

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 8 Mai 1945 – Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Electrotechnique et Automatique

Réf:...../2023



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER Académique**

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Informatique industrielle

Par : Khelaifia Djihene

Khaila Ahmed Amine

Changement d'un variateur de vitesse analogique par un variateur de vitesse numérique

Soutenu publiquement, le 18/06 /2023 devant le jury composé de :

Pr. Kchida Siham	Univ. Guelma	Président
Dr. Boubidi Assia	Univ. Guelma	Encadreur
Dr. Sebagh Abdennour	Univ. Guelma	Examinateur
Dr. Loucif Fatiha	Univ. Guelma	Examinateur principal
M. Achache Hocine	Sider El'hadjar	Co-encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

I. Résumé:

Ce document représente un travail de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master en Automatique et informatique industrielle sous le thème: Changement d'un variateur de vitesse analogique par un variateur de vitesse numérique.

Au cours de stage à l'Usine Sider elhadjare, on a vécu l'expérience de mise en essai du variateur de vitesse numérique SINAMICS DC MASTER avant sa mise en service au niveau de la rectifieuse (850 A). Pour résoudre les problèmes techniques qui entravent le bon fonctionnement du laminoir par les techniciens de maintenance (LAF), notamment le moteur à courant continu, l'orientation actuelle vers la modernisation des équipements de contrôle à caractère analogique, et remplacement par des variateurs de vitesse numériques, Ces variateurs offrent des avantages significatifs tels qu'une meilleure précision de contrôle, une plus grande flexibilité d'utilisation, une plus grande fiabilité, des fonctions avancées de diagnostic et de surveillance et une plus grande.

II. REMERCIEMENTS

Nous tenons en premier lieu à remercier le bon Allah, le tout puissant, pour nous avoir accordé la santé et la volonté pour bien continuer et terminer ce travail.

*Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances au **Dr BOUBIDI ASSIA**, notre encadreur pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre travail et remerciements pour les jurys **DR. KCHIDA SIHEM, DR. SEBAGH ABDENNOUR, DR. LOUCIF FATIHA** et les*

*responsables de stage : **ACHECH HOUCIN, RAHMANI
YOUSSE, SOUAIDI HICHEM.***

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous
l'enseignants qui par leurs compétences nous ont soutenu
dans la poursuite de nos études*

*Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont
contribué à la réalisation de ce mémoire.*

merci ♥

III.Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu et orienté vers le bon chemin. Je leurs dois un grand merci et je leurs éprouve un sentiment de gratitude et d'amour.

A mes adorables sœurs : Adila,sofia,Amel.

A mes adorables frères : Samir, Mohamed, Alla, Fouad.

A mes amis intimes : Lina,Amani,Noura.

Khelaifia Djihene

III.Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu et orienté vers le bon chemin. Je leurs dois un grand merci et je leurs éprouve un sentiment de gratitude et d'amour.

A mon frère

A tous mes amis qui me sont très chers.

Khaila Ahmed amine

Liste des figures

Chapitre I : Présentation du complexe Sider El-Hadjar

Figure I. 1: Situation géographique du complexe SEH.....	2
Figure I. 2: Processus de production.	5
Figure I. 3: Unités et produits du complexe.	6
Figure I. 4: L'atelier PMA.....	8
Figure I. 5: Un Haut fourneau	9
Figure I. 6: L'atelier ACO1.....	10
Figure I. 7: L'atelier ACO2.....	10
Figure I. 8: L'atelier ACE.	11
Figure I. 9: L'atelier LAC.	12
Figure I. 10: L'atelier LAF.....	13
Figure I. 11: L'atelier RPA.	14
Figure I. 12: L'atelier LFR.....	14
Figure I. 13: L'atelier LRB.	15

