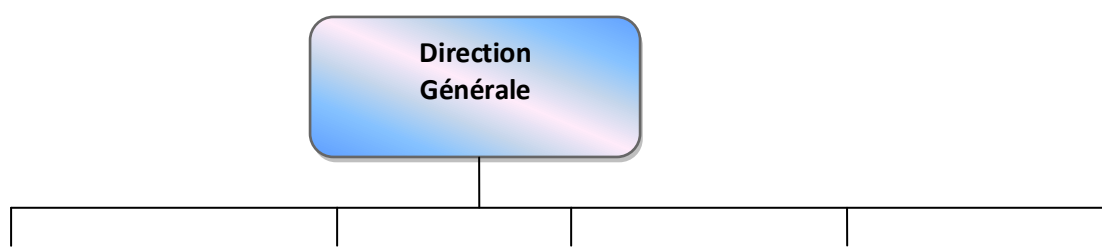
Elle prend en charge les gros consommables (bobines, flux), l'achat de pièces de rechange, la prestation de services (sous-traitance), la gestion de stock des pièces de rechange et des consommables de fabrication, le transit et la douane.

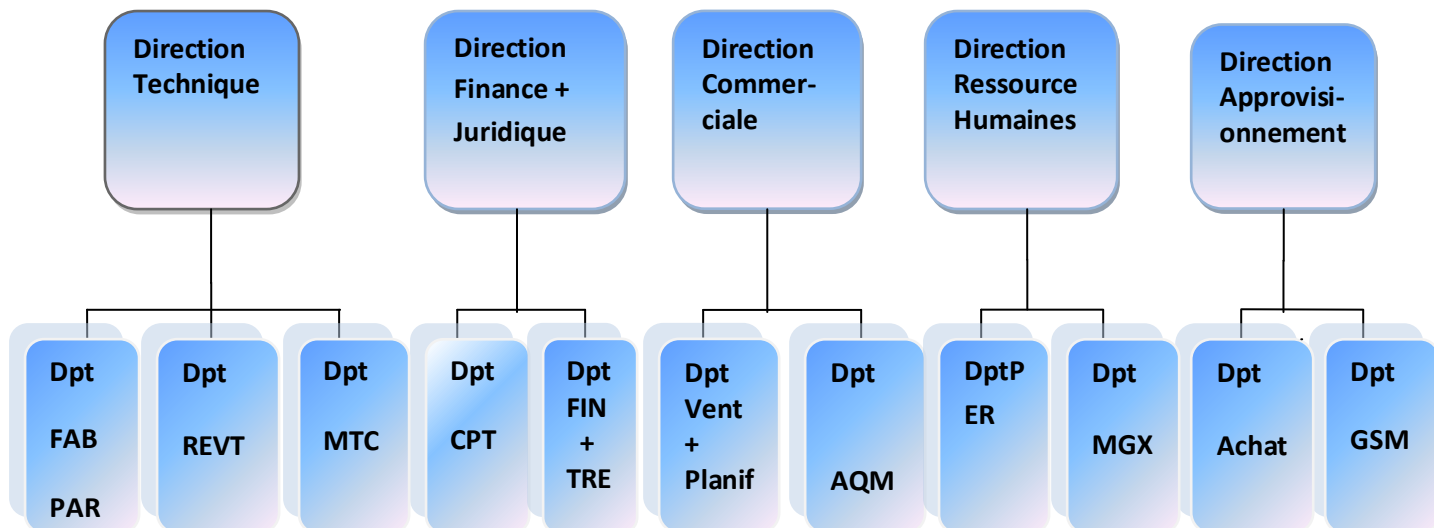
- **Fonction Ressource Humaine et moyens Généraux**

Elle recouvre les activités suivantes :

- ✓ **Ressource Humaines :** Gestion du personnel (paie, gestion, carrière), le social, la formation et le recrutement, les relations professionnelles et le contrôle interne de la gestion du personnel.
- ✓ **Moyens Généraux :** relations extérieures (mission, accueil), entretien et nettoyage des locaux, entretien des vestiaires, gestion parc-véhicules, gardiennage et surveillance, sécurité et prévention industrielle ; entretien de l'environnement extérieur, économat et bureau d'ordre.
- ✓ **Fonction Finance et Juridique :**  
Elle assure les activités suivantes : Budget, trésorerie, finance, gestion du patrimoine, assurance, fiscalité et juridique, comptabilité générale et analytique, contrôle de gestion.

### I.1.3. Organigramme de l'unité ALFAPIPE ANNABA





**FAB** : Fabrication  
Planification

**PAR** : Parachèvement  
Personnels

**REVT** : Revêtement  
Généraux

**MTC** : Maintenance  
des Stocks

**FIN** : Finance

**TRE** : Trésorerie

**CPT** : Comptabilité

**AQM** : Assurance Qualité et Métallurgie

**PLANIF** :

**PER** :

**MGX** : moyens

**GSM** : Gestion

### I.3.5. Structure de l'unité

Les installations sont réparties en trois bâtiments industriels :

- ✚ Le bâtiment de revêtement extérieur au polyéthylène construit en 1993-1995, d'une superficie de 2940m<sup>2</sup>
- ✚ Le bâtiment de revêtement intérieur à l'époxy, construit en 1973-1975, d'une superficie de 4480 m<sup>2</sup>.
- ✚ La tuberie spirale est composée de 04 halls couvrant une superficie d'environ 18 000 m<sup>2</sup>, d'un bâtiment administratif et d'une sous-station électrique de 15 kV/380V (3 transformateurs de 1600 kVA et 2 transformateurs d'éclairage)
- ✚ La puissance électrique totale installée est de 3800 KVA.

Le hall de stockage des bobines est desservi par 02 voies ferrées et une voie sous-terrain reliée directement au LAC ainsi qu'un pont roulant de 44 tonnes, il permet de stocker 15 000 tonnes de bobines, soit la consommation d'un mois et demi de production.

Le hall des machines à souder est desservi par 02 voies ferrées et par un pont de 44 t, il abrite 04 machines identiques à souder en spirale, la machine de préparation des bobines et la machine de régénération du flux.

Les deux halls de parachèvement des tubes (pré-finition) sont disposés perpendiculairement aux 02 halls précédents, ils sont desservi chacun par un pont roulant de 7,5 t et de 34.8 m de portée, destinés à l'entretien des machines et au transfert rapide des tubes, faisant l'objet de procédures spirale de fabrication. La manutention normale des tubes dans les deux derniers halls se fait par un système de convoyeur à rouleaux et de grilles équipées de dispositifs de manutention telle qu'éjecteur, magasins de chargement, stoppeur...etc., à commande hydraulique (par des distributeurs), alimentés par 07 groupes hydrauliques indépendants.

### **I.3.6. Les installation de la Tuberie Spirale**

Cette unité est conçue pour la transformation à froid des bobines de tôle en tubes soudés en spirale et elle est équipée de :

➤ **Basculeur de bobines :**

Les bobines de tôle arrivant à axe verticale sont mises à axe horizontal sur cette installation pour pouvoir être préparées.

➤ **Machine de préparation bobine :**

Cette machine est alimentée en bobines à axe horizontal par le pont roulant, la bobine ainsi placée est déroulée sur une certaine longueur pour subir plusieurs opérations :

La première partie de la bobine est coupée d'équerre suivant l'axe de la bande et elle est soumise à :

- Un contrôle dimensionnel (épaisseur, criques, ...etc.)
- Un contrôle visuel (empreintes, criques, ... etc.)
- Un contrôle ultrasonique pour détecter les éventuels défauts internes (des doublures).

Si le début de la bande ne présente pas de défauts, on considère que la bobine est apte à être consommée. Dans le cas où le début de la bobine contient des défauts, la bobine sera refusée.

➤ **Machine à souder**

La TUBERIE spirale dispose de quatre (04) machines à souder identiques, qui permettent la réalisation de plusieurs opérations pour la fabrication du tube.

### **🔗 Le Rabotage :**

C'est une opération qui consiste à couper, avec l'oxycoupeur, la fine bande sur la machine et de raccorder le bout de la précédente bobine à la



nouvelle par un soudage automatique sous flux. La durée de l'opération dure environ 30 minutes et nécessite l'arrêt de la production.

#### 🔗 **Le Guidage :**

Quatre (04) galets de guidage à commande hydraulique permettent un réglage rapide de la bande en cas de dérives dûes aux variations de largeur de la bande.

#### 🔗 **Dressage bande :**

Un train de rouleaux dresseurs assurent une parfaite planéité et contribuent au guidage de la bande.

#### 🔗 **Cisailage :**

Des cisailles de rive permettant la mise en largeur définitive de la bande.

Les chutes ainsi obtenues par cisailage sont coupées par simple rotation de deux (02) tourteaux hacheurs équipés de plusieurs couteaux en acier.

#### 🔗 **Formage de la bande :**

La bande est entraînée par deux (02) rouleaux cylindriques, elle subit un préformage par des galets cambreurs, des bras de guidage avec plaque d'usure en téflon maintiennent la bande. Celle-ci est introduite dans la cage de formage constituée de plusieurs trains de galets, ajustés suivant le diamètre à réaliser.

La bande ainsi formée, est soudée intérieurement, puis une demi-spire après, extérieurement.

Le procédé utilisé est le soudage automatique, à arc immergé sous flux ; une centrale permet la récupération du flux en excès pour le recycler. Le tube formé est coupé à la longueur voulue par un chariot d'oxycoupage prévu à cet effet.

#### ➤ **Deux machines nettoyage tubes :**

Le tube ainsi mis en longueur est nettoyé sur une machine qui le débarrasse de tous les déchets (flux, laitier, ... etc.).

#### ➤ **Zone visuelle :**

A ce niveau, les opérations suivantes sont réalisées :

- Contrôle de l'aspect visuel de la tôle et du cordon.
- Contrôle dimensionnel (longueur, diamètre, épaisseur).
- Elimination par meulage de certains types de défauts.
- Transcription de ces informations sur la carte suiveuse du tube.  
(Signalisation des opérations qui sont réalisé sur le tube)

#### ➤ **Machine de reprise des soudures :**

Cette machine effectue l'opération de soudage extérieure des rabotages ainsi que les longues interruptions du cordon extérieur de la soudure. Le système de soudage est identique à celui des machines à souder en spirale.

➤ **Zone de réparation :**

Equipée de deux (02) postes à soudage manuel pour réaliser toutes les réparations de défauts préjudiciables de la soudure, signalés en amont par le contrôle visuel.

➤ **Tronçonneuse des tubes :**

Cette machine est utilisée pour l'oxycoupage des tubes suivant les instructions du contrôle visuel et figurant sur la carte suiveuse de tube.

➤ **Banc d'essais hydrostatique :**

Cette installation sert à éprouver les tubes à pression équivalente à 90% du taux de travail de l'acier utilisé, cette opération a pour but de vérifier d'une part l'étanchéité du tube, et d'autre part le comportement du tube lors de la montée en pression (résistance de la tôle et du cordon de soudure).

➤ **Deux chanfreineuses des tubes :**

Pour permettre l'opération de soudage manuel, le tube est chanfreiné sur cette installation suivant les normes de travail. L'angle obtenu est en général de 30° à 35° avec un talon de 1,5 mm.

➤ **Machine de contrôle ultrason automatique :**

Le cordon de soudure est contrôlé par une machine électrique à émission ultrason à l'aide de deux (02) palpeurs à angle situés de part et d'autre du cordon de soudure. La tôle est également contrôlée par un palpeur plan en mouvement de translation entre les deux (02) spires.

➤ **Deux machines de contrôle radiographique et radioscopique :**

Chaque défaut de soudage repéré à l'ultrason automatique, fait l'objet d'une première radiographie au rayon X. Un second appareillage radiographique, identique au précédent, est spécialisé dans la prise de la radiographie des soudures d'extrémités. La radioscopie utilise un écran fluorescent visualisant les défauts, et la radiographie utilise des films de radiographie. Ces installations sont isolées par un écran de plomb, permettant la protection des personnels contre les rayons X.

➤ **Zone de contrôle final :**

Au niveau de ce stand, les opérations suivantes sont réalisées :

- Contrôle visuel et dimensionnel.
- Vérification de la carte suiveuse du tube, 02 cas peuvent se présenter :
  - Le tube ne comporte pas de défauts et les opérations mentionnées sur la carte suiveuse sont réalisées ; dans ce cas le tube reçoit un numéro d'expédition et suit son chemin au parc de stockage.
  - Le tube comporte un défaut ou bien l'opération mentionnée sur la carte n'a pas été réalisée ; dans ce cas, le tube retourne en atelier pour subir les prestations manquantes.

### I.3.7. Pourquoi les tubes sont soudés en spirale et non en longitudinal ?

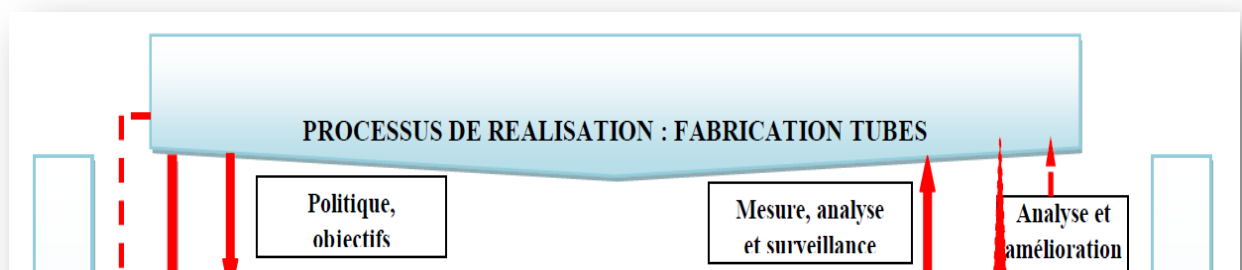
Ce procédé hélicoïdal a été choisi pour la raison que pour une quantité de tube spirale équivalente à celle obtenue par autre procédés celui-ci permet la fabrication de tubes d'un diamètre donné à partir d'une matière première beaucoup moins large.

**\*Exemple :** un tube de 48 pouces de diamètre (1219,2 mm) est obtenu en spirale à partir de bobine de 1700 mm de largeur alors qu'un tube de même diamètre soudé en longitudinal demanderait une tôle de 3830 mm de largeur.

Ce procédé permet aussi la possibilité sur une même ligne de production de programmer les différentes longueurs de tubes dans une fourchette déterminée.

**\*Exemple :** pour un diamètre de 48 pouces obtenus d'une bobine de 1700 mm de largeur, on peut programmer des longueurs différentes entre 06 et 15 mètres.

### I.3.8. Processus de fabrication de tubes



## **Figure I.2 : RESEAU DE PROCESSUS ET INTERACTIONS-ALFAPIPE**

Ce réseau se consacre à trois activités majeures :

- ◆ La fabrication des tubes.
- ◆ Le contrôle des fabrications.
- ◆ Les expéditions des tubes.

### **🔗 La fabrication des tubes**

Elle comprend deux phases principales :

- ✓ Le formage et soudage des tôles (bobines).
- ✓ Le parachèvement des tubes.

#### **▪ Le formage et soudage des tôles (bobines) :**

Ils sont obtenus à partir de bobines à chaud dans les largeurs 600 à 1870 mm, pour des poids variant de 29 à 27 t.

Les bobines sont déroulées, aplanies, formées en hélice puis soudées à l'arc immergé sous flux en deux passes successives sur une même machine dite machine à souder en spirale.

1. Théoriquement, les tubes obtenus sont de longueur illimitée car la machine est équipée en amont d'un stand de rabotage des bobines par soudure à l'arc immergé.

2. Pratiquement, les conditions de transport des tubes imposent une limite fixée à 15 m, base retenue pour les schémas de circulation des produits de toute l'unité.

Quatre machines identiques ont été implantées pour assurer une production globale annuelle à trois postes de l'ordre de 100.000 t/an des tubes de qualité pétrole (110.000 t en 42'' ou 80.000 t en 30'').

Le tonnage des tubes produits varient essentiellement en fonction de poids des bobines, de la largeur de la bande et de la vitesse de soudage.

La vitesse de soudage est directement liée à l'épaisseur traitée.

#### ▪ **Formage des bandes :**

Le formage en hélice est obtenu par l'introduction de la bande dans une cage à galets au diamètre et à l'angle de l'hélice des tubes à fabriquer ; l'effort poussant est soumis est transmis à la bande par deux pinch-rolls entraînés par un ensemble moto réducteur de 45 kW.

Moyennant certains réglages, d'ailleurs très limités dans le temps, ce type de cage permet de passer toutes les épaisseurs de 5 à 15 mm et toutes les bandes de 600 à 1800 mm pour une gamme de diamètres s'étendant du 16'' au 48'' soit de 406 à 1220 mm.

#### ▪ **Soudage des bandes :**

Une fois enroulées en hélice, les bandes sont soudées par un procédé dit à l'arc immergé sous flux en deux passes successives, l'une à l'intérieur du tube, à l'accostage des rives, l'autre d'extérieur, une demi-spire plus loin.

La préparation des bords pour soudage se fait sur le châssis amont de la machine où sont fixés les dispositifs de planage de la tôle, de cisailage et de chanfreinage. Avec l'emploi de bobines importées comportant des risques d'oxydation de la tôle, la machine est de plus équipée de dispositifs de brossage énergétique de la face intérieur du tube après chanfreinage.

Lors du soudage, l'accostage des rives est contrôlé par un système automatique de réglage de la fente de soudage, la machine conçue pour passer des bandes présentant un cambrage de l'ordre de 25 mm sur une longueur de 10 m.

- **L'oxycoupage des tubes :**

Lorsque le tube a atteint sa longueur programmée, il aura un oxycoupage automatique sur le châssis arrière de la machine spirale, puis évacué sur grilles de stockage.

- **Equipements complémentaires de fabrication :**

Bien que très complètes, les machines à souder en spirales requièrent un certain nombre d'équipements annexes.

#### **A-Machine de préparation des bobines :**

Sur cette machine les tête de bobines sont ouvertes et préparées par l'oxycoupage de façon à permettre le raboutage sur la machine spirale.

Les longueurs à chuter sont déterminées par contrôle visuel et ultrasonique, les têtes de bande présentant assez systématiquement des défauts soit dimensionnels, soit de laminage (feuillages ou de doublures).

#### **B-Machine de génération de flux de soudage :**

Cette machine permet la circulation du flux non fondu lors de l'opération de soudage des bandes. Elle assure le dépoussiérage, l'élimination des particules métalliques par séparation magnétique et l'élimination des poussières fines.

#### **C-Machine de reprise des soudures extérieures :**

Cette machine permet de réaliser le cordon extérieur des soudures et rabotage, non terminées sur la machine spirale.

Elle permet d'autre part, la reprise éventuelle des interruptions ou défauts de garde longueurs du cordon de soudure extérieur.

#### **Zone de réparation des défauts de soudage :**

Les défauts de soudage pouvant apparaître dans le cordon de soudure sont réparés manuellement sur une zone de réparation des tubes, équipée de quatre vireurs et quatre postes manuels (redresseurs de 1000A), permettant le soudage selon le « procédé Arc Air ».

#### **🔗 Parachèvement des tubes :**

Les tubes bons c'est-à-dire les tubes ayant subi avec succès les différents contrôles en ligne, sont chanfreinés à leurs extrémités sur deux chariots de type « tourillonner », la qualité de cette préparation spéciale pour tube de forte épaisseur étant de grande importance puis qu'elle conditionne les cadences de soudage manuelles du chantier de poste du pipe-line.

- **Contrôle en ligne de fabrication :**

De façon à effectuer un contrôle sérieux des qualités dimensionnelles des tubes, des stands de contrôle dimensionnel et visuel ont été implantés derrière les

machines spirales et après l'essai hydrostatique, afin d'obtenir un suivi systématique de la qualité de chaque tube, aux différents points de vue longueur, diamètre, rectitude, ovalisation, effet de toit des soudures, aspect extérieur des cordons, état du métal de base.

De plus, compte tenu des exigences imposées par l'industrie pétrolière les opérations de contrôle du métal de base et de cordon de soudure sont très poussées et ont requis la mise en place à la tuberie d'un laboratoire d'essai mécanique et l'installation dans l'atelier d'un matériel de contrôle non destructif important.

▪ **Contrôle destructif et essai en laboratoire :**

Ces contrôles portent essentiellement :

- ✚ D'une part, sur la qualité du feuillard.
- ✚ D'autre part, de la soudure obtenue par la machine à souder en spirale.

Ces différents contrôles nécessitent le découpage d'un grand nombre d'éprouvettes de la bobine et sur les tubes à tous les niveaux de fabrication. Leur conditionnement se fait au niveau du laboratoire sur machine outils.

**A-Qualité de feuillard :**

Les hautes caractéristiques demandées aux bobines requièrent un contrôle sévère des qualités du métal employé :

- Contrôle des caractéristiques mécaniques des bobines d'une même coulée, principalement limite élastique (E), limite de résistance à la traction (R) et allongement. Ces contrôles se font sur la tête de la bobine avant le formage et sur le tube après le formage.

- Contrôle de l'analyse chimique du métal suivant les différents critères de soudabilité.

**B-Qualité du joint soudé :**

- Contrôle des caractéristiques mécaniques, principalement limite de résistance à la traction transversale et essai pliage.
- Prises de macrographies et micrographie assurant le suivi des variables de soudage des machines.

▪ **Contrôle non destructif en ligne :**

Ces contrôles mettent principalement en œuvre les techniques ultra-soniques, radiographiques et radioscopiques.

**C-Contrôle des têtes de bande :**

La recherche des défauts des têtes de bande, en particulier des doublures de laminage, se fait à l'aide d'appareils manuels à ultra-sons au niveau de la machine de préparation bobines.

#### **D-Contrôle continu du cordon de soudure sur la machine NDT :**

La recherche des défauts internes du cordon de soudure, en particulier inclusion gazeuses et fissures, se fait à l'aide d'un appareillage à ultra-son automatique sur la machine NDT. Deux palpeurs émetteur-récepteur disposés de chaque coté du cordon et en contact avec le tube, testent la soudure et déclenchent des jets de peinture au droit des défauts hors tolérances.

Cette localisation des défauts éventuels facilitera la recherche de leur importance et de leur type par radiographie.

#### **E-Radiographie des défauts de soudage :**

Chaque défaut de soudage repéré aux ultra-sons automatiques sur la machine NDT est l'objet d'une radiographie aux rayons X ; l'appareillage de prise de radiographie est disposé en fosse et permet le traitement de 30 films/heure.

L'interprétation des films peut conduire à la réparation du défaut par soudage manuel.

Les défauts réparés manuellement font tous l'objet d'une nouvelle radiographie qui a pour but de constater la qualité de réparation.

L'appareillage de radiographie est complété par des équipements de radioscopie qui permet de suivre en continu la qualité du cordon de soudure sur un écran de télévision.

#### **F-Radiographie des soudures d'extrémités de tube :**

Un second appareillage de radiographie est spécialisé dans la prise de radiographie des soudures d'extrémités.

Il est en effet important de pouvoir livrer des soudures d'extrémités très saines et éviter des défauts risquant d'apparaître au moment de la réalisation des soudures de chantier.

Il s'agit donc là d'un suivi systématique de la qualité des extrémités des cordons de soudures qui par ailleurs ont déjà été testées à l'ultra-son automatique.

#### **G-Contrôle ultra-sonique des extrémités de tube :**

Dans le même esprit, le métal de chaque extrémités de tube est testé à l'aide d'appareils à ultra-son manuel de façon à localiser puis écarter par oxycoupage tout défaut de laminage tel que dédoubleage ou feuilletage.

#### **H-Essais hydrostatique :**

Conformément aux règlements de sécurité gazoducs et oléoducs, actuellement en vigueur, chaque tube produit est éprouvé à une pression correspondante à un taux de travail d'environ 90 % de sa limite élastique.

Cette épreuve est faite avant la radiographie des extrémités de tube et doit permettre de faire apparaître éventuellement les fissures de cordon des soudures qui n'avaient pas été détectées par l'ultra-son.



➤ Le cycle de fabrication :

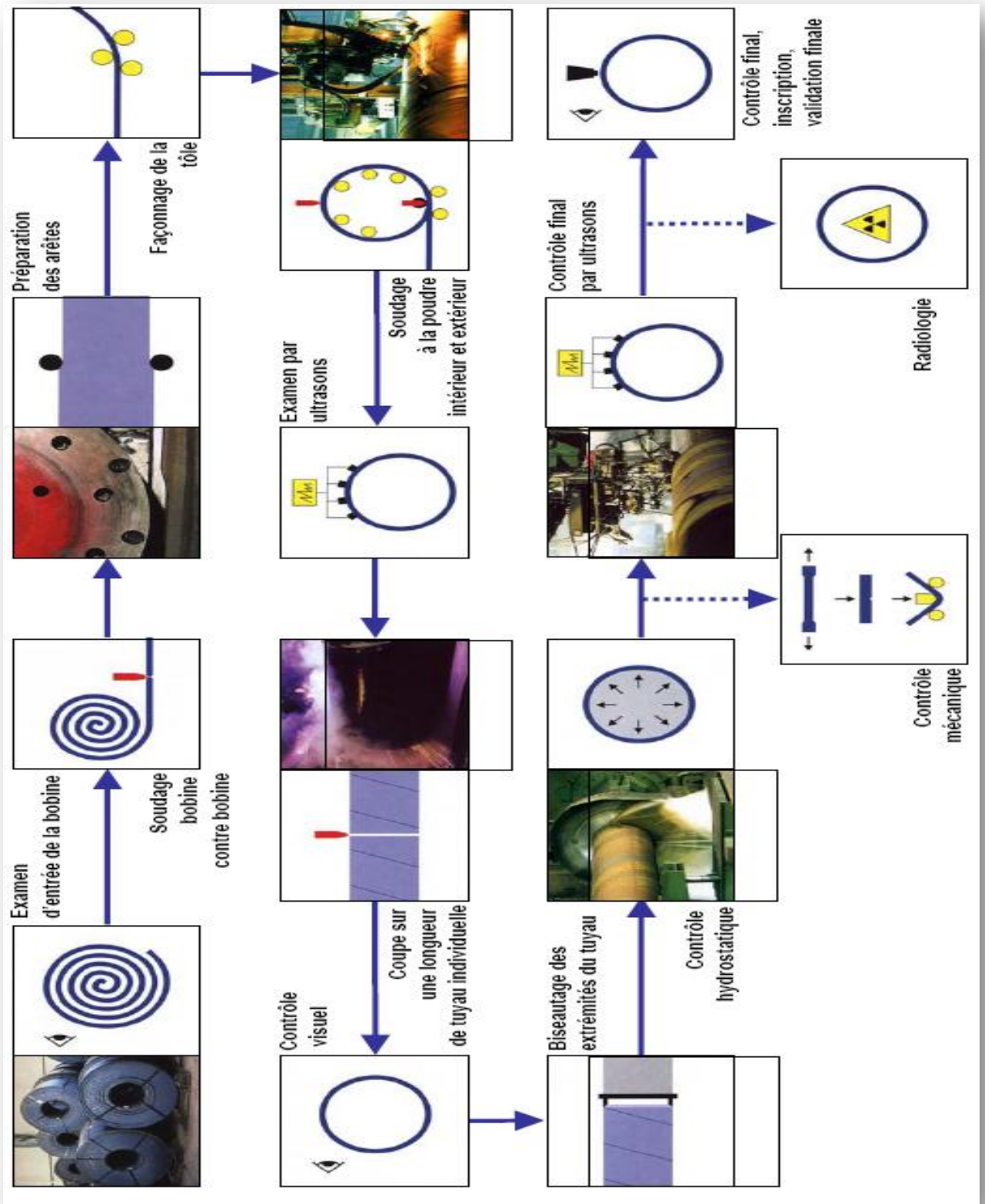


Figure I.3 : cycle de fabrication

⊗ Les expéditions :

A leur sortie du contrôle final, les tubes sont stockés sur des grilles disposées en aval de l'atelier. Ces grilles réalisent un stockage tampon d'un à deux jours de production (soit environ 350 tubes pour le diamètre 34"). Elles permettent une plus grande souplesse dans les opérations de stockage et d'expédition, liés a l'arrivées des rames de wagons et à la rotation des engins de chargement.

Le stockage par épaisseur et par diamètre de tube sont fait sur un parc de 2 500 m<sup>2</sup> permettent le stockage d'environ un mois à un mois et demi de production (environ 3 000 à 4 000 tubes de Ø 34").

L'opération de stockage est réalisée par des chariots élévateurs à fourches latérales, capables de transporter 2 tubes de 36" d'une longueur de 15m.

Les expéditions sont faites par wagons spéciaux à tubes, le chargement sur wagons est effectué par une grue à poste fixe alimentée par les chariots à fourches latérales.

Les opérations de stockage et d'expédition sont rendues possibles la nuit par l'implantation de quatre tours d'éclairage de 35 m de hauteur équipées de sept projecteurs de 2000 watts donnant un éclairage moyen de 10 lux.

Actuellement ; les expéditions se font au rythme de rame de 150 tubes par jour.

#### **1.4. Les procédés usuels de découpage :**

### 1.4.1. L'oxycoupage :

L'oxycoupage est un procédé de coupage de métaux par oxydation localisée mais continue, à l'aide d'un jet d'oxygène pur. Il est nécessaire, pour cela, de porter à une température d'environ 1300°C, dite température d'amorçage, le point de la pièce ou l'on va commencer la coupe, qui peut être manuelle ou automatisée selon un gabarit de coupage. Ce procédé nécessite :

- ✚ Une flamme de chauffe (oxy-gaz) pour l'amorçage et l'entretien de la coupe, ou plusieurs types de gaz, tel que l'acétylène, peut être utilisé.
- ✚ Un jet de coupe central d'oxygène pur, venant en milieu de buse, qui permet la combustion dans la saignée et sur toute l'épaisseur à couper. Ce jet de coupe a aussi un rôle mécanique d'élimination des oxydes formés (scories). L'efficacité de la coupe sera améliorée par un très haut degré de pureté de l'oxygène.



**Figure I.4 : Oxycoupage d'une brame d'acier**

Le choix du combustible sera fonction de différents paramètres tels que l'épaisseur de la pièce, la vitesse de coupe, le temps de préchauffage ou la qualité de la coupe. L'oxycoupage est utilisé pour des aciers doux ou faiblement alliés, et sur des épaisseurs allant de quelques millimètres à près d'un mètre pour les pièces les plus massives.

**\*L'unité ALFA-PIPE Annaba utilise le procédé d'oxycoupage d'oxygène et au propane aux performances similaires à l'oxycoupage à l'oxygène et à l'acétylène\***

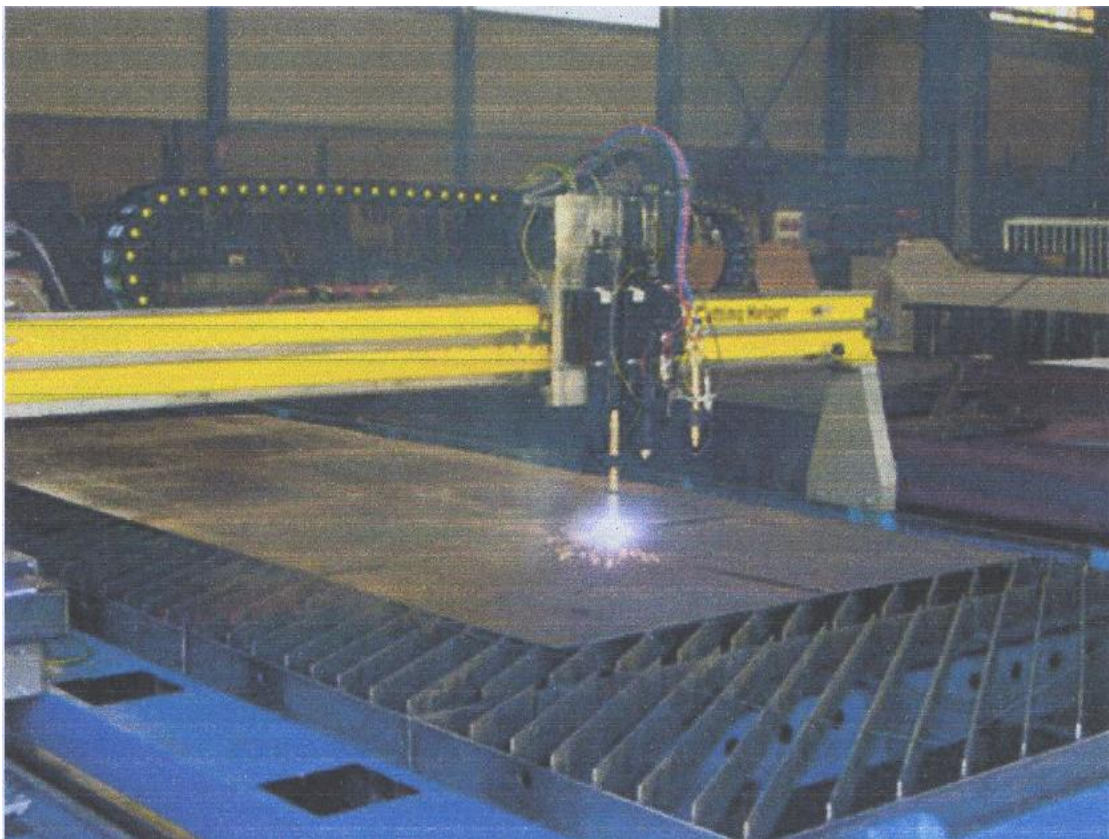
#### **I.4.2. Découpage en plasma :**

Apparenté au soudage TIG (un arc électrique jaillit entre une électrode réfractaire et la pièce) par l'aspect de la torche, le découpage plasma diffère par les mélanges gazeux utilisés.

Le jet de plasma est généré par l'arc électrique qui s'établit entre une électrode intérieure à la broche de coupage et la pièce. Le mélange gazeux ionisé à la sortie de la tuyère forme le plasma. Le pouvoir calorifique du jet (environ 18 000° C) provoque une fusion quasi instantanée qui se propage dans toute l'épaisseur de la pièce.

Le découpage plasma est principalement utilisé par les entreprises du secteur de la métallurgie. Il permet la découpe de tôles en métal sur des épaisseurs de 0 à 70 mm avec une précision de plus ou moins 0,2 mm.

Sur une machine de découpe plasma, la température extrêmement élevée fait fondre instantanément le métal tandis que le gaz sous pression chasse au fur et à mesure les gouttelettes de métal en fusion. L'usage de la torche de découpage au plasma doit se faire impérativement dans des locaux spécialement ventilés ou en plein air à cause de dégagement de gaz toxiques généré par les très hautes températures de travail. Certains systèmes de découpe au plasma comprennent un apport d'eau sous forme d'un jet calibré qui, jaillissant de la torche plasma, permet de refroidir sitôt après sa découpe plasma, évitant également le dégagement de ces gaz toxiques.



**Figure I.5 : Machine de découpage en plasma**

#### **1.5. Définition du sujet :**

Sur proposition de notre encadreur, le sujet de notre projet de fin d'études portera sur le processus de fabrication des tubes au niveau de l'unité ALFA-PIPE ANNABA.

Il s'agira d'étudier la conception, d'un point de vue Mécatronique, de toutes les étapes du processus : de la fabrication au nettoyage des tubes.

Le thème de notre projet de fin d'étude est ainsi défini : « **ETUDE ET CONCEPTION MECATRONIQUE DE L'OXYCOU-NETTOYEUR DES TUBES FABRIQUES A L'UNITE ALFA-PIPE ANNABA** »

### **I.6.Problématique :**

Au cours du stage pratique au sein de l'unité ALFA-PIPE ANNABA, nous avons recueilli toutes les informations qui nous ont servi comme données de départ, malgré le manque de documentation. Nous étions donc obligés d'effectuer l'étude du projet par notre propre effort personnel et l'assistance de l'encadreur de stage.

Actuellement, le processus étudié est semi-automatique : à l'aide d'une boîte à boutons commandée par un opérateur, et la mesure des longueurs se fait manuellement.

Cette commande est basée sur la logique câblée qui possède des nombreuses inconvénients comme :

- ✚ La rigidité (on ne peut pas modifier le mode de fonctionnement seulement si on modifie les câblages).
- ✚ L'encombrement causé par reliage et équipements électrique.
- ✚ Le coût élevé pour les installations complexes.
- ✚ La difficulté en maintenance.
- ✚ Le gaspillage d'énergie et de temps causés par l'intervention de l'être humain.
- ✚ Les erreurs humaines en mesure, en fonctionnement ... etc.

**Nous avons pensé à concevoir un système mécatronique et améliorer le processus de fabrication par l'utilisation d'autres systèmes de commande : « carte de commande à base d'un PIC 16F84A » et « automatisation à base d'un PIC SIMATIC S7-300 », et à l'aide d'intégration des capteurs bien installés.**



## II.1. Description de système :

Le but de la partie constructive du projet n'est pas de concevoir constructivement le système d'oxycoupage-nettoyage mais seulement vérifier les choix opérés. A cause du manque de documentation, nous limiterons notre vérification au réducteur de vitesse utilisé dans le dispositif de serrage du tube et nous détaillons la conception mécanique de système par des dessins technique dans l'annexe pour l'oxycoupeur des tubes, et nous limiterons notre vérification au réducteur de vitesse utilisé dans le dispositif de vireur de la table qui fait tourner le tube pour la phase de nettoyage.

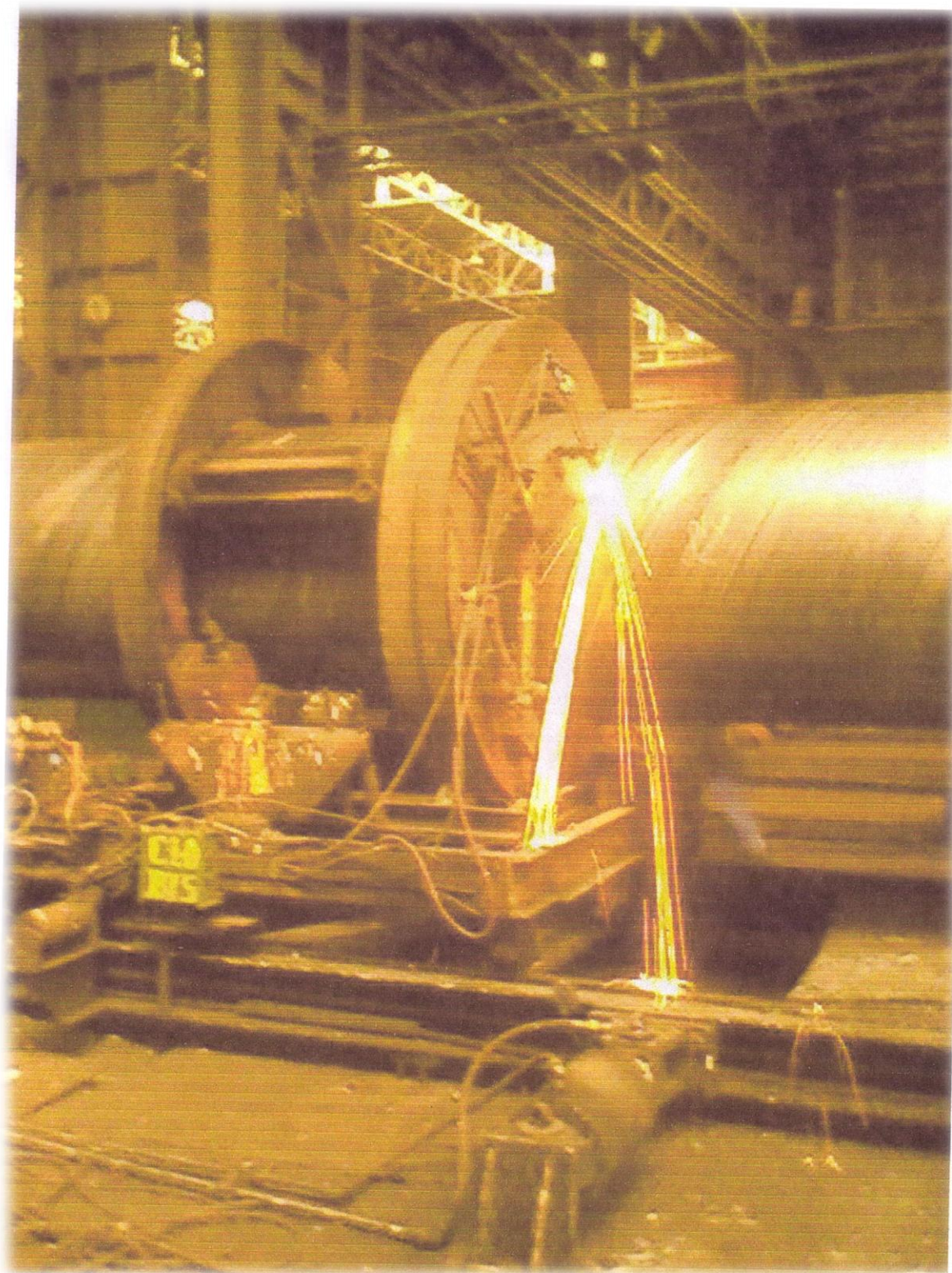
Le système d'oxycoupage est la partie finale de la machine à souder (MAS), et il y a 4 MAS installées dans l'unité ALFA-PIPE ANNABA, donc par conséquence il ya 4 systèmes d'oxycoupage identiques.

Le système d'oxycoupage est constitué de :

- ✚ **Chariot découpeur.**
- ✚ **03 tables élévatrices.**

Le système est commandé semi-automatiquement (certains degrés et conditions d'automatisation sont disponibles) par un opérateur, étape par étape, à l'aide d'une boîte à boutons basée sur la logique câblée, comme il est indiqué sur la figure II.2.

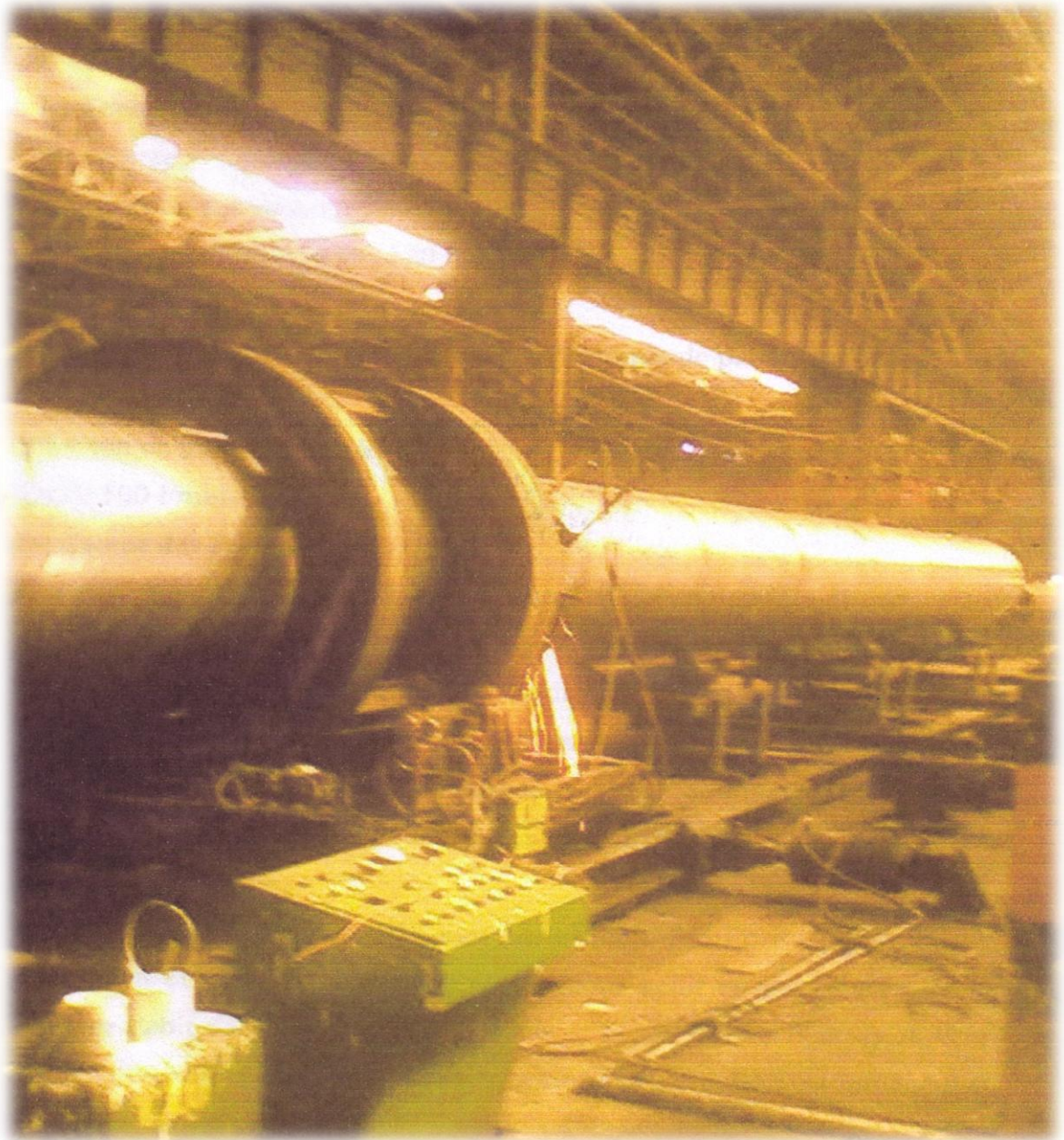
- **Le chariot découpeur :** le système a comme rôle le découpage de tube pendant sa fabrication avec des longueurs bien déterminées, il est constitué de :
  - **Système d'entraînement :** entraîné par un ensemble motoréducteur.
  - **La partie mobile :** la couronne.
  - **La partie fixe :** le cadre est le support de chalumeau.
  - **Chalumeau :** alimenté en gaz et oxygène.
  - **Dispositif de serrage tube :** le but de serrage et d'assurer une coupe droite, la couronne de chariot est serrée avec le tube par trois (03) couples de tiges sortantes commandées par un système articulé (cames-axes) entraîné par un moteur électrique et un réducteur de vitesse. Après le serrage, le chariot sera entraîné à la vitesse de fabrication du tube ( $V=0,77$  m/min).



**Figure II.1 : Le chariot découpeur pendant le découpage de tube**



- **Les tables élévatrices :** ce sont trois (3) tables articulées identiques installées successivement l'une après l'autre. Elles ont comme rôle d'amener les tubes dans leur position exacte de travail, de garder une bonne répartition de la masse pour éviter la flexion du tube et de maintenir le tube pendant et après la coupe. Au dessous de chaque table il y a une grille de sortie un peu inclinée pour dégager le tube coupé à l'étape suivante. Les tables sont entraînées chacune par un vérin hydraulique à double effet. Ce dernier est commandé par un distributeur.



**Figure II.2 : Le système d'oxycoupage (chariot + tables).**



Pour le nettoyage des tubes c'est une opération qui intervient après la partie finale (oxycoupage des tubes) de la machine à souder (MAS). Il y a quatre (4) MAS (A, B, C, D) installées dans l'unité ALFAPIPE ANNABA.

Un système de nettoyage est prévu pour deux machines à souder c-à-d qu'il ya deux (2) systèmes de nettoyages identiques.

Le système de nettoyage est constitué de : (voir figure : II.5)

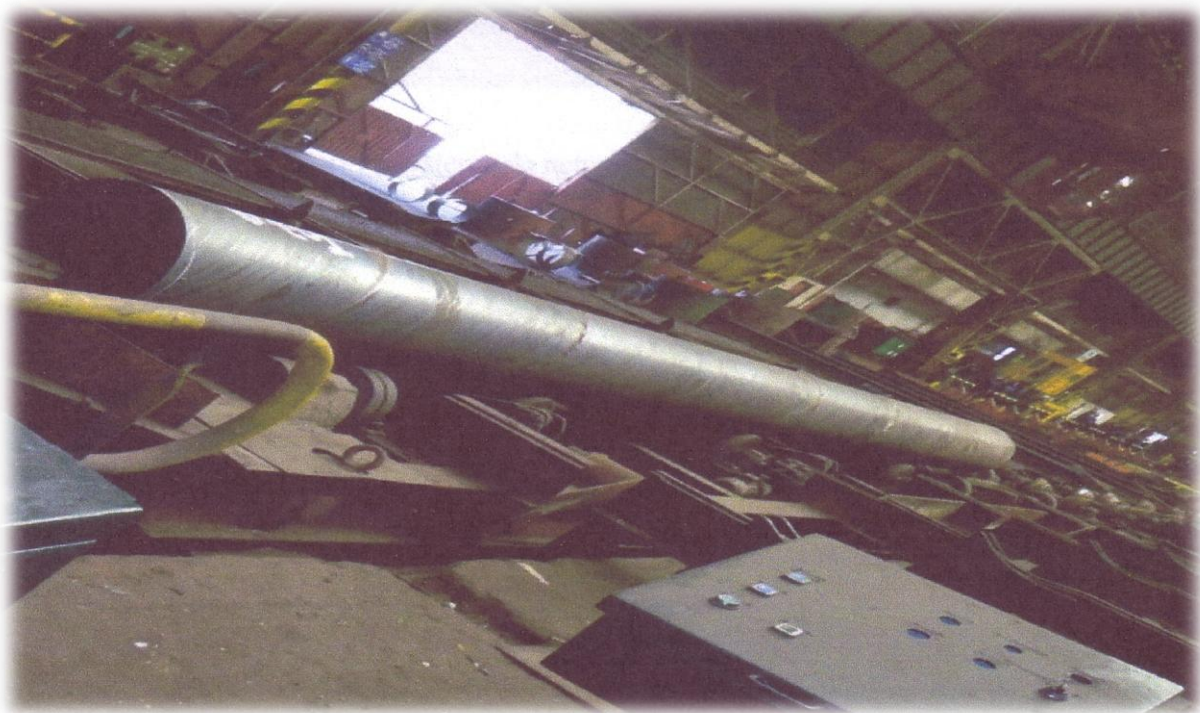
- ✚ Une grande table élévatrice.
- ✚ Un vérin hydraulique.

Le système est actuellement commandé semi-automatiquement à l'aide d'une boîte à boutons basée sur la logique câblée, comme c'est indiqué sur la figure : II.3 et II.4.

- **La grande table élévatrice :** Elle a pour rôle le support et le maintien du tube lors de l'opération de nettoyage ; elle est constitué de :
  - ✓ **Un système d'entraînement qui possède un ensemble motoréducteur qui permet la rotation et la translation avant / arrière des tubes.**
  - ✓ **Bras de maintien qui jouent un rôle de sécurité en empêchant les tubes de tomber.**
  - ✓ **Un vireur de motoréducteur qui entraine en rotation le tube pour le nettoyage.**
  - ✓ **Un convoyeur : c'est le système de transport du tube.**
  - ✓ **Des EBL qui ont pour rôle d'orienter le tube.**

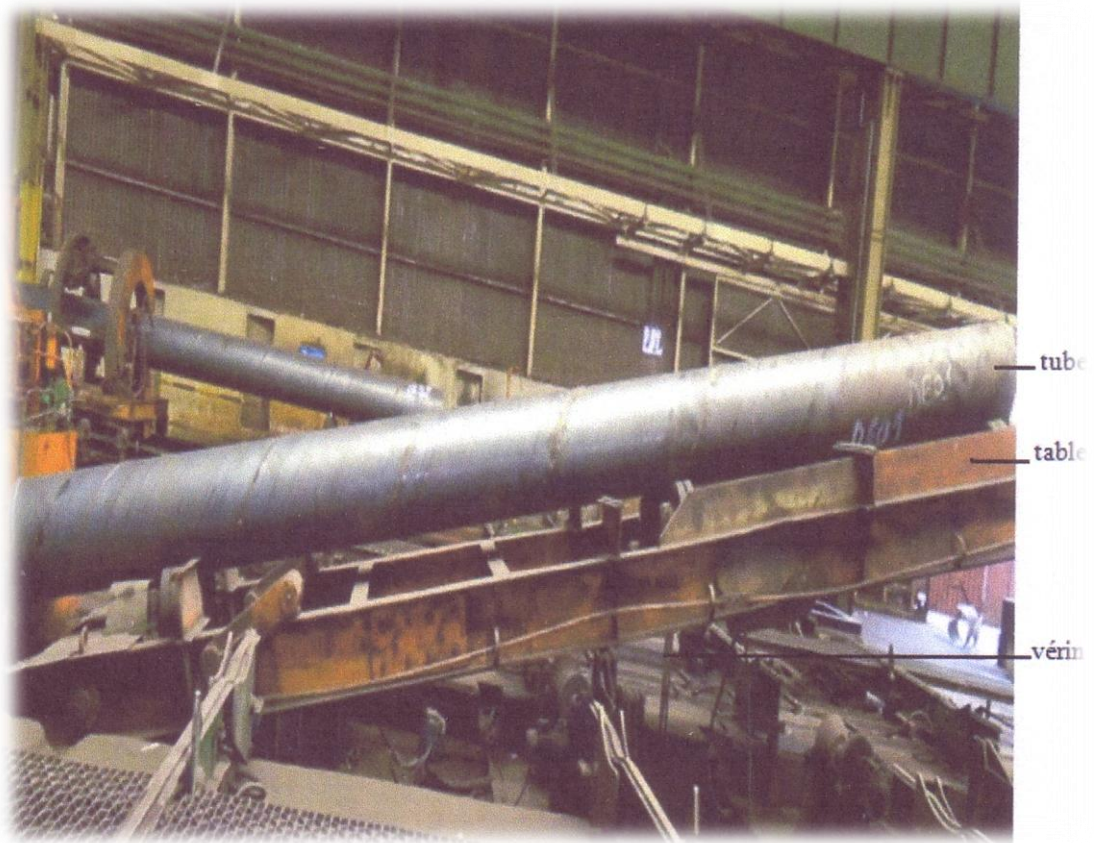


**Figure : II.3. Table élévatrice vide**



**Figure : II.4. Table élévatrice avec tube chargé.**

- **Un Vérin hydraulique double effet :** qui a pour rôle la montée de la table pour nettoyer le tube.



**Figure : II.5. Système de nettoyage (vérin + table)**

## **II.2. Les caractéristiques des systèmes :**

### **II.2.1. Les caractéristiques de système d'oxycoupage :**

- **Caractéristiques de moteur de serrage :**



$P = 2,2 \text{ KW}$ .

$V = 1420 \text{ tr/min}$ .

- **Caractéristiques de motoréducteur déplacement chariot découpeur :**

$P = 0.3 \text{ KW}$ .

$I = 22/930$ .

- **Caractéristiques des vérins :**

- **Vérin hydraulique à double effet.**
- **Diamètre piston  $D_p = 125 \text{ mm}$ .**
- **Diamètre tige  $D_t = 60 \text{ mm}$ .**
- **Course = 450 mm.**
- **Fixation par chape à rotule.**
- **Pression de travail  $P = 120 \text{ bars}$ .**

- **Caractéristiques du distributeur :**

- **Distributeur à tiroir à action directe avec commande par solénoïde (self).**
- **Distribution à 4/3 voies.**
- **Pression de travail jusqu'à 315 bars.**
- **Débit 100 l/min.**

- **Fonctionnement des distributeurs :**

Ces distributeurs sont à tiroir, avec commande par solénoïde, ils permettent le passage, l'arrêt ou la direction d'un fluide.

Les distributeurs se composent essentiellement d'un corps, d'un ou de deux solénoïdes, du tiroir de commande, ainsi que d'un ou deux ressorts de rappel. Lorsque le tiroir de distribution n'est pas actionné, il est maintenu en position médiane ou en position de départ par les ressorts de rappel. La commande du tiroir de distribution est réalisée par l'intermédiaire de solénoïdes.

Après excitation, le solénoïde agit par l'intermédiaire du poussoir sur le tiroir de distribution. Celui-ci quitte sa position médiane pour venir en position extrême. La position nécessaire pour débit de P vers A et de B vers T, ou de P vers B et de A vers T se trouve assurée. Après désexcitation du solénoïde, le tiroir de distribution est ramené dans sa position médiane par le ressort de rappel.

Un secours manuel, permet un déplacement du tiroir sans excitation du solénoïde.