Chapitre II : Présentation du laminoir à froid et Problématique

Figure II. 1: organigramme du laminoir à froid.	16
Figure II. 2: Produit fini du LAF.....	17
Figure II. 3: Schéma d'une ligne continue de décapage	18
Figure II. 4: Photo des cinq cages du tandem.	18
Figure II. 5: Processus de laminage au sein du tandem.	19
Figure II. 6: Une ligne de dégraissage.....	19
Figure II. 7: Bassin de recuit.	20
Figure II. 8: Skin-pass.	20
Figure II. 9: Une ligne de galvanisation.....	21
Figure II. 10: La rectifieuse cylindrique 850 A.....	21
Figure II. 11: Equipements techniques de la rectifieuse 850 A.	22
Figure II. 12: Schéma électrique des MCC à excitation séparée.	24
Figure II. 14 : Variateur de vitesse analogique.....	25
Figure II. 15: Schéma de base du variateur de vitesse analogique.....	26
Figure II.16:Redresseur commandée.....	27

Figure II.17 : Circuit intermédiaire à courant continu variable.....	28
Figure II.18 : Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable.....	29

Chapitre III : Essai expérimentale : Installation du variateur de vitesse numérique

Figure III. 1: Variateur SINAMICS DC MASTER.	30
Figure III. 2: Circuit de puissance-mote.....	301
Figure III. 3: Entrée analogique.	312
Figure III. 4: Sortie analogique.	323
Figure III. 5: Sortie logique.....	334
Figure III. 6: Retour de vitesse.....	345
Figure III. 7: Essai du variateur.....	356
Figure III. 8: La plaque signalétique de Variateur DC MASTER.	357
Figure III. 9: Moteur courant continue.....	368
Figure III. 10: Les caractéristiques techniques.....	39
Figure III. 11: Un potentiomètre.	40
Figure III. 12: Relais thermique.	41
Figure III. 13: Le contacteur.	42
Figure III. 14: Armoire électrique.	43
Figure III. 15: Les fins de courses.....	44
Figure III. 16: montre la configuration entrée logique pour sens de rotation négatif (DI2). .	415
Figure III. 17: montre la configuration entrée logique pour sens de rotation positif (DI0). .	426
Figure III. 18: sortie logique source de signal défaut actif/alarmes (oui=1, non=0).	437
Figure III. 19: sortie logique source de signal prêt a fonctionné (oui=1, non=0).	448
Figure III. 20: cycle d'optimisation sélection régulation de courant d'excitation	459
Figure III. 21: Courbe de vitesse et couple.....	50

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Unités, produits du complexe et utilisateurs	7
--	---

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I: Présentation du complexe Sider El-Hadjar

I.1 Introduction.....	2
I.2 Description du complexe Sider El-Hadjar	2
I.2.1 Situation géographique	2
I.2.2 Un peu d'histoire.....	3
I.3 Unités du complexe.....	4
I.3.1 Unités de production	4
I.3.2 Unités support et logistiques	4
I.4 Processus de production.....	5
I.5 Unités et produits du complexes	6
I.6 Unités, produits du complexe et utilisateurs	7
I.7 Un tour d'horizon : les unités de Sider	7
I.7.1 Préparation des matières premières et agglomération (PMA)	7
I.7.2 Hauts fourneaux (HF)	8
I.7.3 Aciérie à Oxygène n°1 (ACO1).....	9
I.7.4 Aciérie à Oxygène n°2 (ACO2).....	10
I.7.5 Aciérie électrique (ACE)	11
I.7.6 Laminoir à chaud (LAC).....	11
I.7.7 Laminoir à froid (LAF).....	12
I.7.8 Galvanisation à chaud (RPA : Revêtements et parachèvements)	13
I.7.9 Laminoir à fils ronds (LFR).....	14
I.7.10 Laminoir rond à béton (LRB)	15
I.8 Conclusion	15