## **II.2.2. les caractéristiques de système de nettoyage :**

- **Caractéristique de moteur :**

$P = 2,5 \text{ KW}$

$V = 2000 \text{ tr/min}$

- **Caractéristique du motoréducteur de rotation du tube :**

Motoréducteur type : BAUER G337V/265 avec un réducteur à roue droite

- **Caractéristiques des vérins :**

- **Vérin hydraulique à double effet.**
- **Diamètre piston  $D_p = 125$  mm.**
- **Diamètre tige  $D_t = 60$  mm.**
- **Course = 450 mm.**
- **Pression de travail  $P = 120$  bars.**

- **Description et caractéristique générale de système :**

- **Diamètre min. du tube : 16''.**
- **Diamètre max. du tube : 48''.**
- **Epaisseur min. du tube : 4mm.**
- **Epaisseur max. du tube : 15mm.**
- **Longueur min du tube : 7m.**
- **Longueur max du tube : 15m.**

- **Dispositif de nettoyage des tubes :**

- **Position max. d'inclinaison du tube 45°.**
- **Vitesse min. circonférentielle du tube 5,56 m/min.**
- **Vitesse max. circonférentielle du tube 5,56 m/min.**
- **Vitesse min. du tube de 16'' 4,42 t/min.**
- **Vitesse max. du tube de 16'' 27,00 t/min.**
- **Vitesse min. du tube de 48'' 1,47 t/min.**
- **Vitesse max. du tube de 48'' 9,00 t/min.**

- **Fonctionnement :**

Le tube repose dans le magasin droit ou gauche, devant le dispositif de nettoyage du tube.

Le dispositif de nettoyage est prêt pour le recevoir du premier tube.

Pour la **SECURITE** de l'opérateur, toutes les parties en mouvement sont protégées par le dispositif de protection.

La mise en marche du dispositif de nettoyage de tube n'est réalisable que par le pupitre.

L'opérateur doit vérifier si aucune personne ne se trouve dans les zones dangereuses, avant chaque mise en service.

**\*Avant de procéder aux calculs de vérification du motoréducteur destiné à la rotation des tubes, il est nécessaire de faire d'abord un petit rappel sur les engrenages et les réducteurs utilisés dans les mécanismes de transmission de puissance.**

### **II.3.Généralité sur les engrenages :**

Un engrenage est un système mécanique composé de deux roues dentées engrenées servant à la transmission du mouvement de rotation entre elles. Les deux roues dentées sont en contact l'une avec l'autre et se transmettent de la puissance par obstacle, Un engrenage est composé d'un pignon - c'est ainsi que l'on nomme la roue

la plus petite - et d'une roue, d'une crémaillère ou d'une couronne. Quand plus de deux roues dentées sont présentes, on parle de train d'engrenages.

Deux types de dentures sont distinguées : les dentures droites et les dentures hélicoïdales. De même, il existe plusieurs types d'engrenages : les engrenages à axes parallèles, à axes concourants, à axes non concourants - dont font partie les engrenages à roue et vis sans fin - et les engrenages à pignon et crémaillère.

### II.3.1. La typologie des engrenages :

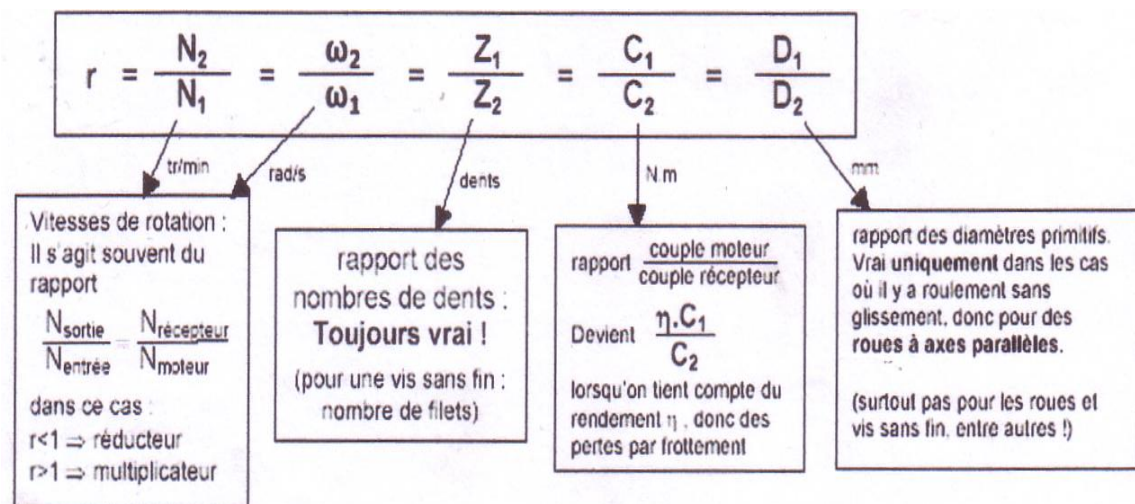
Les engrenages sont classés en différentes catégories caractérisées par :

- La position relative des axes des arbres d'entrés et de sortie.
- La forme extérieure des roues dentées.
- Le type de denture.

On distingue les différents types d'engrenages suivants :

- Les engrenages à axes parallèles à denture droite ou hélicoïdale.
- Les engrenages à axes concourants à denture droite ou hélicoïdale.
- Les engrenages à axes non concourants ou engrenages gauches (roue-vis...)

### II.3.2. Rapport de transmission entre deux roues dentées 1 et 2



### II.3.3. Les principales caractéristiques des transmissions par engrenages :

Tableau II.1 : Les principales caractéristiques des transmissions par engrenages

Avantages :	Inconvénients :
-transmission de puissances élevées sous des fréquences de rotation élevées.	-nécessité d'un entraxe précis et constant. -niveau sonore variable suivant le type

-transmission à rapport rigoureusement constant (transmission synchrone).	d'engrenage.
-transmission parfaitement homocinétique.	-transmission des-à-coups et vibrations.
-possibilités de transmission entre plusieurs arbres.	-nécessité d'une lubrification, souvent par fluide.
-bon rendement général de qualité.	-réversibilité possible suivant type d'engrenage.
-durée de vie importante.	-coût variable suivant type d'engrenage et classe de qualité.
-bonne fiabilité.	

### II.3.4. Génération des

#### dents :

- **Denture droite**

:

La génératrice de forme des dents est une droite parallèle à l'axe de rotation. C'est le type de denture le plus courant. Il est utilisé dans toutes les applications de mécanique générale. En effet, il s'agit du système qui permet de transmettre le maximum d'effort. Néanmoins, son principal défaut est d'être bruyant.

- **Denture**

#### **hélicoïdale :**

La génératrice de forme des dents est une ligne hélicoïdale de même axe que l'axe de rotation. Ce type de denture présente l'avantage d'être plus silencieux que la denture droite, en créant moins de vibrations. Les dentures hélicoïdales permettent également d'augmenter la conduite de la transmission, en faisant en sorte que le nombre de dents simultanément en contact devienne constant, ce qui permet de transmettre des efforts plus importants et surtout d'atténuer les vibrations et les bruits.

En contrepartie ce type de denture engendre un effort axial dont l'intensité dépend de l'angle d'inclinaison de denture. Les roulements ou les paliers doivent être dimensionnés pour supporter cet effort. Pour les engrenages à axes parallèles, les hélices sont obligatoirement de sens contraires pour que les dentures puissent engrener, sauf dans le cas très particulier de l'engrenage paradoxal.

- **Les principales caractéristiques des engrenages à denture hélicoïdale**



**Tableau II.2 : Les principales caractéristiques des engrenages à denture hélicoïdale**

<b>Avantages :</b>	<b>Inconvénients :</b>
<p>-transmission plus progressive et sans à-coups.</p> <p>-transmission avec vibrations moins importantes.</p> <p>-transmission de couples importants sous des fréquences de rotation élevées.</p> <p>-niveau sonore réduit.</p> <p>-durée de vie plus importante.</p> <p>-réalisation possible de tout entraxe avec grande précision.</p>	<p>-présence d'efforts axiaux dans la denture se répercutant sur les paliers.</p> <p>-rendement légèrement inférieur.</p> <p>-engrènement par baladeur impossible : les roues doivent toujours rester en prise.</p>

- **Engrenages en chevrons :**

Une denture en chevrons, ou denture « Citroën », est composée de deux dentures hélicoïdales mises en opposition de manière à annuler l'effort axial. Bien que séduisant du point de vue théorique, ce type de denture est, en pratique, compliqué à réaliser car le profil n'est pas dégageant à l'intersection des deux hélices. Il est de ce fait cher à réaliser. Les dentures en chevrons ne sont utilisées que dans l'industrie lourde. Dans ce cas, il s'agit de deux engrenages à hélices contraires associés et non de pignons monoblocs.

- **Engrenages à vis :**

Un engrenage à vis est un engrenage gauche constitué d'une vis sans fin et d'une roue à vis conjuguée, appelé « roue et vis sans fin ». Le profil de la vis est en général trapézoïdal.

Dans de nombreux cas, ce dispositif est irréversible, ce qui signifie que si la vis peut entraîner la roue, la roue ne peut pas, en raison des frottements et de l'angle de l'hélice de la vis, entraîner celle-ci. Cet aspect est intéressant notamment pour la commande d'un treuil qui ne peut pas se dérouler tout seul. Son rôle de réducteur de vitesse est aussi très intéressant, car il permet un rapport de rotation très élevé avec seulement deux éléments, et ce dans un espace réduit et avec un renvoi d'angle à 90° au prix d'un rendement nettement inférieur à celui d'un engrenage conique. C'est d'ailleurs ce mauvais rendement qui lui permet d'assurer dans certaines conditions l'irréversibilité.

- **Les principales caractéristiques de la transmission par roue et vis sans fin**

:

La transmission est réalisée à l'aide d'une vis à un ou plusieurs filets de forme trapézoïdale engrenant avec une roue cylindrique à denture hélicoïdale. La vis et la roue ont des sens d'inclinaison identiques. Le frottement important établi au contact roue et vis entraîne les conséquences décrites dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Les principales caractéristiques de la transmission par roue et vis sans fin

<b>Avantage :</b>	<b>Inconvénients :</b>
-transmission sans à-coups, ni vibrations. -niveau sonore le plus faible des engrenages. -transmission de couples importants sous des fréquences de rotation élevées. -durée de vie plus importante. -irréversibilité. -rapport de transmission très important sous un encombrement très réduit.	-un rendement plus faible que pour les autres types d'engrenages : $0,3 < \eta < 0,8$ -la nécessité de retenir des matériaux à faibles facteurs de frottement : acier / bronze dur. -échauffement lors du fonctionnement continu en charge. -nécessité absolue d'une lubrification abondante, souvent par huile. -présence d'un effort axial très important sur la vis se répercutant sur les paliers de guidage.

### II.3.5. La représentation normalisée des engrenages :

En dessin technique, la représentation des engrenages est codifiée par souci de simplification. On distinguera, le dessin proprement dit, du schéma.

Dessin technique : le noyau de la roue est dessiné en plein. Un pignon est toujours représenté comme s'il avait un nombre pair de dents et dans les coupes le creux de dents est placé dans le plan de coupe. Dans le cas des dessins d'ensemble, on impose indifféremment la priorité (premier plan) à la dent en prise de l'une ou l'autre roue de l'engrenage.

Schéma cinématique : en vue radiale les engrenages sont représentés par leurs cercles primitifs (tangents). En vue axiale, un trait transversal rappelle l'engrènement entre les deux roues.

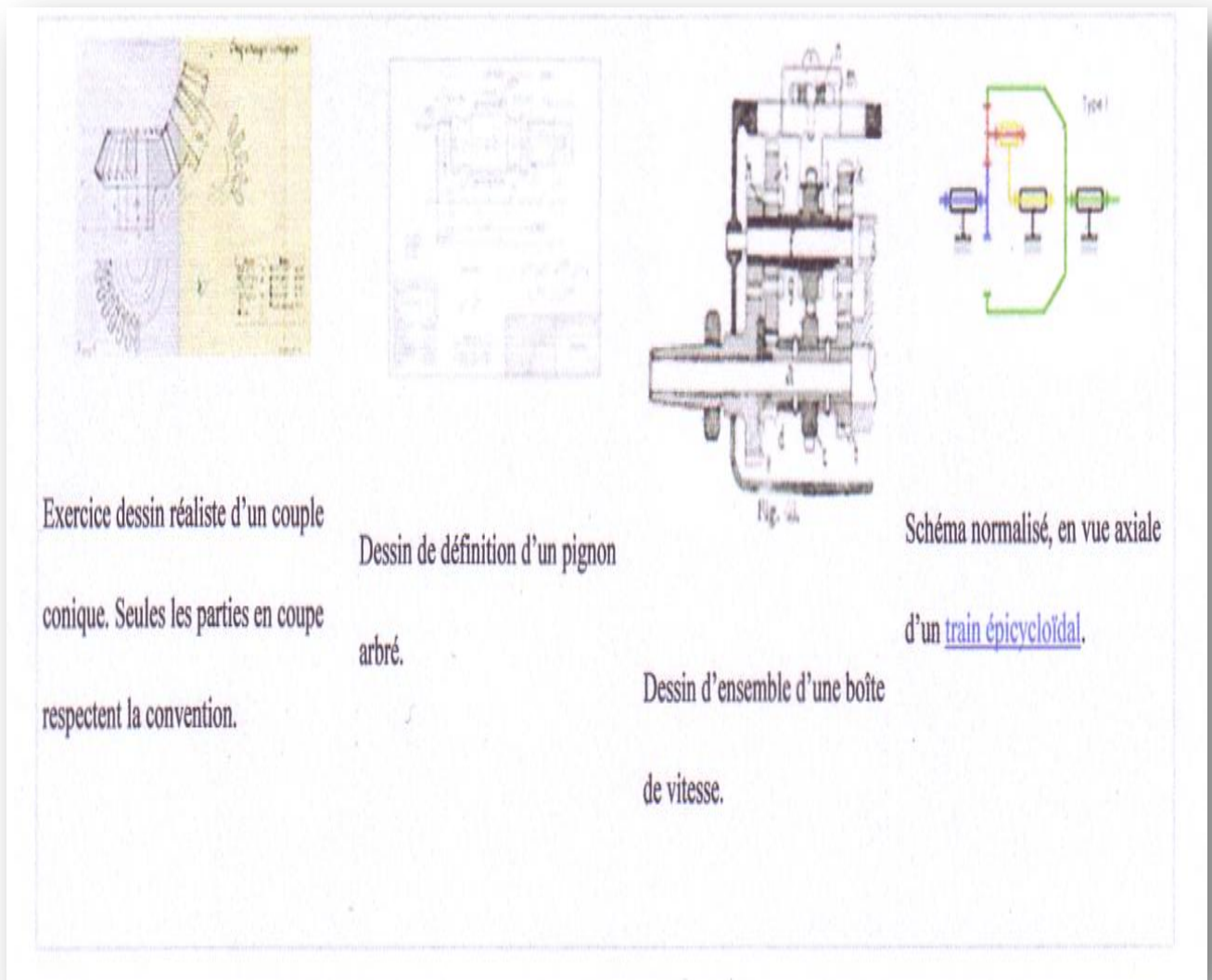


Figure II.6 : La représentation normalisée des engrenages

## II.4. Généralités sur les réducteurs

En palier, la fréquence de rotation d'un moteur (électrique, ou thermique) dépasse couramment la valeur souhaitée pour le mouvement des organes récepteurs,

par ailleurs, le couple délivré est très souvent insuffisant pour vaincre l'inertie du démarrage, puis assurer la continuité du fonctionnement en charge de l'installation, dans ces conditions, le réducteur de vitesse, installé en début de chaîne cinématique, intervient pour modifier les performances motrices, en diminuant la fréquence de rotation et augmentant simultanément le couple disponible.

#### **II.4.1. Rôle d'un réducteur :**

Une transmission de puissance est installée entre un moteur et une machine à commander. Un moteur à vitesse de fonctionnement unique et à couple nominal unique est utilisé, dans la majorité des cas, qu'il soit électrique, thermique, hydraulique ou pneumatique, car c'est la solution économique acceptable. La machine à commander fonctionne en général à vitesse et à couple uniques dits caractéristiques d'utilisation, il est donc nécessaire d'adapter les caractéristiques du moteur à celles de la machine et pour cela l'élément d'adaptation entre moteur et machine est un réducteur de vitesse.

Le réducteur est un mécanisme destiné à augmenter le couple moteur afin d'entraîner en rotation un organe récepteur sous l'effet d'un nouveau couple, avec diminution de la fréquence de rotation.

Différents types de transmissions existent : mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique,... etc. parmi les transmissions mécaniques on rencontre les roues de friction, les poulies et courroies, les roues dentées et chaînes et les engrenages, utilisables suivant les critères de fonctionnement imposés.

L'engrenage est la solution la plus répandue

- ✚ Il assure une sécurité cinématique, car il ne peut pas se produire de glissement.
- ✚ La résistance aux efforts est très importante avec une très bonne fiabilité.
- ✚ La puissance transmise par unité de masse est la plus forte obtenue parmi toutes les solutions.
- ✚ L'encombrement est très réduit.
- ✚ Le rendement est très voisin de l'unité dans le cas d'une bonne fabrication ( $\eta = 0,96$  à  $0,99$ ).
- ✚ Le prix est très variable suivant la précision demandée, il est en général élevé.

#### **II.4.2. Critères de dimensionnement d'un réducteur :**

Une transmission de puissance au travers d'un réducteur entraîne diverses sollicitations sur les éléments principaux tels que :

- ✚ Les arbres (portant les engrenages).
- ✚ Les engrenages.

Leur dimensionnement découle de calculs de résistance des matériaux.

- **Sollicitations sur les arbres :**

Les arbres sont sollicités en torsion / flexion, il convient donc, après avoir déterminé les actions mécaniques agissant sur chacun d'eux, de calculer les contraintes régnant au sein du matériau et de traduire la condition de résistance en torsion / flexion.

Dans l'hypothèse d'une étude en torsion pure (paliers rapprochés), les contraintes tangentielles sont respectivement sur l'arbre 1 et l'arbre 2 d'un réducteur élémentaire sont :

$$\mathcal{T}_{1M} = \frac{C_1}{\left(\frac{\pi d_1^3}{16}\right)} \qquad \mathcal{T}_{2M} = \frac{C_2}{\left(\frac{\pi d_2^3}{16}\right)}$$

Si la résistance pratique au glissement est la même pour les deux arbres (matériaux identique), la condition de tenue en torsion s'écrit, pour chacun des deux arbres :

$$\mathcal{T}_{1M} \leq \mathcal{T}_p \qquad \mathcal{T}_{2M} \leq \mathcal{T}_p$$

Soit :

$$\frac{C_1}{\left(\frac{\pi d_1^3}{16}\right)} \leq \mathcal{T}_p \qquad \frac{C_2}{\left(\frac{\pi d_2^3}{16}\right)} \leq \mathcal{T}_p$$

D'où :

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16c_1}{\pi \mathcal{T}_p}} \qquad d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{16c_2}{\pi \mathcal{T}_p}}$$

Avec :

$$C_2 = n_{12} \cdot \frac{1}{k_{12}} C_1 \approx \frac{1}{k_{12}} C_1$$

En négligeant le rendement, soit :

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{16c_2}{k_{12}\pi \mathcal{T}_p}} \qquad \text{Et} \qquad \frac{d_2}{d_1} \geq \sqrt[3]{\frac{1}{k_{12}}}$$

Ce résultat justifie la différence de diamètre existant entre chacun des arbres d'un réducteur constitué de réducteurs élémentaires montés en série, ce diamètre augmente lorsqu'on rapproche de l'arbre secondaire 2 de réducteur.

- **Sollicitations sur la denture :**

Une dent en prise doit résister à une sollicitation de flexion, celle-ci résulte de l'application d'un effort tangentiel sur l'un de ses flancs, lequel est à l'origine du couple à transmettre, simultanément, cette dent supporte une pression superficielle (pression de matage, ou de Hertz) localisée au niveau du contact avec sa conjuguée.

Dimensionner une denture revient donc à traduire deux conditions de résistance, dont les paramètres liés au matériau sont :

- La résistance pratique en traction  $\sigma_{pe}$  (pour la sollicitation de flexion).
- La résistance pratique" au matage  $P_m$  (celle-ci pouvant atteindre la valeur de 3000 MPa).

Les calculs en bureau d'étude privilégient la tenue de la dent en flexion devant son aptitude à résister à une usure superficielle due au matage, cela évite des dommages importants consécutifs à une rupture de dent, notons que cette usure superficielle génératrice de bruit témoigne du niveau d'usure de l'engrenage.

## II.5. schéma cinématique :

### II.5.1. schéma cinématique du réducteur (dispositif de serrage) :

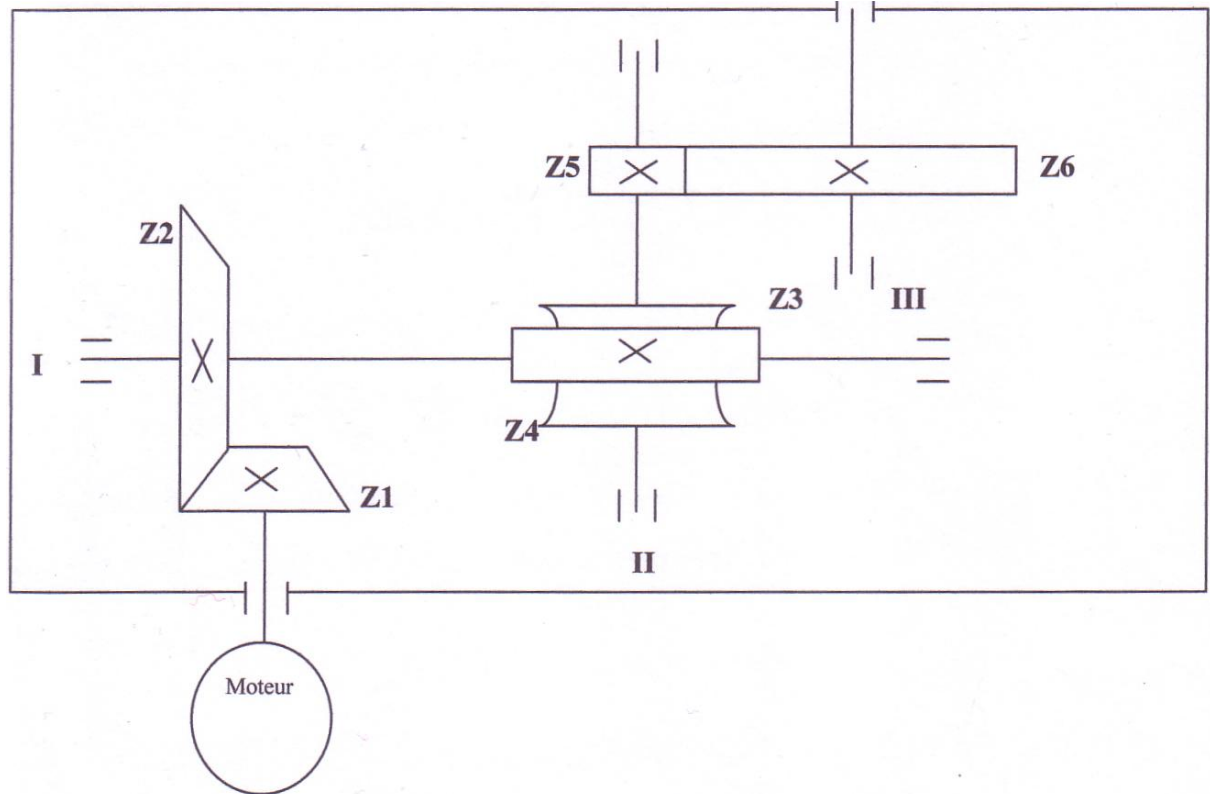


Figure II.7 : Schéma cinématique de réducteur

Tableau II.4 : Caractéristiques d'engrenages de réducteur

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$ (K)	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$
nature	Roue conique à denture droite	Roue conique à denture droite	Vis sans fin	Roue Tangente	Roue cylindrique à denture droite	Roue cylindrique à denture droite
Nombre des dents Z Nombre de Filets K	20	50	1	41	13	38
Le module M	3	3	4	4	5	5

### II.5.1.1. Calcul de vérification pour les dimensions et les caractéristiques du réducteur :

Le but de ce calcul est la vérification des choix opérés :

#### ✚ Calcul du rapport de réduction pour le réducteur à 3 trains d'engrenages

:

#### ❖ 1er train : pignon d'attaque du moteur — roue conique

(arbre I).

-Pignon d'attaque du moteur

-roue conique (arbre I)

$Z_1 = 20$  dents

$Z_2 = 50$  dents

$m_1 = 3$  mm

$m_2 = 3$  mm

$d_1 = m_1 \times Z_1 = 20 \times 3 = 60$  mm

$d_2 = m_2 \times Z_2 = 50 \times 3 = 150$  mm

Le rapport de transmission :

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{20}{50} = \frac{2}{5}$$

$$n_2 = i_1 \times n_1 = \frac{2}{5} \times 1420 = 568 \text{ tr/min}$$

#### ❖ 2ème train : vis sans fin (arbre I) — roue tangente

(arbre II)

-vis sans fin (arbre I)

-roue tangente

(arbre II).

$Z_3 = K = 1$  ; nombre de filets

$Z_4 = 41$  dents

$m_3 = 4$  mm

$m_4 = 4$  mm

$d_4 = m_4 \times Z_4 = 4 \times 41 = 164$  mm

$$i_2 = \frac{K}{Z_4} = \frac{1}{41} = \frac{n_3}{n_2}$$

$$n_3 = i_2 \times n_2 = \frac{1}{41} \times 568 = 13,85 \approx 14 \text{ tr/min}$$



❖ **3ème train** : arbre dentée (arbre II) -roue à denture droite (arbre III)

-arbre dentée (arbre II)

-roue à denture droite (arbre III)

$Z_5 = 13$  dents

$Z_6 = 38$  dents

$m_5 = 5$  mm

$m_6 = 5$  mm

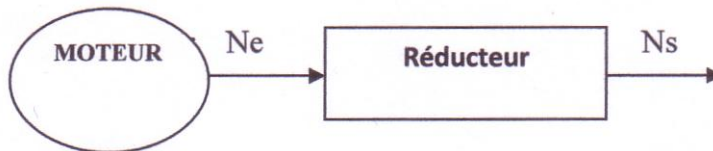
$d_6 = m_6 \times Z_6 = 5 \times 38 = 190$  mm

$$i_3 = \frac{Z_5}{Z_6} = \frac{13}{38} = \frac{n_4}{n_3}$$

$$n_4 = i_3 \times n_3 = \frac{13}{38} \times 14 = 4,78 \approx 5 \text{ tr/min}$$

❖ **Rapport de réduction totale** :

$$i = i_1 \times i_2 \times i_3 = \frac{2}{5} \times \frac{1}{41} \times \frac{13}{38} = \frac{26}{7790} \approx \frac{1}{300}$$



$$n_s = n_e \times i = 1420 \times \frac{1}{300} = 4,73 \approx 5 \text{ tr/min}$$

• **Couple moteur** :

$$P = C\omega$$

$$P = 2,2 \text{ kW} = 2200 \text{ W} , n = 1420 \text{ tr/min}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 150 \text{ rd/s}$$

$$C = \frac{P}{\omega} = \frac{2200}{150} = 14,66 \approx 15 \text{ Nm}$$

- **Couple après réducteur :**

$$\omega' = \frac{2\pi n'}{60} = 0,52 \approx 0,5 \text{ rd/s}$$

$$C' = \frac{P}{\omega'} = \frac{2200}{0,5} = 4400 \text{ Nm}$$

#### ✚ Diamètre des arbres de réducteur :

- Avec un rendement idéal (égale à 1) :

$$C_2 = \frac{1}{i} \times C_1$$

$i$  = rapport de réducteur entre les deux arbres 1 et 2.

- Condition tangentielle :

$$\mathcal{T}_1 = \frac{C_1}{\frac{\pi d_1^3}{16}}$$

- Condition de résistance à la torsion (l'arbre est misse à la torsion)

$$\mathcal{T}_1 \leq \mathcal{T}_p \quad \text{avec} \quad \mathcal{T}_p = 150 \text{ Mpa} = 150 \times 10^6 \text{ pa}$$

$$\frac{C_1}{\frac{\pi d_1^3}{16}} \leq \mathcal{T}_p$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16C_1}{\pi\mathcal{T}_p}}$$

- $\emptyset$  arbre 1 :

$$C_1 = \frac{1}{I_1} C_M = \frac{5}{2} \times 15 = 3,75 \text{ Nm}$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16C_1}{\pi\mathcal{T}_p}} \geq 0,01\text{m} \geq 10\text{mm}$$

$$d_1 \geq 10 \text{ mm}$$

- $\emptyset$  arbre 2 :

$$C_2 = \frac{1}{I_2} C_1 = 41 \times 3,75 = 1537,5 \text{ Nm}$$

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{16C_2}{\pi T_p}} \geq 0,037m \geq 37mm$$

$$d_2 \geq 37 \text{ mm}$$

- $\emptyset$  arbre 3 :

$$C_3 = \frac{1}{I_3} C_2 = \frac{38}{13} \times 1537,5 = 4494,23 \text{ Nm}$$

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{16C_3}{\pi T_p}} \geq 0,053m \geq 53mm$$

$$d_3 \geq 53 \text{ mm}$$

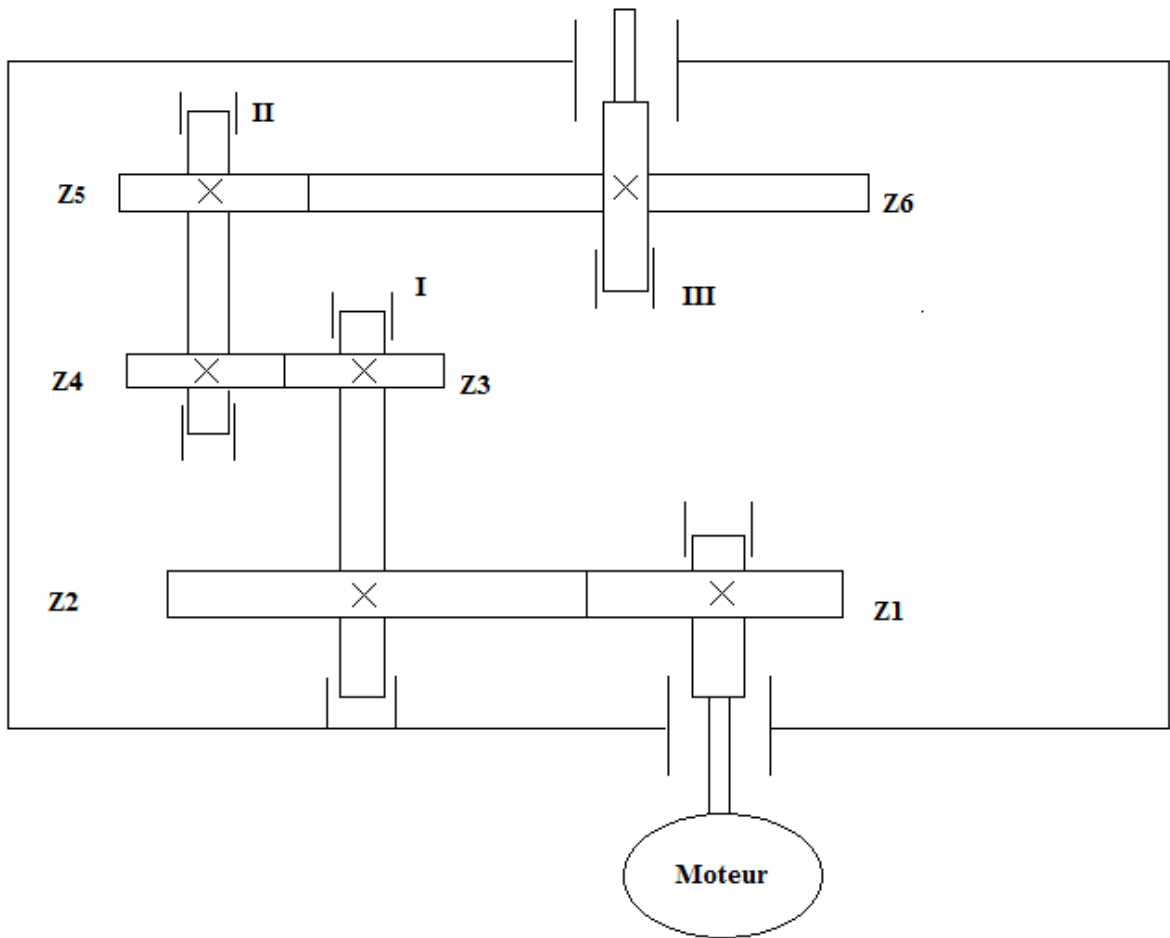
Les diamètres  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  réellement sont très supérieurs aux valeurs calculées :

$$d_1 = 35 \text{ mm} > 10 \text{ mm}, d_2 = 70 \text{ mm} > 37 \text{ mm}, d_3 = 57 \text{ mm} > 53 \text{ mm}$$

Par conséquent, la tenue en torsion n'est pas à mettre en doute. Le coefficient de sécurité (par rapport aux valeurs que nous venons calculer, et pour lesquelles il est déjà tenu compte d'un coefficient de sécurité), est de l'ordre 3,5 pour  $d_1$  et 2 pour  $d_2$  et 1 pour  $d_3$  cela s'explique en partie par le fait que, dans les calculs qui précèdent, ont été négligés les coefficients de concentration de contraintes sur les arbres, consécutifs :

- Aux divers changements de diamètres aménagés (épaulements).
- Aux usinages recevant les clavettes.
- Au taillage direct de la denture sur l'arbre (pignons arbrés ou arbre denté).

**II.5.2. schéma cinématique du réducteur (d'un vireur motoréducteur coaxial) :**



**Figure II.8 : Schéma cinématique de réducteur**

**Tableau II.5 : Caractéristique d'engrenages de réducteur**

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
nature	Roue cylindrique à denture droite	Roue cylindrique à denture droite	Roue cylindrique à denture droite	Roue cylindrique à denture droite	Roue cylindrique à denture droite	Roue cylindrique à denture droite
Nombre des dents Z	20	50	5	40	15	50
Le module m	1	1	2	2	3	3

**II.5.2.1. Calcul de vérification pour les dimensions et les caractéristiques du réducteur :**

Pour cette vérification nous nous proposons de vérifier la vitesse de sortie du réducteur.

✚ **Calcul du rapport de réduction pour le réducteur à 3 trains d'engrenages**

:

❖ **1er train** : pignon d'attaque du moteur — roue conique

(arbre I).

-Pignon d'attaque du moteur

-roue conique (arbre I)

$Z_1 = 20$  dents

$Z_2 = 50$  dents

$m_1 = 1$  mm

$m_2 = 1$  mm

$d_1 = m_1 \times Z_1 = 20 \times 1 = 20$  mm

$d_2 = m_2 \times Z_2 = 50 \times 1 = 50$  mm

Le rapport de transmission :

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{20}{50} = \frac{2}{5}$$

$$n_2 = i_1 \times n_1 = \frac{2}{5} \times 2000 = 800 \text{ tr/min}$$

❖ **2ème train** : roue à denture droite (arbre I) -roue à denture droite (arbre II).

-roue à denture droite (arbre I)

-roue à denture droite (arbre II).

$Z_3 = 5$  dents

$Z_4 = 40$  dents

$m_3 = 2$  mm

$m_4 = 2$  mm

$d_3 = m_3 \times Z_3 = 2 \times 5 = 10$  mm

$d_4 = m_4 \times Z_4 = 2 \times 40 = 80$  mm

$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8} = \frac{n_3}{n_2}$$

$$n_3 = i_2 \times n_2 = \frac{1}{8} \times 800 = 100 \text{ tr/min}$$

❖ **3ème train** : roue à denture droite (arbre II) -roue à denture droite (arbre III)

-roue à denture droite (arbre II)

-roue à denture droite (arbre III)

$Z_5 = 15$  dents

$Z_6 = 50$  dents

$m_5 = 3$  mm

$m_6 = 3$  mm

$d_5 = m_5 \times Z_5 = 3 \times 15 = 45$  mm

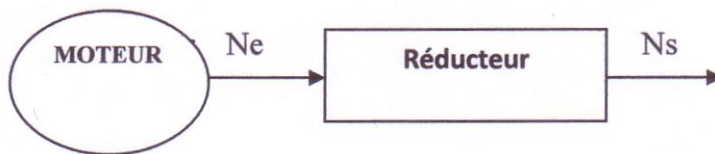
$d_6 = m_6 \times Z_6 = 3 \times 50 = 150$  mm

$$i_3 = \frac{Z_5}{Z_6} = \frac{15}{50} = \frac{3}{10} = \frac{n_4}{n_3}$$

$$n_4 = i_3 \times n_3 = \frac{3}{10} \times 100 = 30 \text{ tr}/\text{min}$$

❖ **Rapport de réduction totale :**

$$i = i_1 \times i_2 \times i_3 = \frac{2}{5} \times \frac{1}{8} \times \frac{3}{10} = \frac{6}{400} = \frac{3}{200}$$



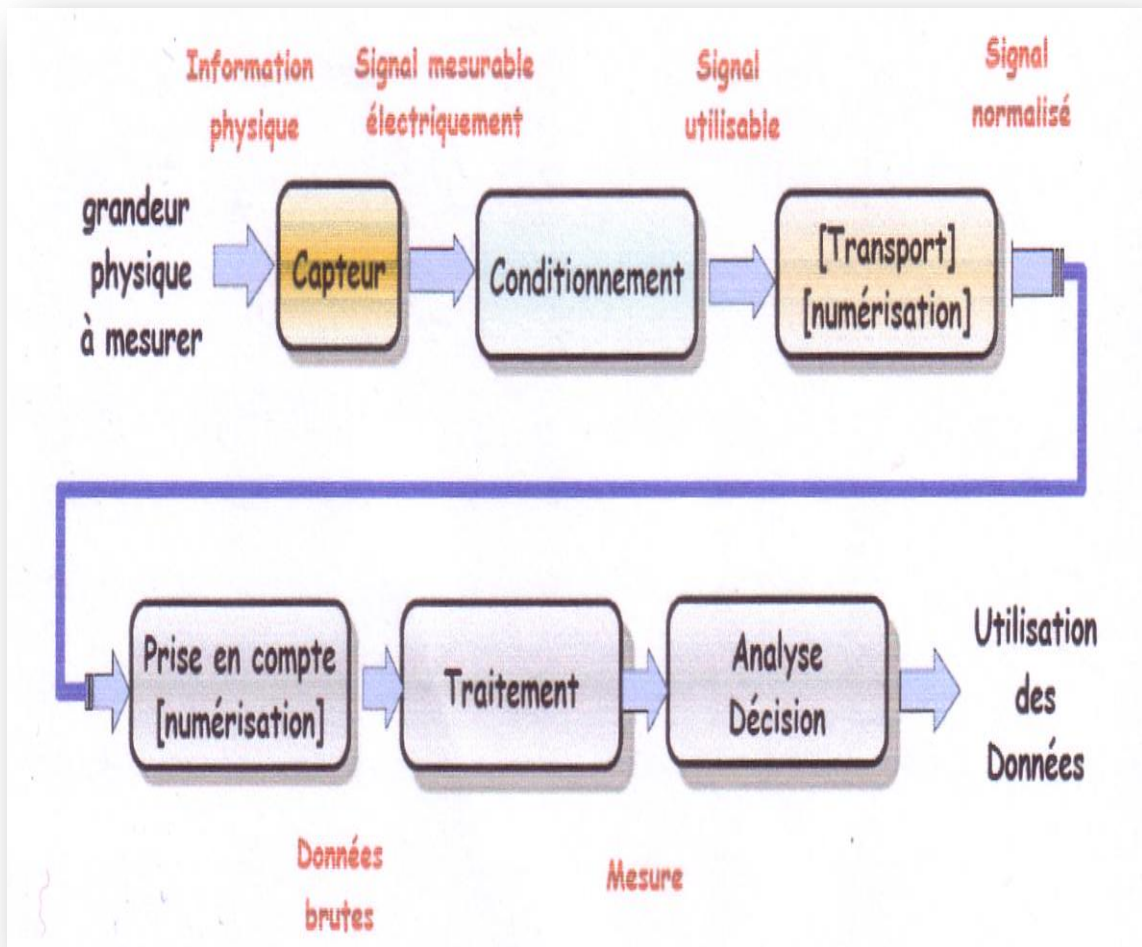
$$n_s = i \times n_e = \frac{3}{200} \times 2000 = 30 \text{ tr}/\text{min}$$

**Nous trouvons que la vitesse de sortie ( $n_s$ ) réelle, donnée en stage, est égale à la vitesse de sortie calculée.**

### III. les capteurs :

#### III.1. Définition :

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie), on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique.



**Figure III.1 : Capteur dans la chaîne de mesure**

Dans les systèmes automatisés séquentiels la partie commande traite des variables logiques ou numériques. L'information délivrée par un capteur pourra être :

- ✚ Logique (2 états).
- ✚ Numérique (valeur discrète),
- ✚ Analogique (dans ce cas il faudra adjoindre à la partie commande un module de conversion analogique numérique).

On peut caractériser les capteurs selon deux critères:

- **En fonction de la grandeur mesurée:** on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression...etc.

- **En fonction du caractère de l'information délivrée :** on parle alors de capteurs logiques appelés aussi capteurs tout ou rien (TOR), de capteurs analogiques ou numériques.

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs :

- ✚ Les capteurs mécaniques.
- ✚ Les capteurs électriques.
- ✚ Les capteurs pneumatiques.

### **III.2.Principales caractéristiques des capteurs:**

- **L'étendue de la mesure :** c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- **La sensibilité :** plus un capteur est sensible, plus la mesure pourra être précise, c'est une caractéristique importante pour l'exploitation et l'interprétation de la mesure. C'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- **La rapidité :** est une spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations de la mesure.
- **La précision :** c'est la capacité de répétitivité d'une information : position, d'une vitesse, ... etc.
- **Les erreurs :** le capteur et toute la chaîne de traitement de la mesure introduisent des erreurs : bruit, décalage, interférences, ...etc. L'erreur globale de mesure ne peut être qu'estimée ; une conception rigoureuse de la chaîne de mesure permet de réduire les erreurs et donc l'incertitude sur le résultat ; on parle de : fidélité, justesse, précision, incertitude, linéarité.



- **Étalonnage** : l'étalonnage permet d'ajuster et de déterminer sous forme graphique ou algébrique, la relation entre la mesure et la grandeur électrique de sortie. Très souvent l'étalonnage n'est valable que pour une seule situation d'utilisation du capteur.
- **Limite d'utilisation** : les contraintes mécaniques, thermiques ou électriques auxquelles un capteur est soumis entraînent, lorsque leur niveau dépasse des seuils définies, une modification des caractéristiques du capteur. Au-dessus d'un certain seuil, l'étalonnage n'est plus valable, au-dessus d'un autre plus grand, le capteur risque d'être détruit.
- **Finesse** : c'est une spécification qui permet d'estimer l'influence de la présence du capteur et de ces liaisons sur la valeur de la mesure. La finesse doit être la plus grande possible.

### III.3. Classification des capteurs :

Les capteurs ont plusieurs modes de classification :

- **Capteurs passifs** : Ils ont besoin dans la plupart des cas d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner (exemple : thermistance, photorésistance, potentiomètre, jauge d'extensomètre appelée aussi jauge de contrainte). Ce sont des capteurs modélisables par une impédance. Une variation du phénomène physique étudié (mesuré) engendre une variation de l'impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie.
- **Capteurs actifs**: Ils sont constitués de transducteurs qui généralement n'ont pas besoin d'alimentation (exemple : thermocouple, photodiode, capteur piézoélectrique...). Ce sont des capteurs que l'on modélise par des générateurs. Ainsi ils génèrent soit un courant, soit une tension, soit une charge électrique en

fonction de l'intensité du phénomène physique mesuré.

- **Capteurs intelligents** : Ces dernières années ont vu apparaître le concept de capteurs intelligents.

En plus de leur facilité de mesurer une grandeur physique, ils possèdent d'autres fonctionnalités dont voici une liste non-exhaustive :

- fonctions configurables de traitement du signal (filtres, gains...);
- fonctions d'autotest et d'autocontrôle ;
- étalonnage automatique.

### Capteurs actifs :

**Tableau III.1 : tableau des capteurs actifs**

Grandeur physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photo- émission	Charge
Flux de rayonnement optique	Effet photovoltaïque	Courant
Flux de rayonnement optique	Effet photo- électrique	Tension
Force ou pression	Piézo-électricité	Tension
Accélération ou vitesse	Induction électromagnétique	Charge
Position (aimant) ou courant	Effet hall	Tension

## Capteurs passifs :

Tableau III.2 : tableau des capteurs passifs

Grandeur physique à mesurer	Caractéristique sensible	Matériau utilisé
Température	Température	Métal : platine, nickel, cuivre ....
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de nickel, silicium dopé
Déformation	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position	Résistivité	Matériaux magnéto résistance
Humidité (aimant)	Résistivité	Chlorure de lithium

### III.3.1. Classification suivant le type de sortie :

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie :

✚ **Capteurs analogiques** : La sortie est une grandeur physique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues. Le signal des capteurs analogiques peuvent être du type :

- sortie tension
- sortie courant
- règle graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide)
- ...etc.

✚ **Capteurs numériques** : La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peuvent être du type :

- train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise

- code numérique binaire
- etc.
- 🚦 **Capteurs logiques** : Ou capteurs TOR. La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre ne de ces deux valeurs, évidemment discrètes. Le signal des capteurs logiques peuvent être du type :
  - courant présent/absent dans un circuit
  - potentiel, souvent 5V/OV
  - DEL allumée/éteinte
  - signal pneumatique (pression normale/forte pression)
  - ...etc.

### III.3.2. Principes physiques courants exploités par les capteurs :

- Variation de capacité
- variation d'inductance
- variation de résistance
- effet Hall
- effet photoélectrique
- dilatation, déformation
- piézo-électricité
- effet Doppler
- principe de la corde vibrante

### III.4. Les détecteurs de position :

#### Caractéristiques :

Les capteurs mécaniques de position, appelés aussi **interrupteurs de position**, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction détecter les positions. On parle aussi de **détecteurs de présence**.

Ils sont réalisés à base de microcontacts placés dans un corps de protection et muni d'un système de commande ou **tête de commande**.

On peut appeler aussi les interrupteurs fin de course servant souvent à limiter les déplacements des mécanismes du processus. Ils sont aussi destinés à protéger les mécanismes contre les ruptures de leurs éléments en cas de dépassement des limites admissibles.

**Avantages :**

- sécurité de fonctionnement élevée.
- bonne fidélité sur les points d'enclenchement (jusqu'à 0,01 mm).
- séparation galvanique des circuits.
- bonne aptitude à commuter les courants faibles.
- tension d'emploi élevée.
- mise en œuvre simple, fonctionnement visualisé.
- grande résistance aux ambiances industrielles.

**Utilisations :**

Les plus significatives se rencontrent dans la mécanique et la machine-outil (usinage, manutention, levage), dans l'agro-alimentaire et la chimie (conditionnement, emballage), sur des types d'applications relevant de :

- la détection de pièces machines (cames, butées, pignons).
- la détection de balancelles, chariots, wagons.
- la détection directe d'objets.

**Principe :**

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique.

De nombreux modèles peuvent être associés au corps : tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multi-direction associée à différents dispositifs d'attaque (à poussoir, à levier, à tige).

La tête de commande et le dispositif d'attaque sont déterminés à partir de :

- la forme de l'objet : came 30°, face plane, forme quelconque.

- la trajectoire de l'objet : frontale, latérale, multidirectionnelle.
- la précision de guidage.

L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.

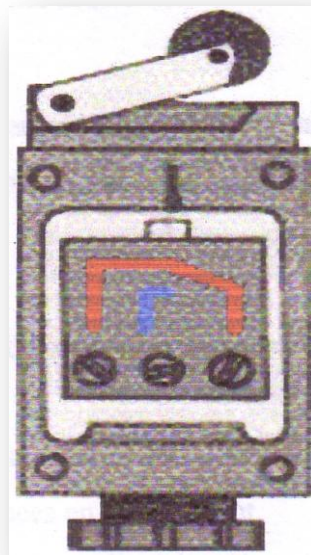
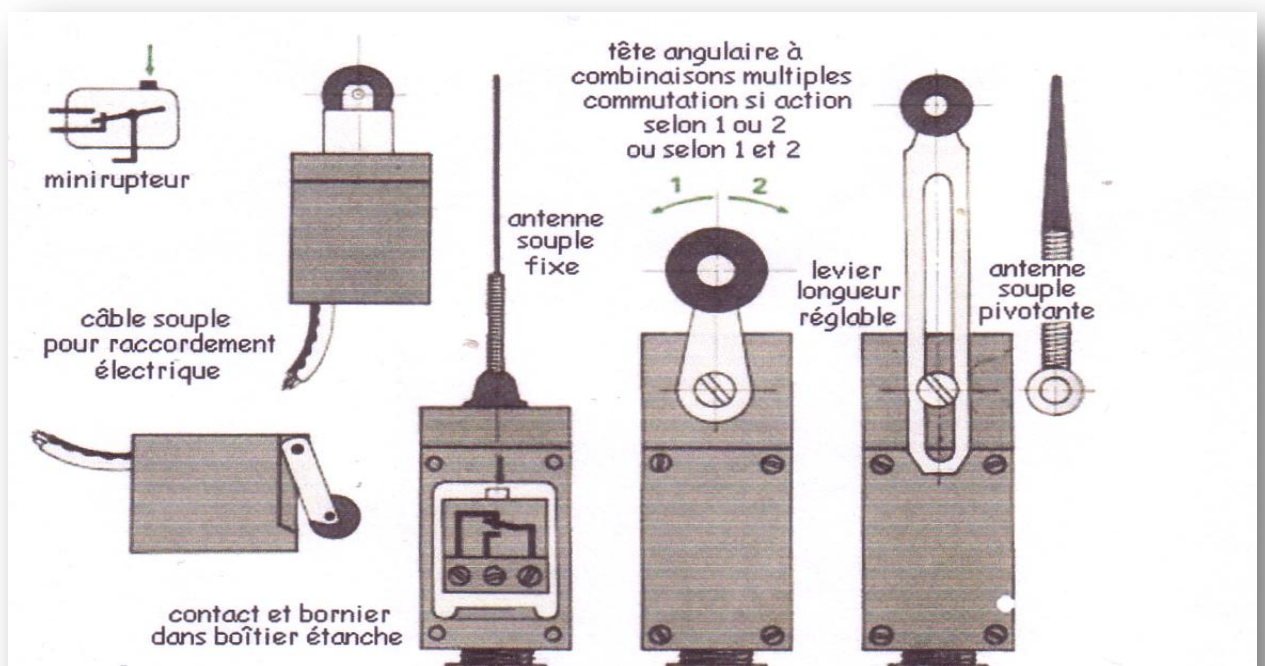


Figure III.2 : principe de détecteur de position



**Figure III.3 : Gamme des détecteurs de position**

### **III.5. Les interrupteurs de proximité inductifs :**

#### **Caractéristiques :**

Ce type de capteur est réservé à **la détection sans contact d'objets métalliques**. L'objet est donc à proximité du capteur mais pas en contact contrairement à un détecteur de position.

#### **Avantage :**

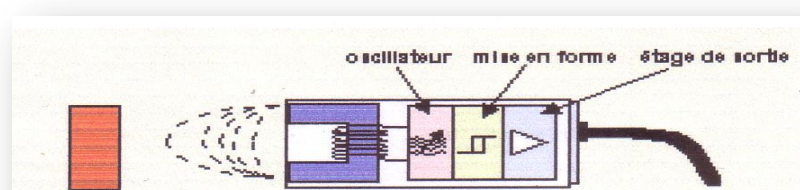
- pas de contact physique avec l'objet détecté : possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints.
- pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres.
- détecteur statique, pas de pièces en mouvement.
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche).
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

#### **Utilisations :**

Machine-outil, robotique, chimie fine, agro-alimentaire, domaines d'applications de l'usinage, manutention, assemblage, convoyage.

#### **Principe :**

La technologie des détecteurs de proximité inductifs est basée sur la **variation d'un champ magnétique** à l'approche d'un objet conducteur du courant électrique. Il produit à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant, ce



champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle.

#### **Figure III.4 : Principe d'interrupteur de proximité inductif**

### **III.6. Les interrupteurs de proximité capacitifs :**

#### **Caractéristiques :**

Les interrupteurs capacitifs présentent l'avantage de pouvoir détecter à courte distance la présence de **tous types d'objets**. L'objet est donc à proximité du capteur mais pas en contact contrairement à un détecteur de position.

#### **Avantages :**

- pas de contact physique avec l'objet détecté : possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints.
- pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres.
- détecteur statique, pas de pièces en mouvement.
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche).
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

#### **Utilisations :**

- contrôle de remplissage de liquides dans des flacons ou des cuves.
- détection de la présence de matériaux pulvérulents dans des trémies.

Les domaines d'utilisation les plus significatifs se rencontrent dans l'agroalimentaire, la chimie, la transformation des matières plastiques, le bois, les matériaux de construction.

#### **Principe :**



La technologie des détecteurs de proximité capacitifs est basée sur la **variation d'un champ électrique** à l'approche d'un objet quelconque.

### **III.7. Les interrupteurs de proximité photoélectriques :**

#### **Caractéristiques :**

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux. Les détecteurs photoélectriques se composent essentiellement d'un **émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible**. La détection est effective quand l'objet pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.

Elle est réalisée selon deux procédés :

- blocage du faisceau par la cible.
- renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

#### **Avantages :**

- pas de contact physique avec l'objet détecté.
- détection d'objets de toutes formes et de matériaux de toutes natures.
- détection à très grande distance.
- sortie statique pour la rapidité de réponse ou sortie à relais pour la commutation de charges jusqu'à 2 A.
- généralement en lumière infrarouge invisible, indépendante des conditions d'environnement.

#### **Utilisations :**

- détection d'objets et de produits dans la manutention et le convoyage.
- détection de pièces dans les secteurs de la robotique.

- détection de personnes, de véhicules ou d'animaux dans les secteurs des ascenseurs et du bâtiment en général.

### **III.8. Choix des capteurs :**

#### **III.8.1. Critères de choix :**

Parmi les principaux et nombreux facteurs qui interviennent dans le choix d'un détecteur, citons :

- les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées.
- l'effort nécessaire pour actionner le contact.
- la nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, ainsi que la température.
- le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides.
- le nombre de cycles de manœuvres.
- la nature du circuit électrique.
- le nombre et la nature des contacts.
- la place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil.

La démarche d'aide au choix s'établit en deux temps :

Phase 1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application

Phase 2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché

- l'environnement : température, humidité, poussières, projections diverses.
- la source d'alimentation : alternative ou continue.
- le signal de sortie : électromécanique, statique.
- le type de raccordement : câble, connecteur.

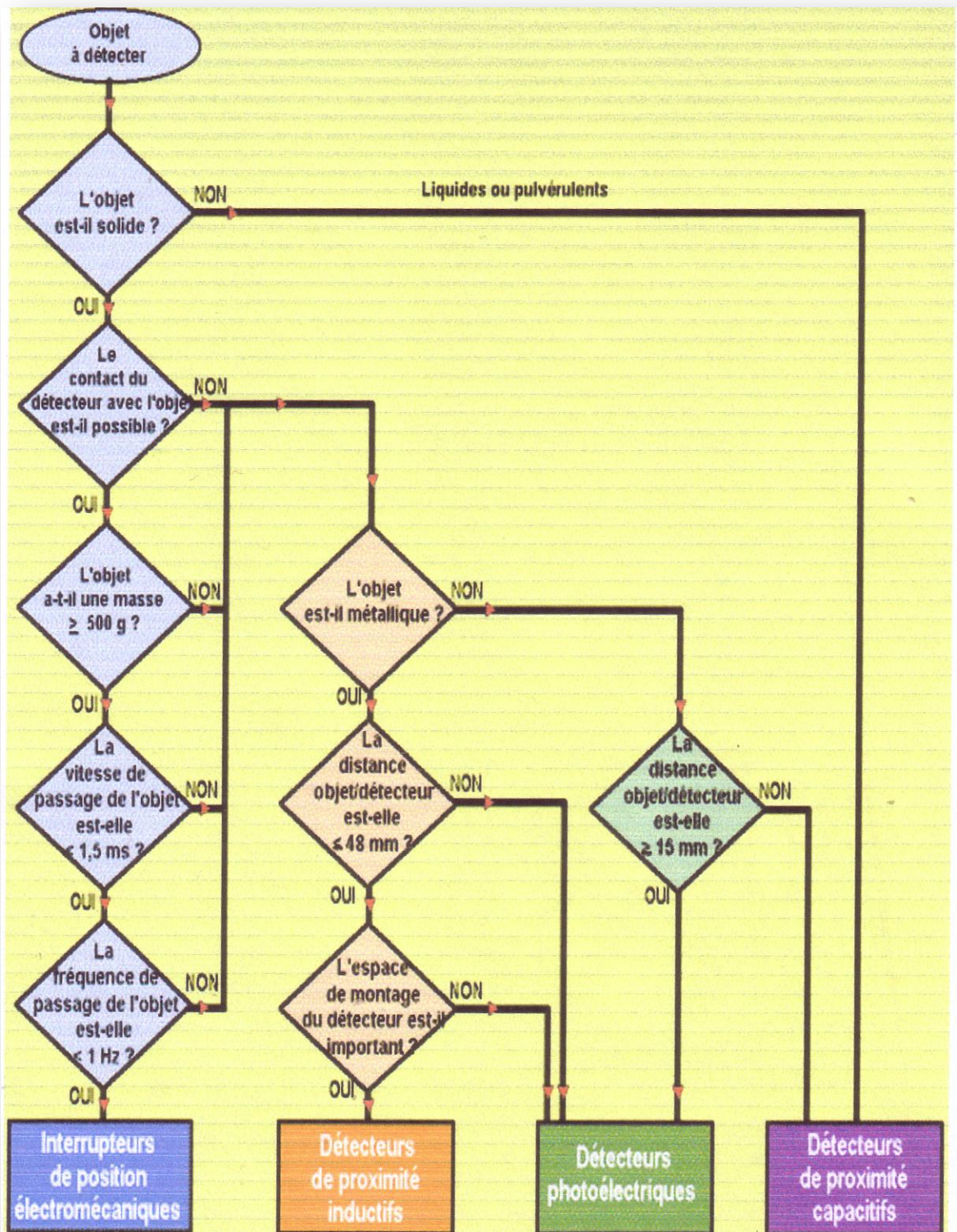


Figure III.5 : Choix d'une famille des capteurs de position

### III.8.2. Choix des capteurs utilisés dans notre application :

Nous avons choisi les capteurs pour notre processus comme il est indiqué dans le tableau suivant : (nous gardons les mêmes appellations des contacts et conditions logiques d'après les anciens schémas de câblage de l'unité, seulement en changeant les symboles)

**Tableau III.3 : choix des capteurs**

\*En plus, nous avons utilisé un thermocouple (détecteur de flamme), un pressostat (pour

Symbole	Nom	Nature
PT1	Présence tube devant table 1	Interrupteur de proximité inductif
PT2	Présence tube devant table 2	Interrupteur de proximité inductif
PT3	Présence tube devant table 3 (longueur finale, réglable)	Interrupteur de proximité inductif
FCLD	Fin de course limite desserrage tube	Détecteur de position électromécanique
FCLS	Fin de course limite serrage tube	Détecteur de position électromécanique
FCRC	Fin de course limite retour chariot (position initiale)	Détecteur de position électromécanique
FCAC	Fin de course limite avancement chariot (position finale)	Détecteur de position électromécanique
FCT1	Fin de course table 1 en position basse	Détecteur de position électromécanique
FCT2	Fin de course table 2 en position basse	Détecteur de position électromécanique
FCT3	Fin de course table 3 en position basse	Détecteur de position électromécanique
In M	Présence tube sur le magasin	Interrupteur de proximité inductif
In T	Présence tube sur la table	Interrupteur de proximité inductif
In B	Présence tube contre la butée	Interrupteur de proximité inductif
In G	Bras de guidage à la position haute	Interrupteur de proximité inductif
In EBL	EBL à la position basse	Interrupteur de proximité inductif
FC 1	Fin de course de la table en position basse	Détecteur de position électromécanique
FC2	Fin de course de la table en position haute	Détecteur de position électromécanique

mesurer la pression d'oxygène), et une source d'étincelles électriques.

**Un pressostat :** est un dispositif détectant le dépassement d'une valeur prédéterminée, de la pression d'un fluide. L'information rendue peut être électrique, pneumatique, hydraulique, ou mécanique.

Ces appareils sont également appelés manostats ou encore manocontacts en transformant une ou plusieurs valeurs de pression déterminées qu'ils subissent en informations électriques ou mécaniques. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications de systèmes de contrôle ou de régulation par exemple en provoquant le démarrage d'un compresseur d'air ou d'une pompe si la pression du circuit contrôlé descend au-dessous

**Modèle : ZS2350**

**120/240 V**

**Pression minimal : 0.01 bar**

**ELECTRIQUE**



**Alimentation :**

**S/S :**

**Pression maximal : 160 BARS**

**Figure III.6: un pressostat**

La pression d'oxygène de coupe et de propane (acétylène) est réglée de nouveau suivant l'épaisseur de bande (voir les deux tableaux suivants) :

**Tableau III.4 : variation de pression d'oxygène de coupe et de propane suivant l'épaisseur de bande**

<b>Epaisseur de bande (mm)</b>	<b>Pression oxygène de coupe (bars)</b>	<b>Pression propane (bars)</b>
4-6,35	1,8-3,5	0,07
6,35-9,5	1,4-3,2	0,07
9,5-12,6	1,4-2,1	0,07-0,14
12,6-16	1,8-2,5	0,07-0,14



**Tableau III.5 : variation d'épaisseur de bande suivant diamètre de tube**

<b>Diamètre (pouces)</b>	<b>Epaisseur (mm)</b>
16-20	5/6,3/7,1/8/9,5
24-28	6,3/7,1/8/9,5/10,3
40-48	9,5/10,3/12,7/15

**Thermocouple** : dispositif constitué de deux fils métalliques de nature différente reliés à leurs extrémités par des soudures. Toute différence de température entre ces deux points engendre un courant électrique que l'on peut amplifier et mesurer. Ce phénomène, bien connu en thermoélectricité, est appelé effet Seebeck, du nom du physicien allemand Thomas Seebeck qui a été le premier à l'observer en 1821. L'effet Seebeck est généralement présent en parallèle avec l'effet Peltier (effet inverse de l'effet Seebeck), découvert par le physicien français Jean Peltier en 1834. L'effet Peltier est un échange de chaleur entre les deux extrémités d'un thermocouple, initialement à la même température, lorsque ce dernier est traversé par un courant électrique.

Les thermocouples interviennent principalement dans les mesures de température où ils jouent le rôle de thermomètres très précis. Certains thermocouples, constitués de fils de platine et d'alliage de platine-rhodium, permettent de mesurer des températures très élevées (supérieures à 2 000 °C). Par ailleurs, les thermocouples sont également employés dans des jauges servant à la mesure du vide.

**Modèle : BOCH**  
**cylindrique**

**Interval de fonctionnement :**

:



**Forme :**

**Alimentation**

100°C -> 2000°C

120 / 240 V

Figure III.7 : un thermocouple

**Les capteurs de proximité inductif :** Les capteurs de proximité ou « détecteurs de présence » sont des dispositifs autrefois mécaniques, et aujourd'hui de plus en plus caractérisés par l'absence de [liaison mécanique](#) entre le dispositif de mesure et l'objet cible (personne, animal, objet animé tel qu'un véhicule). L'interaction entre le [capteur](#) et sa « cible » est alors réalisée par l'intermédiaire d'une caméra associée à un système d'analyse de l'image, ou plus souvent d'un champ ([magnétique](#), [électrique](#), [électromagnétique](#)).

Selon les capteurs, objets et situation, l'objet détecté doit être plus ou moins proche du capteur ou illuminé par une source rayonnante (éventuellement non-visible, par exemple dans l'[infrarouge](#)).

Les capteurs de proximité sont utilisés soit en mode [analogique](#), soit en mode [binaire](#). Dans le premier cas, l'amplitude du signal est une fonction de la position relative de l'objet cible ; dans le second cas, le signal ne peut avoir que deux niveaux (haut et bas), selon que l'objet est présent à proximité ou non du capteur inductif.

**Modèle : BOCH  
cylindrique**



**Forme :**

**Distance de détection :**

**5 mm**

**Alimentation :**

**120 140V**

Figure III.8 : un interrupteur de proximité inductif

**Les fins de course électromécanique :** Une fin de course est un dispositif électromécanique utilisé pour déterminer le positionnement et les applications du contrôle en mécanique et en ingénierie des systèmes. Il est utilisé pour détecter la présence ou l'absence d'objets dans les zones où le contact physique est autorisé.

**Modèle : VALIO**

**:**

**Pois : ≈ 500**



**Alimentation**

**120 / 240 V**

**Figure III.9 : une fin de course électromécanique**

**Les sources d'impulsions électriques :**

**Caractéristiques mécanique:**

**Modèles : BMK  
température max.**

**Caractéristique du tube  
d'utilisation :**

**de protection :  
(2372 °F)**

**Tube de protection  
demodèles**

**métallique  
g**



**1300 °C**

**Poids**

**377**

**Corps:**

**Cylindrique**

**Figure III.10 : source d'impulsions**



### III.9. Installation des capteurs :

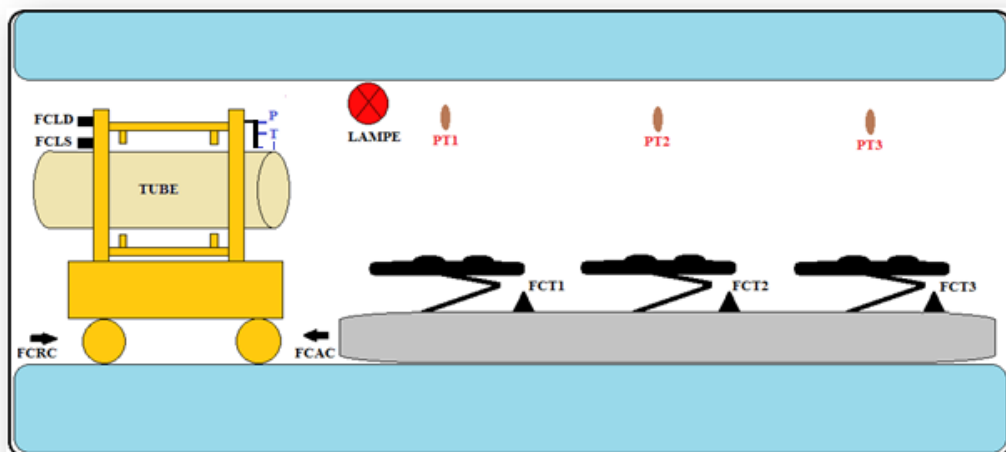
**Tableau III.6 : Installation des capteurs.**

<b>capteur</b>	<b>Lieu d'installation</b>
PT1	sur une antenne à côté de la table 1.
PT2	sur une antenne à côté de la table 2.
PT3	sur une antenne à côté de la table 3, avec distance réglable par rapport au chalumeau suivant la longueur voulue.
FCLD	sur le coté supérieur de la came principale (qui est liée avec l'arbre de sortie du réducteur), avec contact.
FCLS	sur le coté inférieur de la came principale (qui est liée avec l'arbre de sortie de réducteur), avec contact.
FCRC	au point de départ du déplacement du chariot (avec contact).
FCAC	au point final du déplacement du chariot (avec contact). Avec distance par rapport au chalumeau un peu plus grande que le plus grand contour des tubes fabriqués.
FCT1	à côté de la table 1 (avec contact).
FCT2	à côté de la table 2 (avec contact).
FCT3	à côté de la table 3 (avec contact).
T	sur le chalumeau.
I	sur le chalumeau.
P	sur la vanne d'oxygène.
In M	au milieu de magasin de chargement.
In T	à la fin de la table.

In B	à côté de la butée.
In G	à côté des bras de maintien.
In EBL	au milieu de l'EBL.
FC 1	en dessous de la table.
FC 2	à côté de fin de table gauche.

### III.10. Fonctionnement des capteurs dans notre processus :

#### III.10.1.fonctionnement des capteurs du système d'oxycoupage :



**Figure III.11 : Installation des capteurs**

Dans la position initiale (comme il est indiqué dans la figure), les fins de courses positions basses des trois tables (**FCT1**, **FCT2**, **FCT3**), le fin de course limite retour chariot (**FCRC**) et le fin de course limite desserrage tube (**FCLD**) sont actionnés.

Si l'interrupteur de proximité (**PT1**) est actionné (présence tube devant table 1), alors la partie commande doit activer le distributeur levée table 1 (S61L1), par conséquent FCT1 est désactionné.

Si l'interrupteur de proximité (**PT2**) est actionné (présence tube devant table 2), alors la partie commande doit activer le distributeur levée table 2 (S64L1) et l'ouverture de la vanne de gaz et la source d'impulsions électrique (**I**) pour l'allumage,

par conséquence **FCT2** est désactionné.

Une fois le thermocouple (**T**) est actionné (détection flamme), la partie commande doit alors arrêter les impulsions électriques.

Si l'interrupteur de proximité (**PT3**) est actionné (présence tube devant table 3 où longueur de tube voulue), alors la partie commande doit activer le distributeur levée table 3 (S67L1) et le moteur de serrage tube en sens de serrage (LAV SER), par conséquence **FCT3** et FCLD sont désactionnés.

Une fois le fin de course limite serrage tube (**FCLS**) est actionné, il va transmettre un signal à la partie commande pour indiquer que la couronne est bien serrée avec le tube, la partie commande doit alors arrêter le moteur de serrage tube et ouvrir la vanne d'oxygène, par conséquence **FCRC** est désactionné (le chariot découpeur est entraîné par l'avancement du tube).

Une fois le pressostat (**P**) est actionné (pression d'oxygène nécessaire pour la coupe), alors la partie commande doit activer l'allumage de la lampe témoin pour indiquer le début de coupe.

Si le fin de course limite avancement chariot (**FCAC**) est actionné, il va transmettre un signal à la partie commande, pour indiquer la fin de la coupe, qui doit activer les distributeurs descentes tables (S51L2, S52L2, S53L3), et le moteur de serrage tube cette fois en sens de desserrage (LAR SER) et la fermeture des vannes de gaz et d'oxygène et enfin éteindre la lampe pour indiquer la fin de coupe, par conséquence **PT1, PT2, PT3, FCLS, P, T** sont désactionnés.

Une fois le fin de course limite desserrage tube (**FCLD**) est actionné, il va transmettre un signal à la partie commande, pour indiquer le desserrage complet, elle doit alors arrêter le moteur de serrage (desserrage) (LAR SER) et activer le moteur de retour chariot (LAV RET CH).

Une fois les fins de courses **FCT1, FCT2, FCT3** sont actionnés c.à.d. les tables en positions basses, la partie commande doit alors arrêter les distributeurs descentes tables (S51L2, S52L2, S53L2).

Une fois le fin de course limite retour chariot (**FCRC**) est actionné c.à.d. le chariot en position initiale, la partie commande doit alors arrêter le moteur de retour chariot (LAV RET CH).

### III.10.2.fonctionnement des capteurs au système de nettoyage :

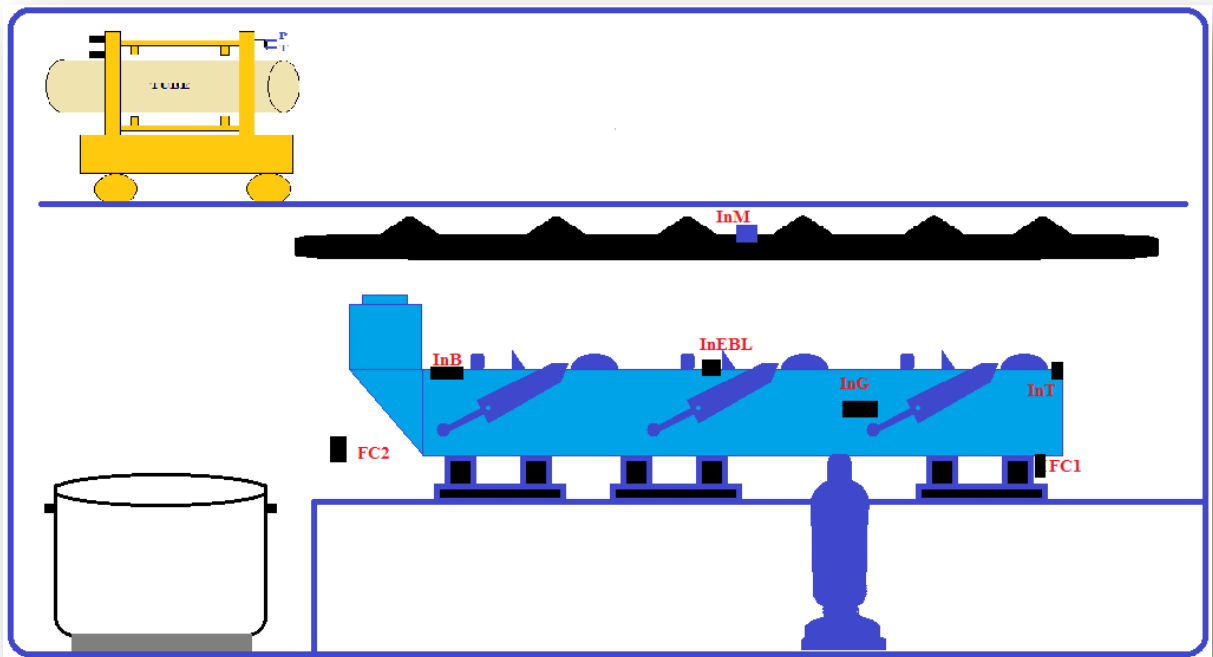


Figure III.12 : Installation des capteurs

Dans la position initiale (comme il est indiqué dans la figure), le fin de course position basse de la table (FC1) est actionné et l'interrupteur de proximité (**In EBL**) à la position basse est désactionné.

Lorsque l'interrupteur de proximité (**InM**) (présence du tube sur le magasin de chargement) est actionné et de proximité (**InT**) (présence du tube sur la table) est actionné, par conséquent (**In EBL**) est actionné c.à.d. que les EBL sont à la position haute.

Quand l'interrupteur de proximité (**InB**) (présence du tube contre la butée) est actionné, les bras de maintien doivent être à la position haute pour guider le tube c.à.d. que (**InG**) est actionné.

Une fois l'interrupteur de proximité (**InG**) est actionné, la table va être

montée c.à.d. que le fin de course (**FC1**) est désactionné,

Une fois la table montée 40°-45°, (le capteur de fin de course de proximité de la table montée) (**FC2**) est actionné et l'horloge est actionnée (elle compte 2 minutes \*largement suffisante pour le nettoyage); c.à.d. que le vireur est mis en marche et par conséquent le tube est en phase de nettoyage.

Lorsque les deux minutes s'écoulent, le vireur s'arrête, l'opération de nettoyage de tube est terminée c.à.d. que (**FC2**) est désactionné.

A ce moment, la table fait l'opération de la descente à la position basse ; (**FC1**) est actionné et les bras de maintien (**InG**) est désactionné, le transport en arrière activé c. à. d. (**InB**) est désactionné.

Une fois le tube sorti, il est dirigé à la zone visuelle, (**InT**) est désactionné.

Puis, finalement, l'initialisation (retour à l'état initial).

## **IV. ETUDE D'UN MICROCONTROLEUR PIC 16F84A**

### **IV.1.Choix d'une commande à base d'un PIC :**

L'utilisation d'un ordinateur s'avère intéressante, puisqu'il nous permet une facilité de programmation en plus de la visualisation du déroulement du processus et sa surveillance, par l'installation de capteurs, il est facile de modifier le programme ou de l'améliorer si nécessaire, dans le cas où on veut changer une tâche, mais son défaut majeur c'est qu'il revient cher pour une installation pareille.

De même pour un automate, il présente une souplesse d'emploi mais lui aussi est cher.

La solution adéquate est d'utiliser un microcontrôleur (PIC), il nous offre la même fiabilité et de plus, il est économique, d'autre part, son constructeur met à notre

disposition un outil de programmation avec un ordinateur sous une dénomination (MPLAB). Ce dernier nous permet d'écrire le programme non pas en langage machine mais en mnémonique et des macro, avec simulation, ce PIC ne nécessite que peu de composants externes, c'est-à-dire qu'on peut l'intégrer sur le bloc de la chaîne sans causer d'encombrement.

Aujourd'hui, la plupart des réalisations électroniques dans de nombreux secteurs d'industrie font appel à ces composants qui peuvent gérer n'importe quel automatisme, l'avantage principal d'un microcontrôleur sur la logique câblée est qu'il exécute les instructions d'un programme logé dans une mémoire, donc modifiable. C'est le principe de l'automate programmable, sur lequel sont reliées toutes les entrées d'une application, le programme gérant les sorties selon des équations prédéfinies par l'utilisateur.

#### **IV.2. Généralités :**

L'année 1971 fut marquée par la fabrication du premier microprocesseur par la société INTEL. Depuis, la plupart des réalisations électroniques dans tous les domaines de l'industrie font appel à ces composants miracles qui peuvent gérer n'importe quel automatisme. L'avantage principal du microprocesseur est que celui-ci travaille avec un programme logé dans une mémoire, donc modifiable. C'est le principe de l'automate programmable. La logique câblée, reste un peu figée face à ces nouveaux circuits.

L'avènement des microcontrôleurs, qui associent au microprocesseur de base un programme intégré au circuit, ainsi que des périphériques et de la RAM, a permis de faire évoluer les montages vers plus de simplicité et de rapidité ( les périphériques étant intégrés ).

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des applications grand public ou professionnelles, il en existe plusieurs familles.

La société Américaine Microchip Technologie a mis au point dans les années 90 un microcontrôleur CMOS : le PIC. Ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix de revient.

Les PIC font partie de la famille des microcontrôleurs, ils possèdent un jeu d'instructions réduit qui caractérise les circuits RISC (Reduced Instruction Set Computer). Les circuits RISC sont caractérisés par leur rapidité d'exécution.

Les PIC existent dans plusieurs versions:

- ✚ les UVPROM qui sont effaçable par une source de rayonnements ultraviolets.
- ✚ les OTPROM programmables une seule fois.
- ✚ les E<sup>2</sup>PROM et flash EPROM qui sont effaçables électriquement.

### IV.3.Les microcontrôleurs :

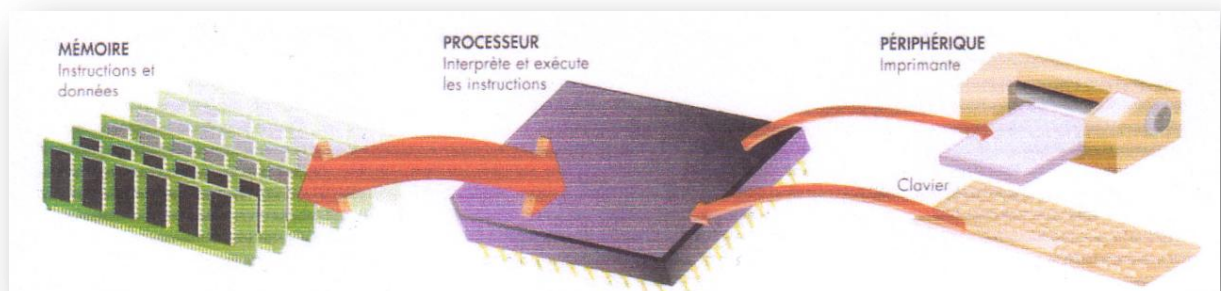
#### IV.3.1.Qu'est-ce qu'un microcontrôleur ? :

C'est un ordinateur monté dans un circuit intégré. Les avancées technologiques en matière d'intégration, ont permis d'implanter sur une puce de silicium de quelques millimètres carrés la totalité des composants qui forment la structure de base d'un ordinateur. Leur prix varie de quelques Euros à une dizaine d'Euros pour les plus complexes. Comme tout ordinateur,

On peut décomposer la structure interne d'un microprocesseur en trois parties :

- ✚ Les mémoires
- ✚ Le processeur
- ✚ Les périphériques

C'est ce qu'on peut voir sur la Figure IV.1



**Figure IV.1 : Structure interne d'un microcontrôleur**

- Les mémoires sont chargées de stocker le programme qui sera exécuté ainsi que les données nécessaires et les résultats obtenus
- Le processeur est le cœur du système puisqu'il est chargé d'interpréter les

instructions du programme en cours d'exécution et de réaliser les opérations qu'elles contiennent. Au sein du processeur, l'unité arithmétique et logique interprète, traduit et exécute les instructions de calcul.

- les périphériques ont pour tâche de connecter le processeur avec le monde extérieur dans les deux sens. Soit le processeur fournit des informations vers l'extérieur (périphérique de sortie), soit il en reçoit (périphérique d'entrée).

#### **IV.3.2.Intérêt des Microcontrôleurs**

Les microcontrôleurs sont de taille tellement réduite qu'ils peuvent être sans difficulté implantés sur l'application même qu'ils sont censés piloter. Leur prix et leurs performances simplifient énormément la conception de système électronique et informatique. L'utilisation des microcontrôleurs ne connaît de limite que l'ingéniosité des concepteurs, on les trouve dans nos cafetières, les magnétoscopes, les radios .....Une étude menée en l'an 2004 montre qu'en moyenne, un foyer américain héberge environ 240 microcontrôleurs.

#### **IV.4.DESCRPTION DU MICROCONTROLEUR PIC**

Le microcontrôleur est un composant quasi-magique permet de remplacer une grande quantité de porte logique, ce qui facilite grandement la réalisation des circuits imprimés. La difficulté réside dans la conception d'un programme personnalisé qui réalise la fonction voulue. Le micro est souvent perçu comme une sorte de boîte noire difficile à maîtriser, et nombreuse sont qui hésite encore de franchir le pas.



#### IV.4.1. Les Différentes familles des PIC :

La famille des PICs est subdivisée à l'heure actuelle en 3 grandes familles :

- **La famille Base-Line** : qui utilise des mots d'instructions (nous verrons ce que c'est) de 12 bits.
- **La famille Mid-Range** : qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie les 16F84A et 16F876)
- **La famille High-End** : qui utilise des mots de 16 bits.

De nombreux outils de développement sont proposés sur le marché, ce modèle de PIC (Programmable Interface Contrôler) est identifié simplement par son numéro.

Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, 16 indique un PIC (Exe : Mid-Range). Vient ensuite parfois une lettre L : celle-ci indique que le PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante.

Ensuite, vous trouvez :

**C** : indique que la mémoire programme est une EPROM ou plus rarement une EEPROM **CR**: pour indiquer une mémoire de type ROM

Ou **F**: pour indiquer une mémoire de type FLASH.

#### IV.4.2. Quelques Familles de Microcontrôleurs PIC :

Tableau IV.1 : Quelques Familles de Microcontrôleurs PIC

PIC	ROM	RAM	Commentaires	Timer	E-S
PIC 12C508	512 x 12	25 x 8		1 8bits	6
PIC 12C509	1024 x 12	41 x 8		1 8bits	6
PIC 12CE518	512 x 12	25 x 8	E2PROM : 16 x 8	1 8bits	6
PIC 12CE519	1024 x 12	41 x 8	E2PROM : 16 x 8	1 8bits	6
PIC 12C671	1024 x 14	128 x 8	4 ADC 8 bits	1 8bits	6

PIC 12C672	2048 x 14	128 x 8	4 ADC 8 bits	1 8bits	6
PIC 12C673	1024 x 14	128 x 8	E2PROM : 16 x8-4 ADC 8bits	1 8bits	6
PIC 12C674	2048 x 14	128 x 8	E2PROM : 16 x8 -4 ADC 8bits	1 8bits	6
PIC 16C52	384 x 12	25 x 8		1 8bits	12
PIC 16C54	512 x 12	25 x 8		1 8bits	12
PIC 16C55	512 x 12	24 x 8		1 8bits	21
PIC 16C56	1k x 12	32 x 8		1 8bits	13
PIC 16C57	2k x 12	80 x 8		1 8bits	21
PIC 16C58	2k x 12	80 x 8		1 8bits	21
PIC 16C62A	2048 x 14 (flash)	128 x 8		1 8bits 2 16bits	22
PIC 16C63	4096 x 14 (flash)	192 x 8		1 8bits 2 16bits	22
PIC 16C64	2048 x 14	128 x 8		1 8bits 2 16bits	33
PIC 16C65A	4096x 14 (flash)	192 x 8		1 8bits 2 16bits	33
PIC 16C66	8192 x 14	128 x 8		1 8bits 2 16bits	22
PIC 16C67	8192 x 14	128 x 8		1 8bits 2 16bits	33
PIC 16C71	1024 x 14	36 x 8	4 canaux ADC	1 8bits	13
PIC 16C72	2048x 14	128 x 8	5 canaux ADC	1 8bits 2 16bits	22
PIC 16C73A	4096 x 14	192 x 8	5 canaux ADC	1 8bits 2 16bits	22
PIC 16C74A	4096 x 14	192 x 8	8 canaux ADC	1 8bits 2 16bits	33

PIC 16C76	8192 x 14 (flash)	368 x 8	5 canaux ADC	1 8bits 2 16bits	22
PIC 16C77	8192 x 14	368 x 8	8 canaux ADC	1 8bits 2 16bits	33
PIC 16F83	512 x 14 (flash)	36 x 8	E2PROM : 64 x 8		13
PIC 16C84	1024 x 14	68 x 8	E2PROM : 64 x 8		13
PIC 16F84A	1024 x 14 (flash)	68 x 8	E2PROM : 64 x 8		13

#### IV.5.Le Microcontrôleur PIC 16F84A

Le PIC 16F84A est un microcontrôleur 8 bits de MICROCHIP (unité de traitement de l'information) de type microprocesseur à laquelle on ajoute des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans l'ajout de composants externes.

Les PIC 16F84A sont des composants «RISC» (Reduce Instruction Construction Set) ou composant à jeu d'instruction réduit, car plus on réduit le nombre d'instructions, plus facile et plus rapide en est le décodage, et plus vite le composant fonctionne.

Le gros avantage de ce type de microcontrôleur est le type de mémoire utilisé pour le programme, en effet, elle est effaçable électriquement (pas besoin des UV). Cette caractéristique permet la modification du programme sans l'enlever de l'application.

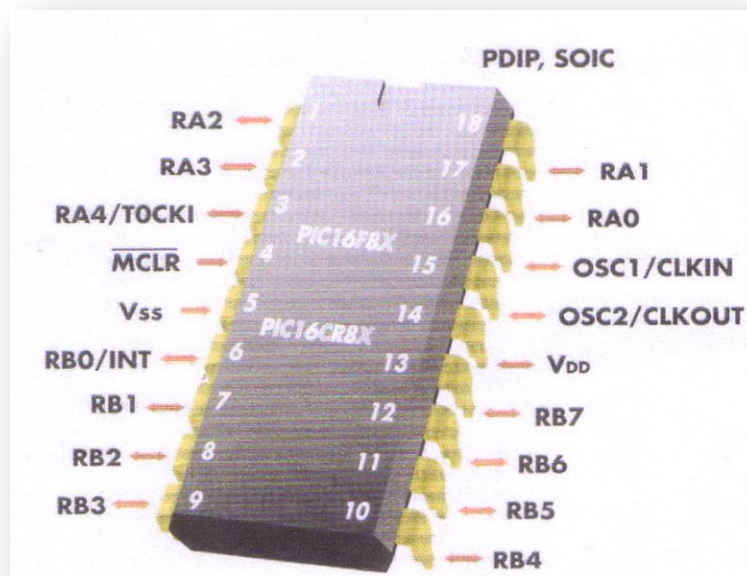
##### IV.5.1Caractéristiques du PIC 16F84A:

- ✓ Microcontrôleur 8 bits de technologie RISC (boîtier DIP 18 broches)
- ✓ 1 k de mémoire FLASH pour le programme.

- ✓ 68 octets de RAM.
- ✓ 64 octets d'EEPROM pour sauvegarder des données.
- ✓ 13 entrées /SORTIES : un port «A» de 5 bits, et un port «B» de 8 bits.
- ✓ 4 sources d'interruptions.
- ✓ 1 Timer / compteur.
- ✓ 1 chien de garde.
- ✓ Mode SLEEP
- ✓ 4 Sources D'oscillateur sélectionnable.
- ✓ Protection du code.
- ✓ Les sorties des ports supportent jusqu'à 25mA.
- ✓ Un jeu d'instructions contient 35 instructions.

#### IV.5.2. Brochage et caractéristiques principales :

Le PIC 16F84A est un circuit intégré de 18 broches (Figure V.2) :



**Figure IV.2 : Brochage de PIC 16F84A**

- L'alimentation du circuit est assurée par les pattes VDD et VSS. Elles permettent à l'ensemble des composants électroniques du PIC de fonctionner. Pour cela on relie VSS (patte 5) à la masse (0 Volt) et VDD (patte 14) à la borne positive de l'alimentation qui doit délivrer une tension continue comprise entre 3 et 6 Volts.

- Le microcontrôleur est un système qui exécute des instructions les unes après les autres à une vitesse (fréquence) qui est fixée par une horloge interne au circuit. Cette horloge doit être stabilisée de manière externe au moyen d'un cristal de quartz connecté aux pattes OSC1/CLKIN (patte 16) et OSC2/CLKOUT (patte 15). Nous reviendrons en détail sur l'horloge au paragraphe 3.
- La patte 4 est appelée  $\overline{\text{MCLR}}$ . Elle permet lorsque la tension appliquée est égale à OV de réinitialiser le microcontrôleur. C'est à dire que si un niveau bas (0 Volt) est appliqué sur  $\overline{\text{MCLR}}$  le microcontrôleur s'arrête, place tous ses registres dans un état connu et se redirige vers le début de la mémoire de programme pour recommencer le programme au début (adresse dans la mémoire de programme : 0000).

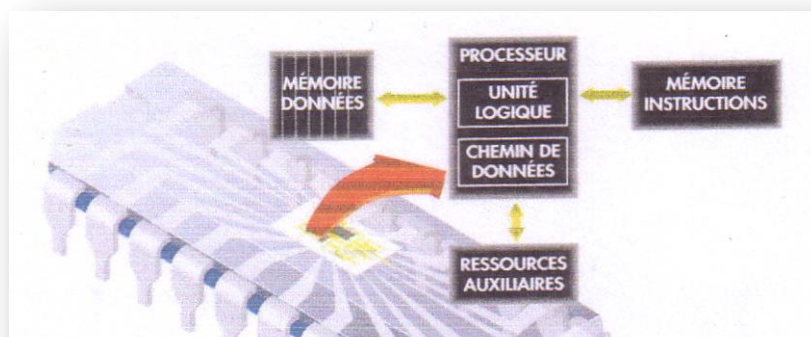
A la mise sous tension, la patte  $\overline{\text{MCLR}}$  étant à zéro, le programme démarre donc à l'adresse 0000, ( $\overline{\text{MCLR}}$ =Master Clear Reset)

- Les broches RBO à RB7 et RAO à RA4 sont les lignes d'entrées/sorties numériques. Elles sont au nombre de 13 et peuvent être configurées en entrée ou en sortie. Ce sont elles qui permettent au microcontrôleur de dialoguer avec le monde extérieur (périphériques). L'ensemble des lignes RBO à RB7 forme le port B et les lignes RAO à RA4 forment le port A. Certaines de ces broches ont aussi d'autres fonctions (interruption, timer).

#### IV.5.3. Architecture interne :

La structure générale du PIC 16F84A comporte 4 blocs comme le montre la Figure V.3 :

- Mémoire de programme
- Mémoire de données
- Processeur
- Ressources auxiliaires (périphériques)



### Figure IV.3 : Architecture interne d'un PIC 16F84A

La mémoire de programme contient les instructions pilotant l'application à laquelle le microcontrôleur est dédié. Il s'agit d'une mémoire non volatile (elle garde son contenu, même en l'absence de tension), elle est de type FLASH c'est à dire qu'elle peut être programmée et effacée par l'utilisateur via un programmeur et un PC. La technologie utilisée permet plus de 100000 cycles d'effacement et de programmation.

Pour le PIC 16F84A cette mémoire est d'une taille de 1024x14 bits, c'est à dire qu'elle dispose de 1024 emplacements (de 000h à 3FFh) contenant chacun 14 cases car dans le cas du PIC, les instructions sont codées sur 14 bits. On peut donc stocker 1024 instructions.

➤ La mémoire de donnée est séparée en deux parties :

- ✚ une mémoire **RAM** de 68 octets puisque le bus de donnée est de huit bits. Cette RAM est volatile (les données sont perdues à chaque coupure de courant). On peut y lire et écrire des données. La banque 0 utilise les adresses 0x00 à 0x7F, la banque 1 allant de 0x80 à 0xFF. Les zones en grisé sont des emplacements non utilisés (et non utilisables).comme indiqué sur la Figure V.4.3

- ✚ une mémoire **EEPROM** de 64 octets dans laquelle on peut lire et écrire des données (de huit bits soit un octet) et qui possède l'avantage d'être non volatile (les données sont conservées même en l'absence de tension). La lecture et l'écriture dans cette mémoire de données sont beaucoup plus lentes que dans la mémoire de données RAM.

➤ Le processeur est formé de deux parties :

✚ une unité arithmétique et logique (UAL) chargée de faire des calculs.

✚ un registre de travail noté W sur lequel travail l'UAL.

➤ **Les ressources auxiliaires qui sont dans le cas du PIC16F84AA**

✚ ports d'entrées et de sorties.

✚ temporisateur.

✚ Interruptions.

✚ chien de garde.

✚ mode sommeil.



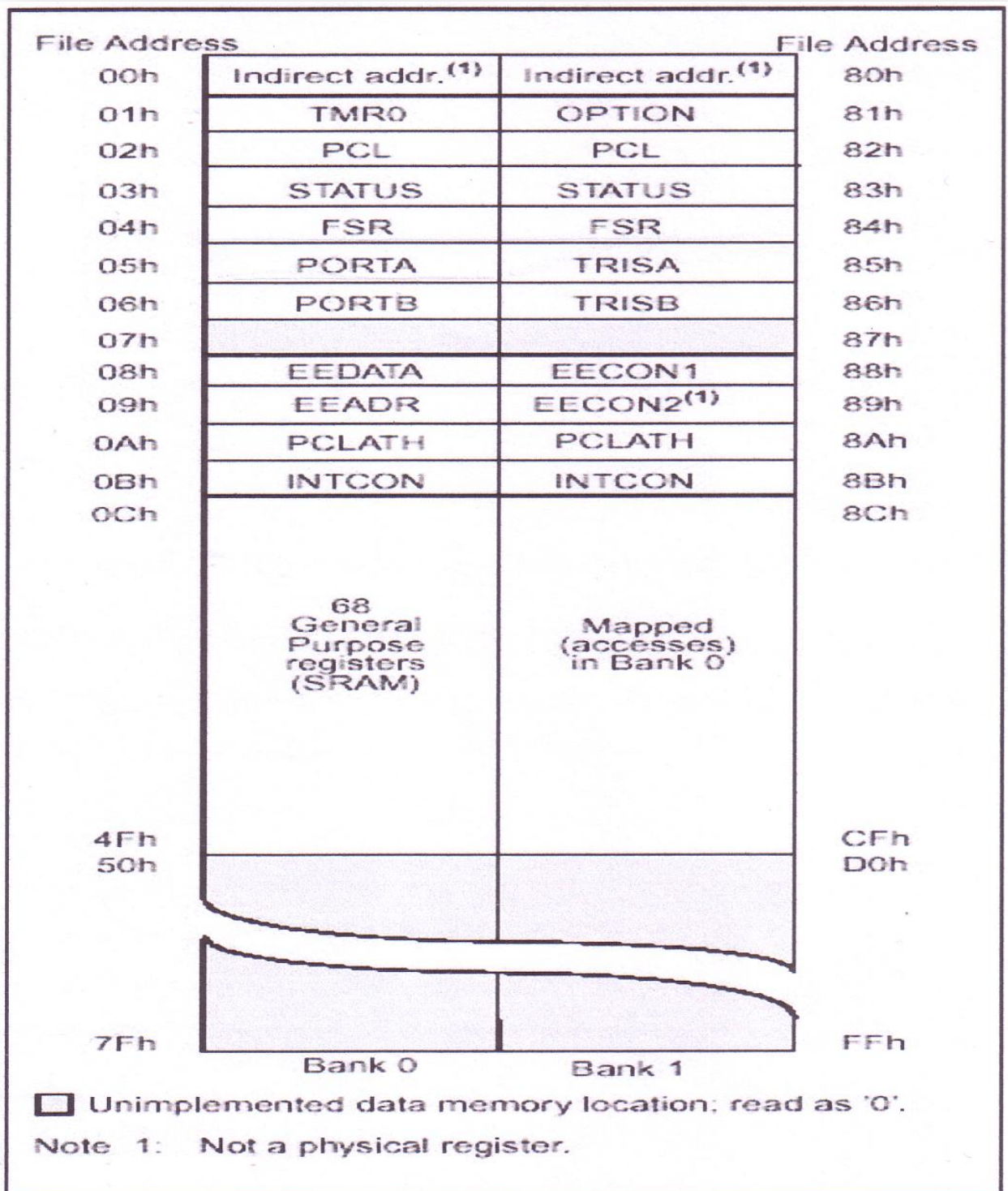


Figure IV .4 : La Mémoire RAM

IV.6.DESCRPTION DES REGISTRES DU PIC 16F84A:



➤ **Le registre «W» (Work):**

Ce registre est un registre utilisé par les PIC pour réaliser toutes sortes de calculs. Il est adressable directement par instruction.

➤ **Le registre STATUS :**

C'est un registre dont chaque bit a une signification particulière. Il est principalement utilisé tout ce qui concerne les tests.

➤ **Le registre PORTA :**

Ce registre est un peu particulier, puisqu'il donne directement accès au monde extérieur. C'est en effet ce registre qui représente l'image des pins RA0 à RA4, soit 5 pins.

➤ **Le registre TRISA :**

Ce registre est lié au fonctionnement du PORTA. Chaque bit positionné à 1 configure le pin correspondant en entrée, Chaque bit à 0 le pin en sortie.

➤ **Les registres PORTB et TRISB**

Ces registres fonctionnent de la même manière que le PORTA et TRISA, mais concernant bien entendu les 8 pins. Tous les bits sont donc utilisés dans ce cas. Les bits B4 à B7 peuvent être utilisés comme source d'interruption, le bit 0 peut de plus être utilisé de manière autonome pour générer un autre type d'interruption.

#### **IV.7.Structure interne du PIC 16F84A :**



l'UAL et le registre de travail  $W$  (work). Nous allons étudier à présent plus en détail le fonctionnement du PIC.

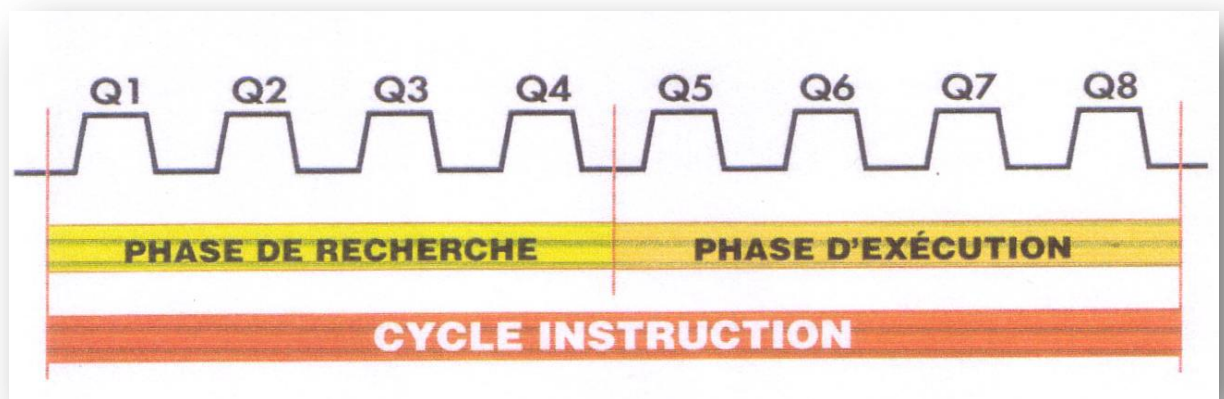
#### IV .8..PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU PIC :

Un microcontrôleur exécute des instructions. On définit « le cycle instruction » comme le temps nécessaire à l'exécution d'une instruction. Attention de ne pas confondre cette notion avec le cycle d'horloge qui correspond au temps nécessaire à l'exécution d'une opération élémentaire (soit un coup d'horloge).

Une instruction est exécutée en deux phases :

- La phase de recherche du code binaire de l'instruction stocké dans la mémoire de programme
- La phase d'exécution ou le code de l'instruction est interprété par le processeur et exécuté.

Chaque phase dure 4 cycles d'horloge comme le montre la (Figure IV.6)



**Figure IV.6 : Cycle d'instruction**

On pourrait donc croire qu'un cycle instruction dure 8 cycles d'horloge mais l'architecture particulière du PIC lui permet de réduire ce temps par deux. En effet, comme les instructions issues de la mémoire de programme circulent sur **un** bus différent de celui sur lequel circulent les données, ainsi le processeur peut effectuer la phase de recherche d'une instruction pendant qu'il exécute l'instruction précédente (Voir Figure IV.6 et IV.7).

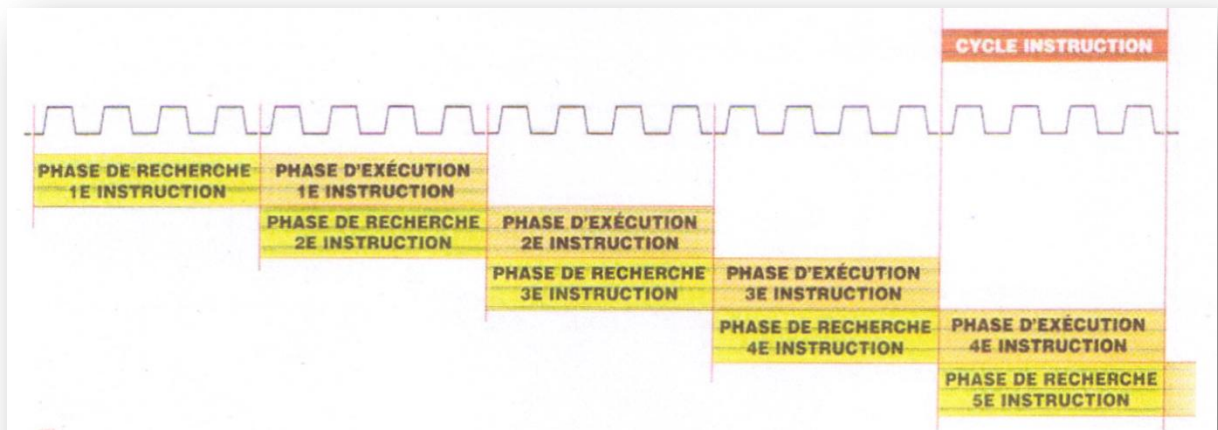


Figure IV.7 : Série de cycle d'instruction

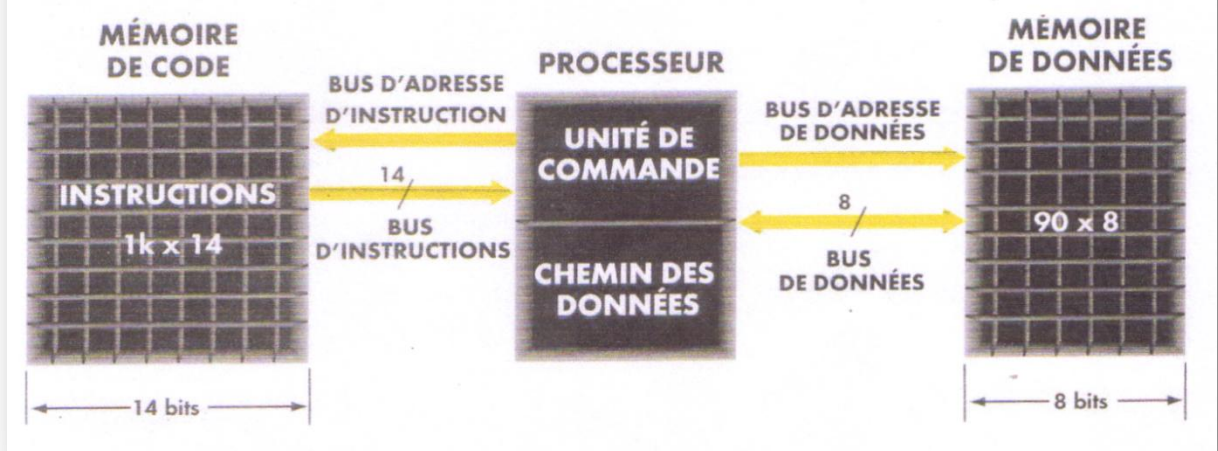


Figure IV.7 : Traitement des d'instructions

#### IV.9.LE CHOIX D'UN PIC :

La solution adéquate est d'utiliser un microcontrôleur (PIC), il nous offre la même fiabilité, en plus il est économique. D'autre part, son constructeur met à notre disposition un outil de programmation avec un ordinateur sous une dénomination MPLAB. En plus, ce dernier nous permet d'écrire le programme non pas en langage machine mais en mnémonique et des macros, avec simulation. Ce PIC ne nécessite que peu de composants externes, c.à.d. qu'on peut l'intégrer sur le bloc de la chaîne sans causer d'encombrement.

D'autre part, le choix d'un PIC est directement lié bien sûr à l'application envisagée.

1 - Il faut dans un premier temps déterminer le nombre d'entrées - sorties nécessaires pour l'application. Ce nombre d'entrées - sorties nous donne une première famille de PIC.

2 - Il faut ensuite déterminer si l'application nécessite un convertisseur analogique -numérique ce qui va centrer un peu plus vers le choix d'une famille de PIC.

3 - La rapidité d'exécution est un élément important, il faut consulter les DATA-BOOK pour vérifier la compatibilité entre la vitesse max. du PIC choisi et la vitesse max. nécessaire au montage.

4 - La taille de la RAM interne et la présence ou non d'une EEPROM pour mémoriser des données est également important pour l'application souhaitée.

5 - La longueur du programme de l'application détermine la taille de la mémoire programme du PIC recherché.

Il est parfois judicieux de réaliser l'application en ajoutant un circuit externe au PIC, cette solution peut faciliter la programmation et diminuer le coût de revient.

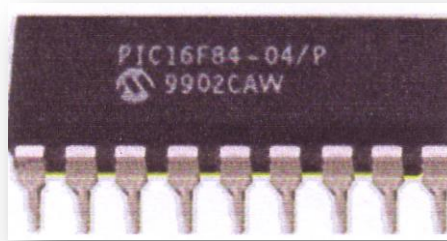
Dans tous les cas, il est indispensable de disposer, soit d'un DATA-BOOK ou bien d'un tableau comparatif pour choisir le PIC le plus adapté à l'application envisagée.

#### **Nous allons choisir un PIC16F84A car:**

Le microcontrôleur PIC 16F84A possède des performances techniques intéressantes, essentiellement son jeu d'instruction réduit et la facilité de mise en œuvre (disponibilité de la documentation, facilité de la réalisation de la programmation), lorsqu'on désire s'initier à l'étude des microcontrôleurs. Ce qui rend leur apprentissage facile.

### **V.1.CHOIX D'UN MODELE**

Dans notre application nous avons choisi le PIC 16F84A:



**Figure V.1 : PIC 16F84A**

Le choix d'un microcontrôleur est directement lié bien sûr à l'application envisagée :

- Nombre de lignes d'entrée-sortie (13 lignes seulement pour PIC 16F84A): mais Pour notre application nous avons 25 E/S. Pour résoudre ce problème nous utilisons les techniques de multiplexage des entrées et des sorties.
- L'application ne nécessite pas un convertisseur analogique – numérique, ce qui va centrer un peu plus vers le choix d'une famille de PIC.
- La taille de la RAM interne (68 octets) et la E2PROM (1024\*14octets) pour mémoriser des données est suffisante pour ce programme qui commande notre processus.
- La rapidité d'exécution c.-à-d. le quartz, dans notre cas n'est pas important (4MHZ : est suffisante).



### V1.1. L'horloge système

L'horloge système peut être réalisée soit avec un quartz (figure V.1) soit avec une horloge extérieure (figure V.2) soit avec un circuit RC (figure V.3). Dans ce dernier cas, la stabilité du montage est limitée.

La fréquence maximale d'utilisation va dépendre du microcontrôleur utilisé.

Le suffixe indiqué sur le boîtier donne la nature de l'horloge à utiliser et sa fréquence maximale.

Nous avons choisi un Quartz de 4 MHz comme indiqué sur la Figure V.2

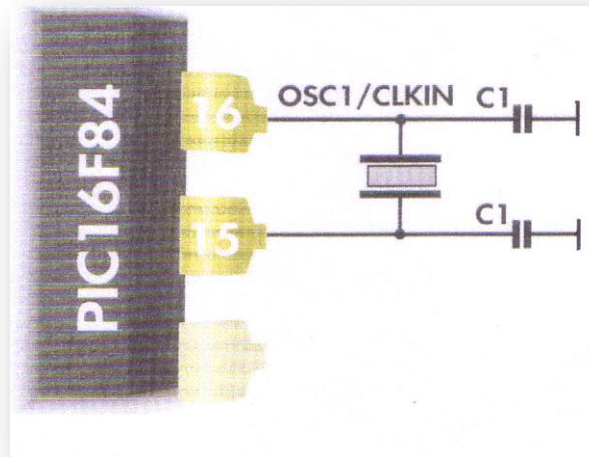


Figure V.2 : Quartz de 4 MHz



### V.1.2. Circuit de reset :

On utilise un bouton poussoir et une résistance pour la mise en place d'une commande de Reset. La broche MCLR permet de réaliser un reset du circuit quand elle est placée à 0 V. Une commande manuelle de reset peut être également mise en place comme le montre la figure ci-dessous. En général, on force le reset à la mise sous tension, le temps que se charge un condensateur.

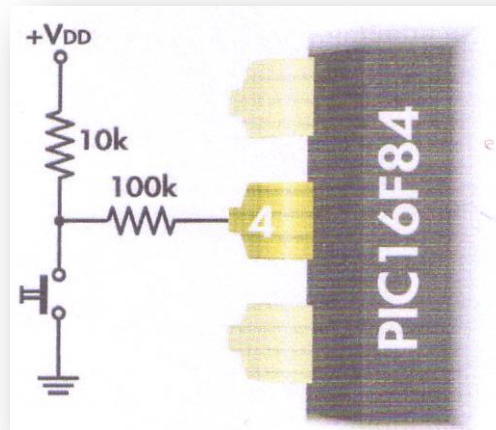


Figure V.3: circuit de reset

### V.1.3. L'interruption

Sur le PIC 16F84A, il y a quatre événements qui peuvent déclencher une interruption :

- Une modification de l'état d'une des broches (configurées en entrées) RB4 à RB7
- Une modification de l'état de la broche RBO/int
- La fin de l'écriture en E2PROM
- Le débordement du timer interne

Pour que le micro contrôleur accepte une ou plusieurs de ces sources d'interruptions, il va falloir lui préciser par l'intermédiaire de bits que l'on déclarera dans un registre nommé INTCON.

Vue des bits du registre INTCON : bit 7 bit 6 bit 5 bit 4 bit 3 bit 2 bit 1 bit 0  
GIE EEIE TOIE INTE RBIE TOIF INTF RBIF

Le bit GIE permet de valider les interruptions. C'est une validation générale. Le bit EEIE permet de valider l'interruption issue de la fin d'écriture en E<sup>2</sup>PROM. Le bit TOIE valide l'interruption issue du débordement du TIMER. Le bit INTE valide

l'interruption du programme suite à un changement d'état sur RBO. Le bit RBIE valide l'interruption du programme suite à un changement d'état sur RB4-RB7. Le bit TOIF signale que l'interruption

en cours provient du débordement du TIMER le bit INTF signale que l'interruption en cours provient d'un changement d'état sur la broche RBO. Le bit RBIF signale que l'interruption en cours provient d'un changement d'état sur l'une des broches RB4-RB7.

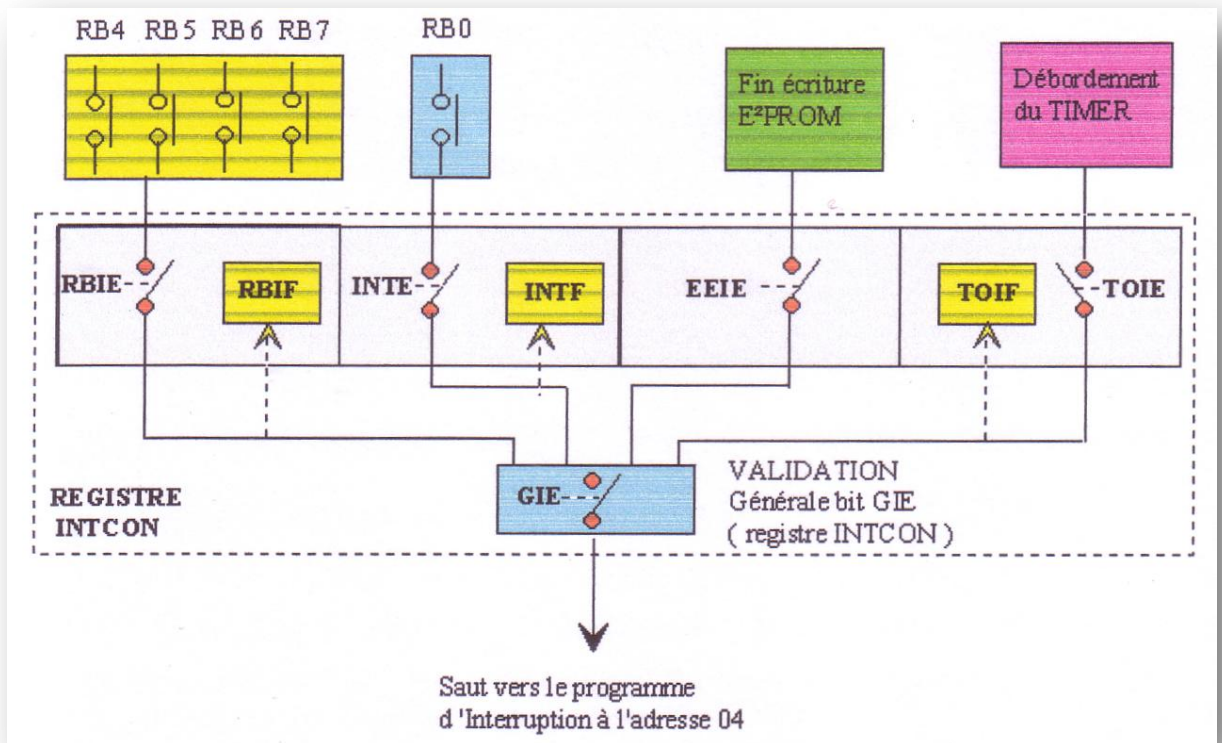


Figure V.4 : les sources d'interruption

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
Ce bit valide l'interruption c'est une validation générale	Ce bit valide l'interruption issue de fin d'écriture en EEPROM	Ce bit valide l'interruption issu de débordement du TIMER	Ce bit valide l'interruption du programme suite a' un changement d'état sur RB0	Ce bit valide l'interruption du programme suite a' un changement d'état sur RB4, RB7	Ce bit signale que l'interruption en cours provient du débordement de TIMER	Ce bit signale que l'interruption en cours provient d'un changement d'état sur la broche RB0	Ce bit signale que l'interruption en cours provient d'un changement d'état sur l'une des broches RB4-RB7

TableauV.1 : configuration de l'interruption

## **V.2.DEFINITION DE FONCTION**

Les applications à base de PIC sont multiples. Ces microcontrôleurs nous offrent de nombreuses entrées - sorties selon les modèles et tel un automate programmable, nous permettent de faire réagir un programme selon l'état des événements rencontrés.

Le PIC trouve la plupart de ces applications dans la domotique, technologie en plein développement.

Les entrées de PIC sont généralement des informations des capteurs sous forme de tension 5V.

Les sorties des PIC peuvent délivrer environ 25 mA. On peut, au moyen de transistors, amplifier ce courant de sortie pour piloter un relais ou bien tout autre composant électrique ou électronique.

Pour les applications de type analogique, certains PIC possèdent des convertisseurs intégrés. Il est possible également d'adjoindre un circuit annexe (CNA ou CAN) qui dialoguera avec le microcontrôleur et effectuera les conversions analogiques.

Notre système doit commander deux moteurs, l'un pour le serrage et l'autre pour le déplacement de chariot, et trois distributeurs pour alimenter les vérins des tables élévatoires, des vannes, une source d'impulsion électrique et enfin une lampe. Le microcontrôleur utilise des interrupteurs de fin de course (capteurs) pour surveiller (lire) la valeur d'une situation. Cela se fait alors au moyen d'une ou plusieurs lignes d'acquisition de données configurées en entrée (information de capteur). Tandis que l'envoi des commandes se fait au moyen d'une ou plusieurs lignes configurées en sorties (pour les actionneurs).

## **V.3 CONCEPTION D'UNE CARTE ELECTRONIQUE**

Nous nous proposons de concevoir une carte électronique. Cette carte doit contenir notre microcontrôleur choisi : PIC 16F84A commandé par le programme élaboré par nous-mêmes.

### V.3.1 Le matériel nécessaire:

- PIC 16F84A.
- 2 Buffers 74HC245.
- 2 Latches 74HC573.
- Quartz de 4MHz.
- 2 capacités de 22pF pour le Quartz.
- Condensateur de 101.1,F pour la reset.
- Résistance de 10k pour la reset.
- Bouton poussoir pour la reset.
- 16 leds (pour les sorties).
- 11 résistances de 330 ohms pour les leds.
- 16 micro-switchs (pour les entrées).
- 16 résistances de 10k pour les micro-switchs.
- 4 résistances de 10k.
- Alimentation de 5v.

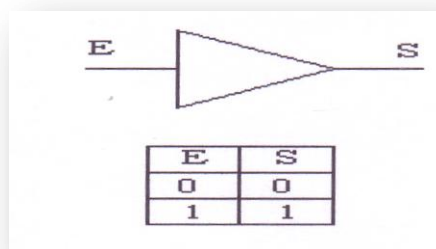
### V.4 DESCRIPTION DES COMPOSANTS

Nous avons utilisé les circuits intégrés suivants :

**74HC245** : tampon (buffer) bidirectionnel 8 bits avec sortie à 3 états.

**74HC573** : verrou (latch) 8 bits fonctionnellement équivalent à un 74HC373.

**Tampons :**



**Figure V.5 : symbole et table de vérité d'un étage tampon**

Dans le domaine de l'électronique numérique, un tampon est simplement un circuit non inverseur à une entrée et une sortie. L'état logique de la sortie est égal à celui de l'entrée.

Remarquons toutefois qu'au moment des changements d'état, il s'écoule toujours un certain temps (appelé temps de propagation,  $t_p$ ) entre le moment où l'entrée et la sortie changent d'état. Le symbole et la table de vérité sont donnés dans la figure ci-contre.

On appelle sortance d'un circuit intégré numérique le nombre d'entrées de circuits de même technologie que l'on peut raccorder à une même sortie. Cette sortance est en pratique de l'ordre de 10, même si certaines technologies, comme les circuits CMOS, affichent des valeurs bien supérieures.

Le circuit tampon est utilisé :

- ✚ lorsqu'une sortie doit piloter un nombre d'entrées supérieur à sa sortance ; exemple : si une sortie doit piloter 15 entrées, on placera deux étages tampons, dont l'entrée est pilotée par la sortie ; l'un pilotera 8 entrées, l'autre 7 ;
- ✚ lorsque l'on mélange des circuits de technologies différentes ; ainsi, une sortie de circuit NMOS ne peut piloter que 2 entrées TTL ; l'utilisation d'un étage tampon est donc nécessaire dès que l'on dépasse ce nombre.

### Tampons à 03 états

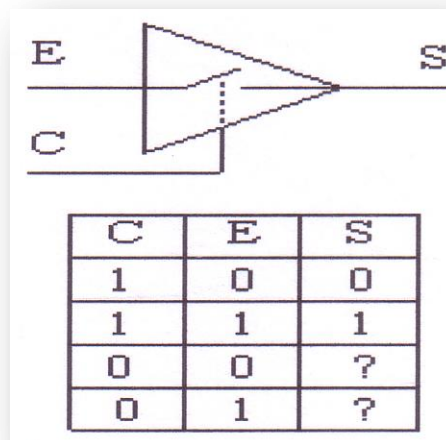


Figure V.6 : symbole et table de vérité d'un tampon à 3 états

Un tampon 3 états est un tampon doté d'une deuxième entrée, appelée entrée de commande C. Lorsque cette entrée est au niveau actif (par exemple, 1), le tampon se comporte normalement : la sortie S reflète l'état de l'entrée E. Si C'est au niveau inactif, la sortie est isolée de l'entrée, son niveau logique étant indéterminé ou défini par un autre élément du système (résistance de rappel à la masse ou à Vcc, autre circuit, etc.). Le symbole et la table de vérité sont donnés dans la figure ci-contre.

Le rôle fondamental du tampon 3 états est donc un rôle d'isolement. Il est équivalent à un interrupteur qui est ouvert ou fermé selon le niveau logique appliqué à l'entrée de commande.

### Buffer 74HC245

C'est un circuit intégré de la famille CMOS rapide de 8 bits, il est un tampon bidirectionnel configurable selon le besoin (de A vers B, ou de B vers A).

Si  $AB/\overline{BA} = 1$ . Le flux d'information circule de A vers B.  
 Si  $\overline{AB}/BA = 0$ . Le flux d'information circule de B vers A.

Avec une condition d'activation :

Si  $\overline{OE} = 0$ . Le circuit est activé.

Si non Le circuit est ouvert.

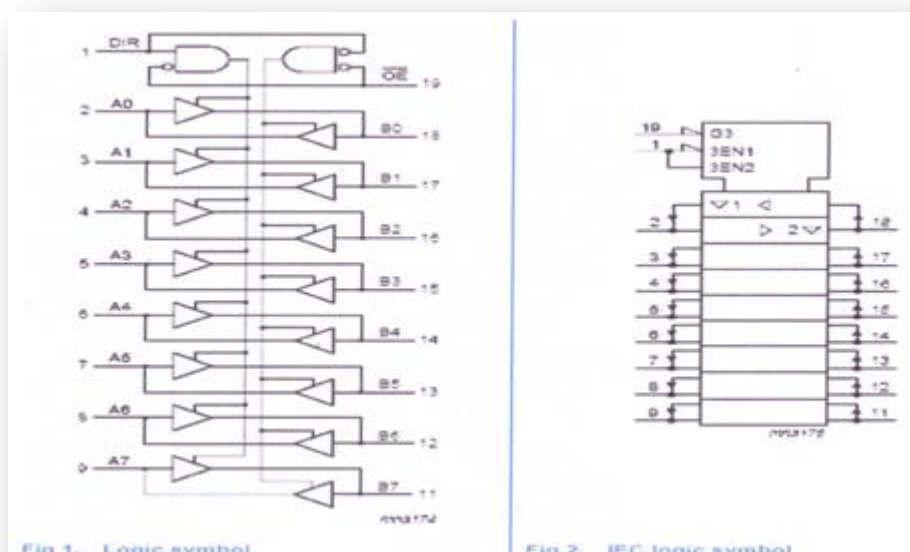
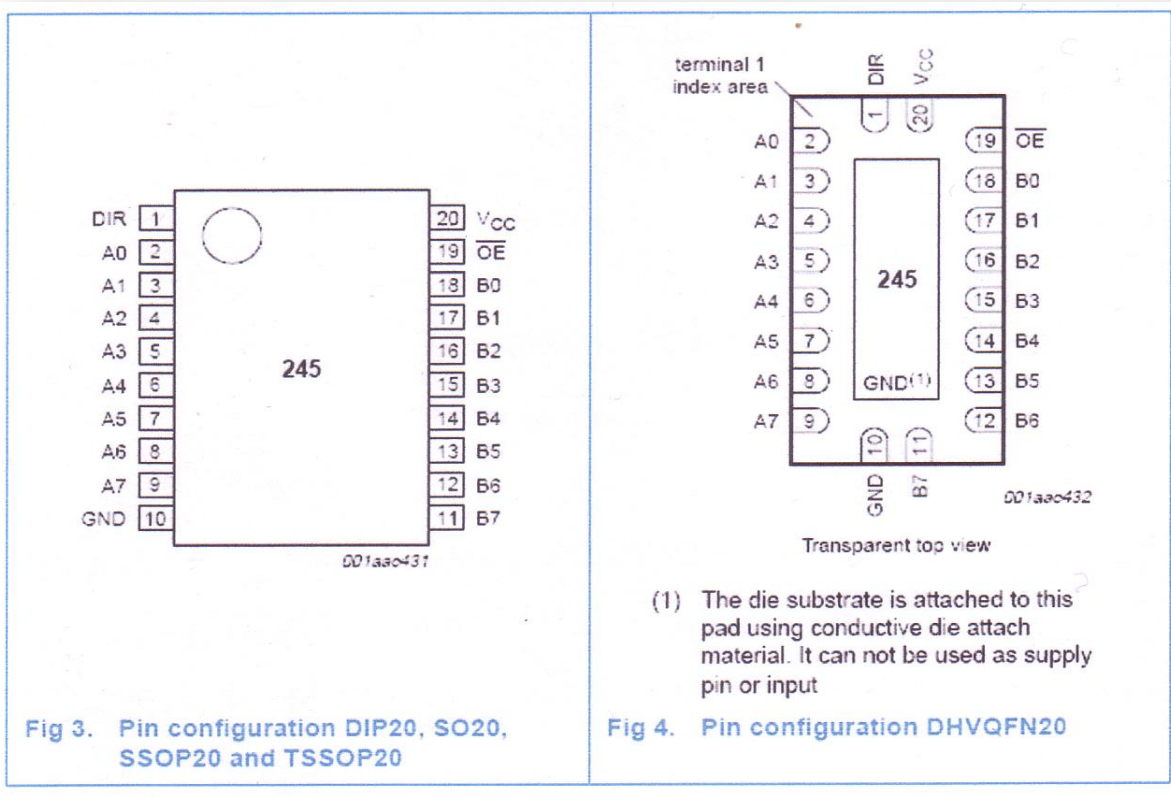


Figure V.7 : Symbole logique de 74HC245



FigureV.8 : Brochage (les PINS) de 74HC245

### Latch 74HC573 :

C'est un circuit intégré de la famille CMOS rapide de 8 bits, il est un verrou bufférisé contient 8 bascules D de type Latch, tous les bascules sont reliés par une seule ligne LE, et des sorties (**D**) bufférisées commandées par la ligne OE reliées chacune avec une entrée (Q).

Si LE= 1. Q = D.

Si non. La bascule garde son état interne.

Si  $\overline{OE} = 0$ . Le circuit est activé.

Si non. Le circuit est ouvert



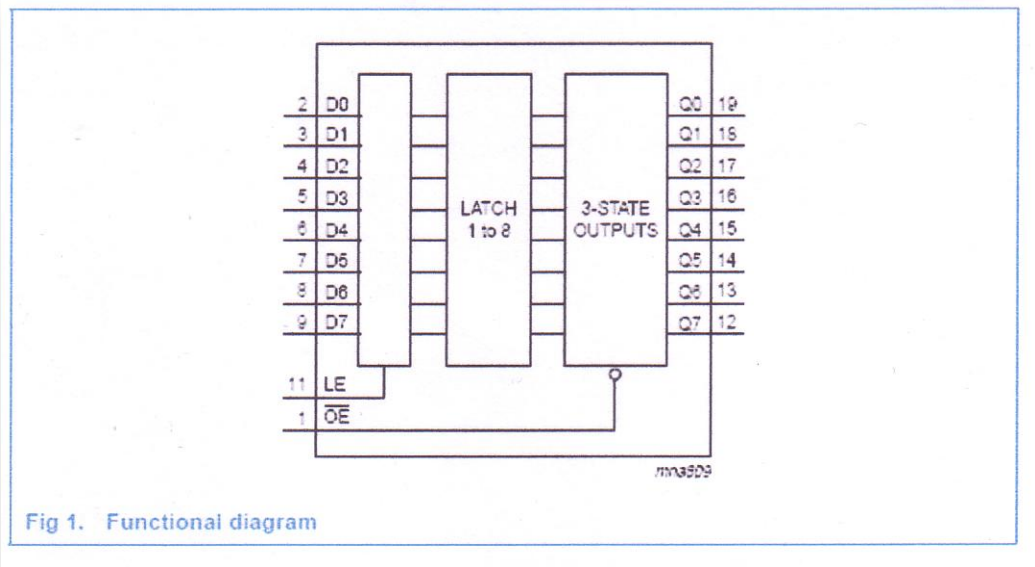


Figure V.9 : diagramme fonctionnel de 74HC573

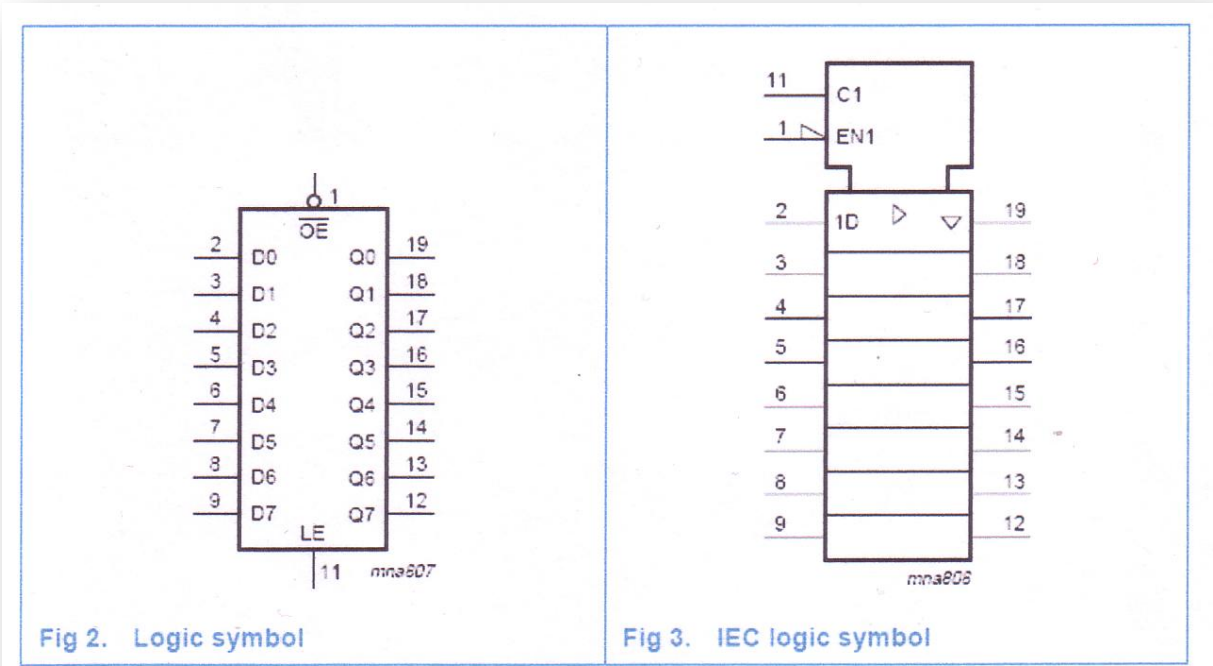
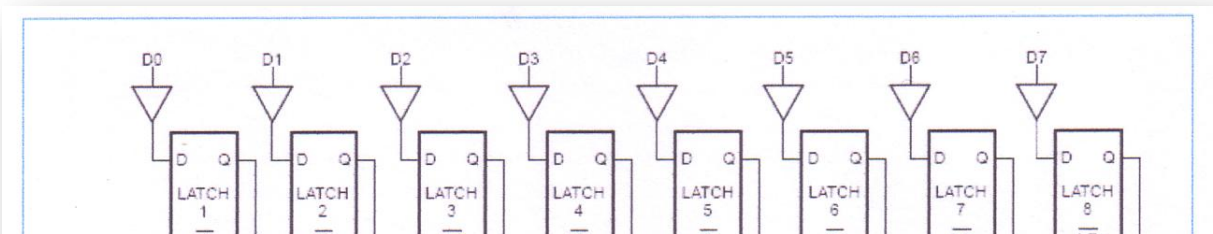
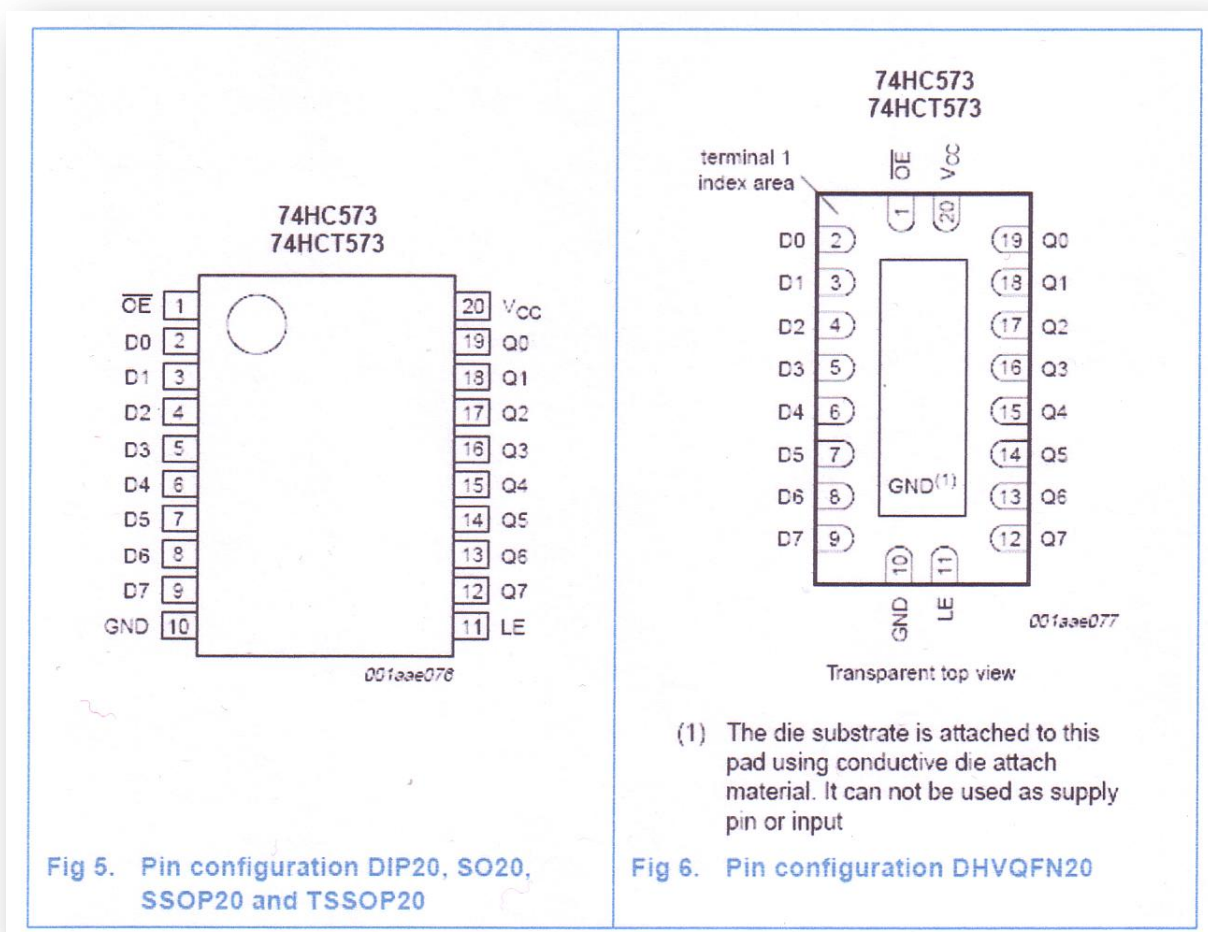


Figure V.11 : diagramme logique de 74HC573



**Figure V.11 : diagramme logique de 74HC573**



**Figure V.12 : Brochage (les PINS) de 74HC573**

A l'aide de ces composants, on réalise le circuit comme indiqué sur la figure et leur circuit imprimé comme indiqué dans la figure

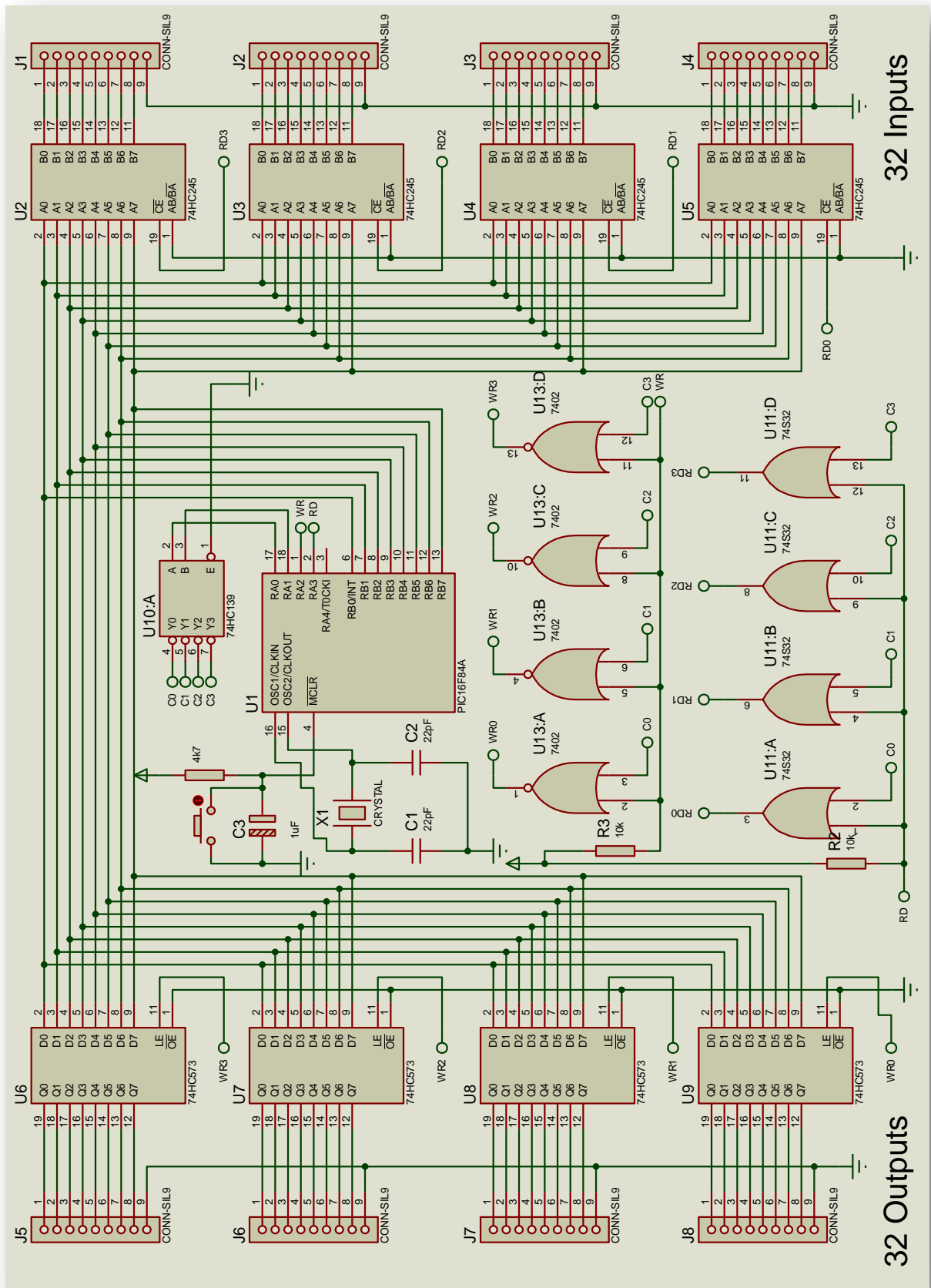


Figure V.13 : Montage de circuit

### V.5. Cahier des charges :

Nous devons concevoir un système mécatronique pour le processus d'oxycoupage des tubes pendant leur fabrication, ainsi que leur nettoyage, sans intervention de l'être humain, à l'aide des capteurs et d'actionneurs rationnellement

installés.

D'abord comme mesure de sécurité, nous utilisons un bouton d'arrêt d'urgence et nous isolons l'alimentation en électricité entre la méthode de commande automatique et manuelle par un commutateur commandé par un opérateur en cas de mauvais fonctionnement.

La figure montre l'état initial de système ou l'état de repos, le tube est desserré, les tables en positions basses et le chariot au point initial pour assurer une bonne mesure de longueur de tube.

En cas de commande automatique à base d'un PIC (ou API ultérieurement), le cycle va démarrer si PT1 est actionné par l'activation du distributeur levée table 1 (S61 L1).

Une fois que le PIC reçoit un signal via PT2, il active le distributeur qui actionne le vérin levée table 2 (S64 L1), l'ouverture de la vanne de gaz et les impulsions électriques pour l'allumage. Ces dernières sont arrêtées quand le PIC reçoit un signal via le thermocouple T.

Nous proposons le démarrage de l'opération d'allumage à partir de la 2<sup>ème</sup> table pour donner une marge de correction suffisante à l'opérateur en cas d'anomalie dans le chalumeau et l'allumer manuellement, donc éviter le risque de rater la coupe.

Une fois PT3 est actionné le PIC active le distributeur qui actionne le vérin levée table 3 (S67 L1) et le moteur de serrage (LAV SER) ; ce dernier est arrêté quand FCLS en même temps que le PIC active l'ouverture de la vanne d'oxygène.

Une fois le pressostat P actionné, le PIC donne l'ordre d'allumer la lampe témoin pour indiquer le début de coupe.

Le chariot découpeur est entraîné par le mouvement de fabrication hélicoïdale du tube, et la coupe de tout le contour est assuré par un chalumeau monté sur la partie fixe du chariot, jusqu'à ce que FCAC soit actionné, alors le PIC active les distributeurs qui actionnent les vérins descentes tables (S51 L2, S52 L2, S53 L3), le desserrage (LAR SER), la fermeture des vannes (GAZ-OXY) et l'extinction de la lampe témoin pour indiquer la fin de la coupe.

Une fois le FCLD actionné, le PIC arrête le desserrage et il active le moteur de retour du chariot jusqu'à ce que FCRC soit actionné.

Une fois que FCT1, FCT2, FCT3 sont actionnés, le PIC arrête les distributeurs qui

actionnent descentes tables.

Lorsque l'interrupteur de proximité InM (présence tube sur le magasin de chargement) est actionné, par conséquent InEBL est désactionné c.à.d. que les EBL sont à la position basse avec une condition : InT est désactionné.

Une fois InB est actionné les bras de maintien doivent être la position haute donc InG est actionné. Ensuite le table va être montée c.à.d. FC1 est désactionné .

Quand la table est montée à 40°- 45°, le fin de course de la table haute FC1 est actionné c.à.d. le vireur est mis en marche et par conséquent le tube est en phase de nettoyage.

Lorsque la phase de nettoyage est terminée FC2 est désactionné. La table fait l'opération de descente à la position basse, automatiquement FC1 est actionné, InG est désactionné, le transport en arrière est activé c.à.d. InB est désactionné.

Une fois le tube sorti, il est dirigé à la zone visuelle : InT est désactionné.

En cas d'arrêt d'urgence, on utilise la commande manuelle, par le glissement de commutateur à la position (manuel). Ainsi, il faut faire une reset avec le bouton de reset pour 'initialisation de programme (mettre le programme à l'état initial).

Dans ce cas, il faut continuer le cycle par l'utilisation de l'ancienne commande à l'aide de boîte à boutons.

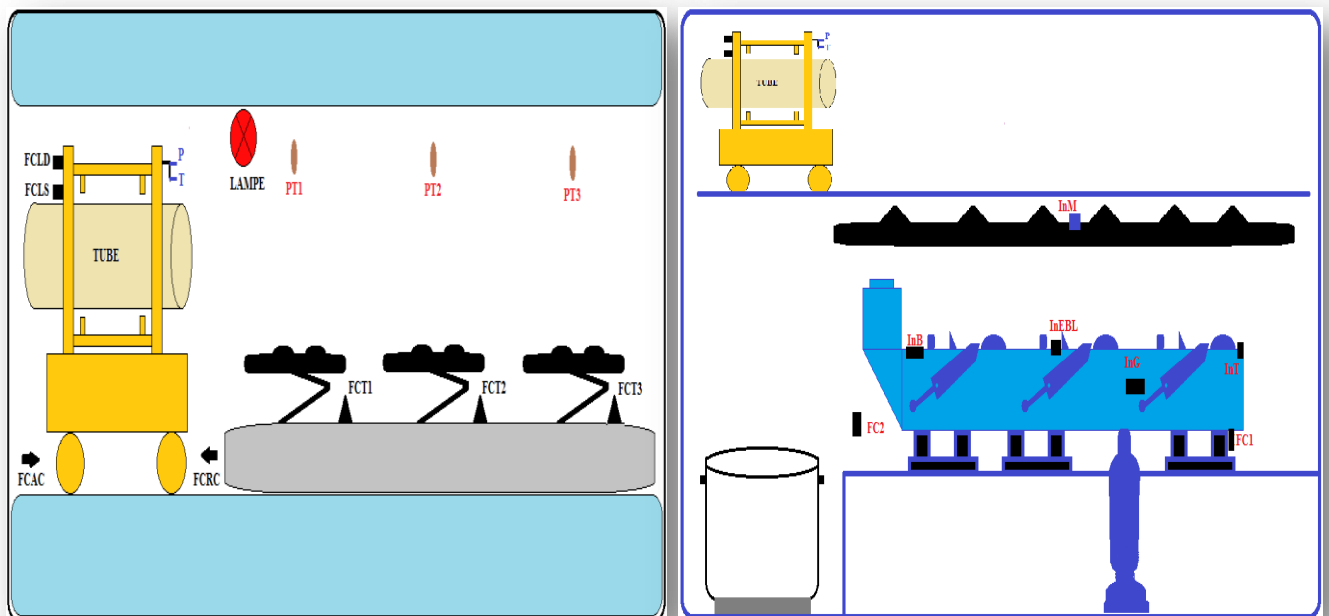


Figure V.16 : L'état initial du processus d'oxycoupage-nettoyage.

**V.6.les entrées-sorties:** nous avons 57 E/S et un Timer illustrés dans le tableau (V.2)

suivant : **Tableau V.2 : Les E / S**

<b>ENTREES</b>	<b>Fonction</b>	<b>SORTIES</b>	<b>Fonction</b>
<b>PT1</b>	Interrupteur de proximité présence tube devant table 1	<b>GAZ</b>	Ouverture vanne gaz
<b>PT2</b>	Interrupteur de proximité présence tube devant table 2	<b>IMP</b>	Impulsion électrique pour l'allumage
<b>PT3</b>	Interrupteur de proximité présence tube devant table 3 réglable suivant longueur tube	<b>LAM</b>	Lampe témoin pour début de coup
<b>FCLS</b>	Fin course limite serrage tube	<b>LAR SER</b>	Marche arrière serrage (desserrage)
<b>FCLD</b>	Fin de course limite Desserrage tube	<b>LAV RET CH</b>	Marche avant retour chariot
<b>FCAC</b>	Fin course limite avancement chariot	<b>LAV SER</b>	Marche avant serrage (serrage tube)
<b>FCRC</b>	Fin de course limite Retour chariot	<b>OXY</b>	Ouverture vanne d'oxygène
<b>FC1</b>	Fin de course Position basse table 1	<b>S51 L2</b>	Distributeur descente table 1
<b>FC2</b>	Fin de course Position basse table 2	<b>S52 L3</b>	Distributeur descente table 2
<b>FC3</b>	Fin de course Position basse table 3	<b>S53 L2</b>	Distributeur descente table 3
<b>P</b>	Pressostat	<b>S61 L1</b>	Distributeur levée table 1
<b>T</b>	Thermocouple	<b>S64 L1</b>	Distributeur levée table 2
<b>I</b>	Impulsions électriques	<b>S67 L1</b>	Distributeur levée table 3

<b>INM</b>	Interrupteur de proximité présence tube au magasin	<b>BRAS</b>	Electrovanne pour vérin simple effet
<b>INT</b>	Interrupteur de proximité présence tube sur la table	<b>EBL H</b>	Electrovanne pour vérin double effet
<b>INB</b>	Interrupteur de proximité présence tube contre buté	<b>TABLE MONTEE</b>	Electrovanne pour vérin double effet montée de la table
<b>ING</b>	Interrupteur de proximité détection position des bras	<b>F&amp;D</b>	Fin de nettoyage descente table
<b>INEBL</b>	Interrupteur de proximité détection position des EBL	<b>MAG H</b>	Electrovanne pour vérin simple effet
<b>FC1</b>	Fin de course Position basse table	<b>NET</b>	Nettoyage
<b>FC2</b>	Fin de course Position haute table	<b>VIREUR</b>	Moteur 2.37 KW un seul sens de rotation
<b>CM</b>	Commutateur mode manuel automatique	<b>TABLE DESCENTE</b>	Electrovanne pour vérin double effet descente table
<b>DP</b>	Départ cycle	<b>EVA</b>	Evacuation tube
<b>FLO</b>	Flotteur détecteur niveau de niveau bas d'huile	<b>TRO AV</b>	Ligne de 5 moteur 1.5 KW pour transporter le tube en avant
<b>RT P</b>	Relai thermique	<b>MAG H</b>	Electrovanne pour vérin simple effet
<b>RT V</b>	Relai thermique	<b>NET</b>	Nettoyage
<b>SECT P</b>	Sectionneur porte fusible	<b>VIREUR</b>	Moteur 2.37 KW un seul sens de rotation
<b>SECT TRO</b>	Sectionneur porte fusible	<b>TABLE DESCENTE</b>	Electrovanne pour vérin double effet descente table
<b>SECT V</b>	Sectionneur porte fusible	<b>TABLE MONTEE</b>	Electrovanne pour vérin double effet montée de la table

<b>TEMPO</b>	<b>TIMER</b>	<b>TRO AV</b>	Ligne de 5 moteur 1.5 KW pour transporter le tube en avant
--------------	--------------	---------------	---

## **VI. SIMULATION :**

### **VI.1. LES LOGICIELS DE DEVELOPPEMENT :**

Il existe de nombreux logiciels de commerce capables de compiler et transférer un fichier. HEX vers la mémoire d'un PIC. La société **MICROCHIP** propose sur son site, un logiciel intégré capable non seulement de compiler et de transférer, mais également de simuler un programme.

L'avantage de ces logiciels est que le développement du programme est simplifié. Dans la plupart des petites applications, le langage assembleur reste encore le plus rapide et le moins onéreux. Nous avons utilisé le logiciel **MBLAP** pour faire notre travail.

Cet outil fait partie des outils de génération de code et présente deux particularités importantes. La première est d'être commun à tous les outils matériels Microchip (et même à certains d'autre fabricants d'ailleurs) avec lesquels il s'interface naturellement. La seconde la plus intéressante encore pour nombre d'entre nous, est d'être totalement gratuit.

Il comporte :

- ✓ Un éditeur de programme ;
- ✓ Le macro-assembleur MPASM supportant l'assemblage conditionnel;
- ✓ Un éditeur de lien;
- ✓ Un simulateur ;
- ✓ Un logiciel de commande du programmeur Picstart Plus de Microchip ou de ses versions compatible (Picstart Plus de la firme coréenne Leap);
- ✓ Un logiciel de dialogue et de gestion des déférents émulateurs proposés par microchip.
- ✓ Un environnement commun à fenêtre regroupant ces logiciels et permettant une parfaite interactivité entre eux.



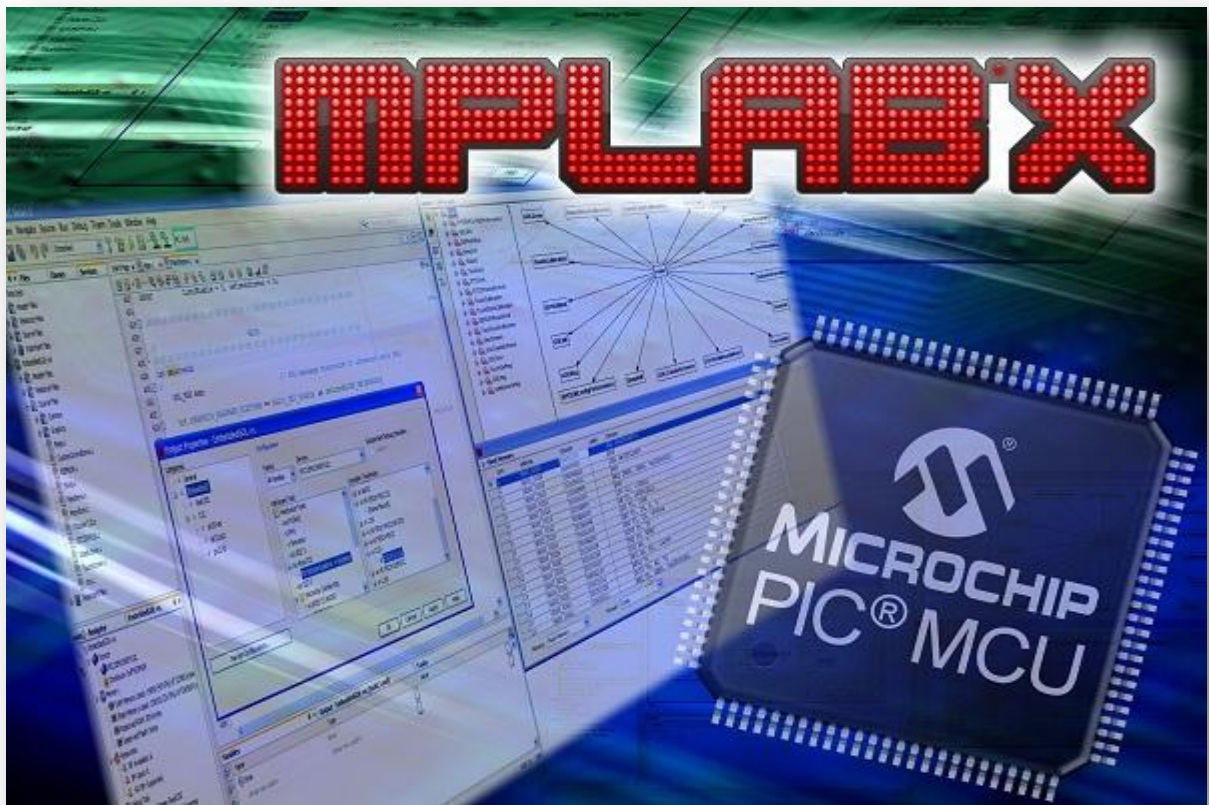


Figure VI.1 : l'interface de MPLAB

✚ Première Etape :

La première étape : il s'agit d'écrire le programme dans l'éditeur de texte de 'MPLB' ensuite on l'a compilé pour corriger les erreurs de syntaxe.

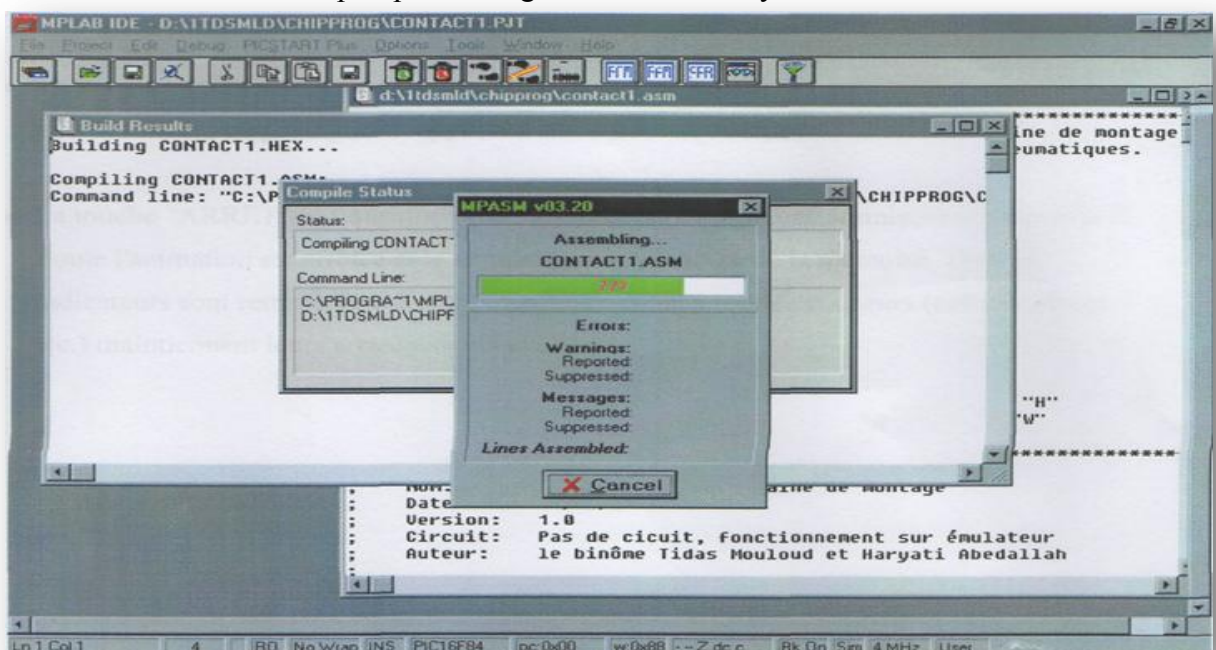


Figure.VI.2 : logiciel MPLAB en phase de correction des erreurs de syntaxe.

✚ Deuxième Etape

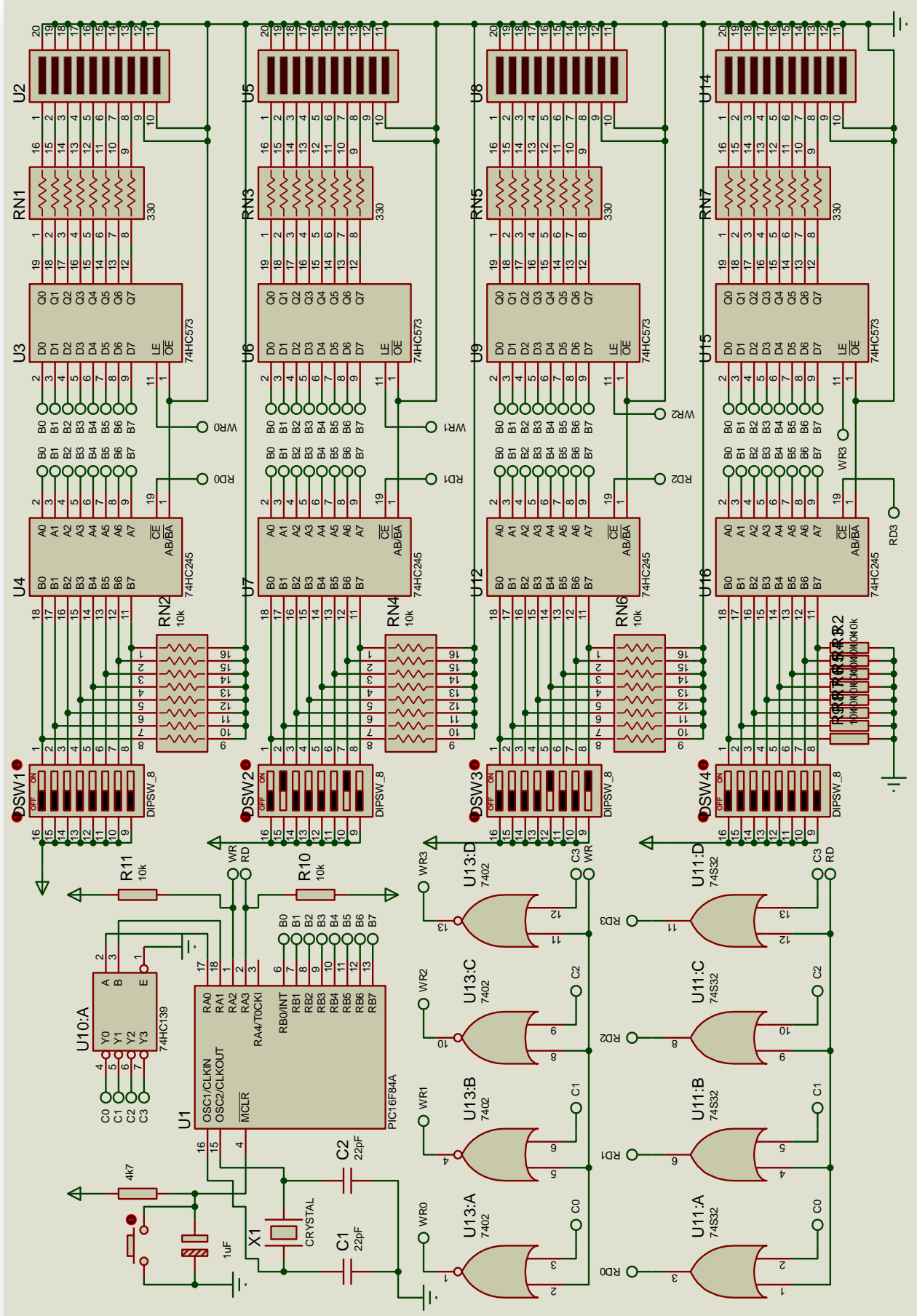
Dans la deuxième étape, il faut faire une simulation avant le transfert du programme vers le PIC.

Pour cela, nous avons utilisé le logiciel « ISIS 7 Professionnel ». Ce logiciel permet de faire une simulation complète par l'animation de circuit à partir du menu de graphique.

D'abord, nous avons sélectionné les composants que nous avons employés aux bibliothèques de dispositif en choisissant l'icône composante et puis utilisé le bouton 'P' sur le sélecteur de dispositif. Ensuite, nous avons dessiné le schéma de circuit, et nous remplaçons les capteurs de fin de course par des boutons poussoirs.

Ensuite, nous avons transféré le programme vers le logiciel pour faire les tests.

- ✚ Les boutons d'étape permettent de faire un pas par l'animation à un taux défini. Si le bouton est appuyé la simulation avance par une étape de temps. Si le bouton est maintenu alors l'animation avance sans interruption jusqu'à ce que le bouton soit libéré.
- ✚ La touche attente suspend l'animation qui peut alors être reprise en cliquant la touche attente encore, ou pas à pas en appuyant sur le bouton d'étape.
  
- ✚ La touche "ARRÊT" indique que PROSPICE cesse de faire une simulation en temps réel. Toute l'animation est arrêtée et le simulateur est déchargé de la mémoire. Tous les indicateurs sont remis à zéro à leurs états inactifs mais les déclencheurs (commutateurs etc.) maintiennent leurs arrangements existants.



➤ Troisième Etape :

Une fois le programme développé et compilé ; il ne reste que le transfert vers le microcontrôleur. Pour ce faire, les programmeurs possèdent une liaison série vers le



PIC. Un logiciel (IC PROG) permet de rapatrier le logiciel compilé et de le transférer vers le PIC.

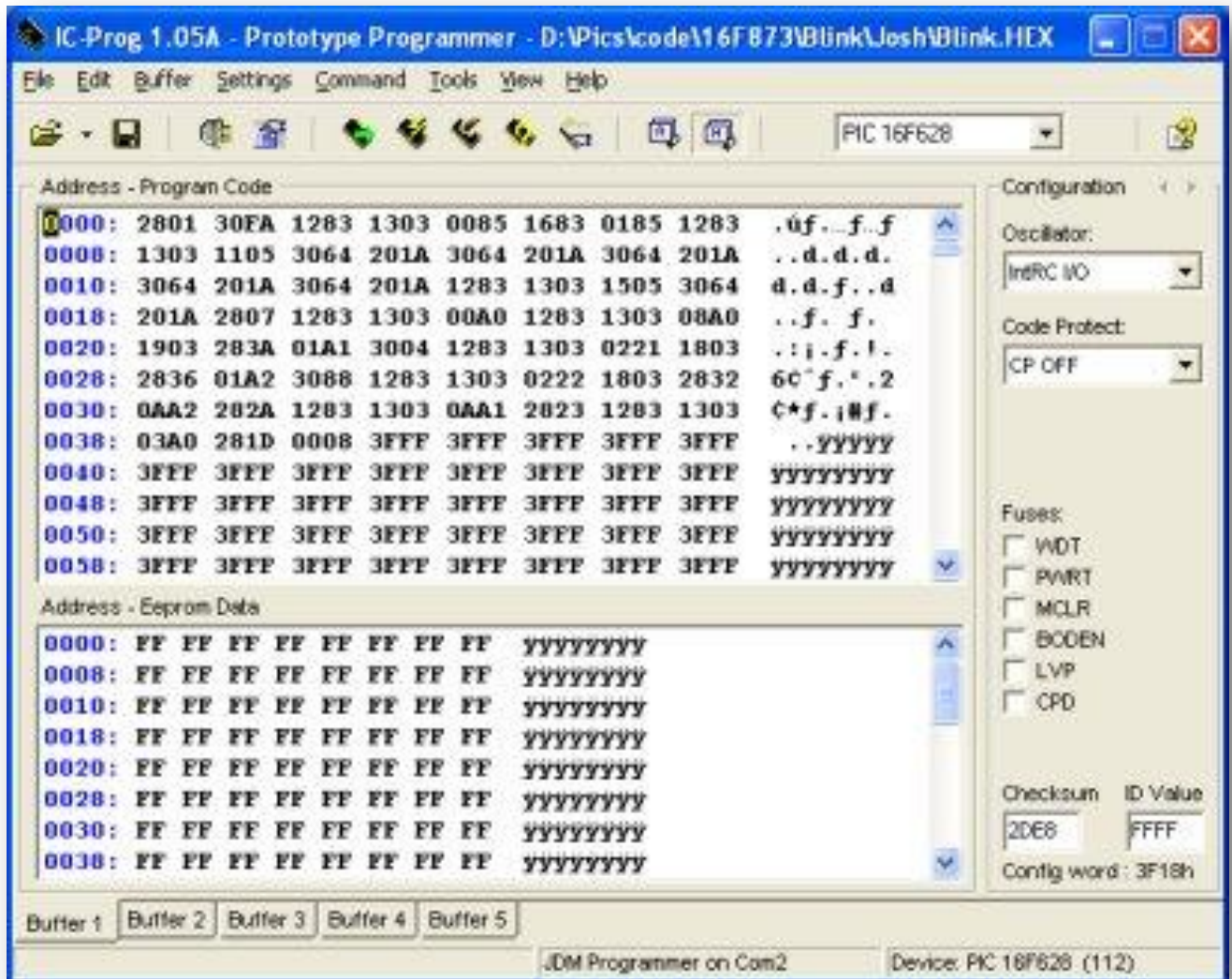


Figure VI.4 : Interface de logiciel IC PROG

## Bibliographie

- Apprendre la programmation des PIC par 1' experimentation et la simulation. PASCAL MAYEAU. 3°Edition ©Dunod, Paris, 2005.
- CD-ROM Apprendre la programmation des PIC.
- Le site de la societe Microchip:

[http ://www.microchip.  
com](http://www.microchip.com)

Le datasheet du 16F84.

Le datasheet du  
74HC245.

Le datasheet du  
74HC573.

- Documentations de 1'entreprise.
- Le site de la societe SIEMENS :  
<http://www.siemens.com/automation/partner>
- le site de centre de formation (SIMATIC S7) a Nuremberg :  
<http://www.sitrain.com>

- **Les mémoires des promotions précédentes de l'université d'Annaba.**

### **CONCLUSION :**

Il existe différentes méthodes pour automatiser un processus tel que : (les automates programmables (API), les ordinateurs, les cartes électronique à base d'un PIC).

Personnellement, j'ai choisi l'automatisation en utilisant une carte électronique à base d'un PIC 16F84A pour les raisons suivantes :

- Les automates programmables malgré qu'ils présentent une souplesse d'emploi mais ils sont chers.
- L'utilisation d'un ordinateur s'avère intéressante, puisqu'il nous donne une facilité de programmation et en plus une visualisation du déroulement du processus, mais son défaut majeur c'est qu'il revient trop cher pour une installation pareille.

Je trouve que la meilleure solution est d'utiliser la carte électronique à base d'un microcontrôleur (PIC16F84A) parce qu'il nous offre la même fiabilité, la même souplesse d'utilisation et en plus il est très économique.

L'objectif de notre mémoire est la réalisation d'un système de commande numérique pour le processus d'oxycoupage et de nettoyage des tubes au niveau de l'unité ALFA PIPE.

Nous avons apporté notre contribution en développant un système mécatronique.

Comme tout système mécatronique, le nôtre fait appel à des capteurs, des actionneurs et une commande.

Dans un souci d'efficacité, de pragmatisme, de rationalité et pour une utilisation éventuelle réelle de notre travail, nous avons gardé, à chaque fois que c'est possible, les mêmes capteurs et les mêmes actionneurs.

Après avoir passé en revue les différents procédés de commande, tout en restant dans le cadre de la stratégie élaborée par l'unité qui consiste au renouvellement des installations, nous avons pensé à remplacer la

méthode de commande à base de la logique câblée dans les système d'oxycoupage et de nettoyage qui présentent beaucoup d'inconvénients tels que la rigidité, l'encombrement, l'utilisation d'un grand nombre d'opérateurs, la maintenance coûteuse et fréquente des équipements de commande, sans compter l'obsolescence des commandes à base de logique câblée et nous avons montré l'intérêt d'utiliser un microcontrôleur PIC en raison de ses propriétés de propagation et d'interaction avec la cible, ainsi que le faible coût et la relative simplicité de l'électronique associée. La facilité de sa réalisation, la possibilité de modification des divers fonctionnements, la précision des tâches et enfin la présence d'un outil de programmation fourni gratuitement en font un système de commande très performant et qui répond de manière remarquable aux exigences de la production.

Cet intérêt se traduit par un nombre important de réalisations dans les autres domaines tels qu'en robotique, et nous manifestons ce même intérêt pour la réalisation de ce système, surtout pour les domaines industriels. Le système peut être toujours amélioré en le reconsidérant techniquement.

Et comme perspective, nous souhaitons que ce travail puisse être poursuivi et amélioré par les promotions futures et être réalisé réellement à l'entreprise.

*Merci.*