Chapitre II: Présentation du laminoir à froid et Problématique

II.1 Introduction	16
II.2 Présentation de l'atelier LAF	16

II.3 Installations du laminoir à froid (LAF)	17
II.3.1 Décapage	17
II.3.2 Laminoir Tandem (TDM).....	18
II.3.3 Dégraissage.....	19
II.3.4 Recuit.....	19
II.3.5 Skin pass	20
II.3.6 Galvanisation	21
II.4 La rectifieuse 850 A	21
II.4.1 Equipements techniques	22
II.4.2 Equipements électriques	23
II.4.2.1 Moteurs à courant continu	24
II.4.2.2 Les variateur de vitesse utilisés	25
II.5 Problématique.....	28
II.6 Conclusion	29
<i>Chapitre III:Essai expérimentale : Installation du variateur de vitesse numérique</i>	
III.1 Introduction	28
III.2 Le variteur de vitesse numérique SINAMICS DC MASTER avant.....	28
III.2.1 Description	28
III.2.2 Schémas électriques	28
III.3 Essai du variateur	35
III.4 Mise en service avec l’outil STARTER.....	39
III.5 Paramétrage du variateur.....	39
III.6 Résultats de la simulation.....	46
III.7 Conclusion.....	46
Conclusion générale	47
Référence bibliographique	48

Introduction générale

Introduction générale

Ce mémoire est le fruit d'un stage pratique au complexe sidérurgique Sider El-Hadjar et plus précisément à l'atelier « Laminoir à froid (LAF) » pendant deux mois (du 12/02/2023 au 14/04/2023).

Pendant des années, la rectifieuse « 850 A » installée au niveau du LAF a subi plusieurs arrêts provoqués par le vieillissement du matériel de commande et de régulation (**le variateur de vitesse**) qui s'est basé essentiellement sur l'ancienne électronique analogique (des transistors, des diodes et des condensateurs). La réparation de ces cartes est presque impossible par la non disponibilité des pièces de rechange sur le marché et la maîtrise limitée de ce type d'équipements.

Afin de résoudre les problèmes techniques qui freinent le bon fonctionnement de la rectifieuse (850 A) notamment le moteur à courant continu, les responsables de l'atelier se sont orientés vers la modernisation de l'équipement de commande qui est de nature analogique, spécialement les variateurs de vitesse analogiques, et le substituer par un autre de nature numérique, en revanche les variateurs de vitesse numériques. Ces variateurs offrent des avantages considérables tels qu'une meilleure précision de contrôle, une plus grande souplesse d'utilisation, une plus grande fiabilité, des fonctions de diagnostic et de surveillance avancées, et une facilité d'utilisation accrue pour l'opérateur.

Pendant notre stage, on a fait un essai expérimental du variateur de vitesse numérique « SINAMICS DC MASTER » de la firme « SIEMENS », sous la direction des ingénieurs de la maintenance du LAF, dans le but de tester sa validité avant sa mise en service.

Ce mémoire, est réparti en trois chapitres comme suit.

Chapitre I : Présentation du complexe Sider El-Hadjar.

Chapitre II : Présentation du laminoir à froid et problématique.

Chapitre III : Essai expérimental de l'installation du variateur de vitesse numérique.

Enfin, le mémoire est clôturé avec une conclusion.

Chapitre I

Présentation du complexe

Sider El-Hadjar

I.1 Introduction

Ce chapitre est réservé à une présentation exhaustive du complexe sidérurgique Sider El-Hadjar (SEH). On a commencé cette présentation par la situation géographique du complexe avec un petit historique. Puis, on a passé au processus de production, unités, produits et utilisateurs. Enfin, on a présenté quelques installations de Sider, chacune avec sa description, son rôle, et ses éléments constitutifs.

I.2 Description du complexe Sider El-Hadjar

I.2.1 Situation géographique

Le complexe sidérurgique d'EL-HADJAR se situe à l'Est du pays dans la zone industrielle d'Annaba. Il est implanté à 15Km au sud de la ville et occupe une superficie de 832 hectares. La superficie se repartie approximativement en trois zones :

- ✓ Les ateliers de la production « 300 hectares ».
- ✓ Les zones de stockage « 300 hectares ».
- ✓ Les surfaces des services « 200 hectares ».

Il dispose d'une infrastructure ferroviaire d'une longueur de 60Km permettant la libre circulation des matières premières et près de 100Km de route permettant la circulation des engins (autobus, camion, véhicule, légers...).

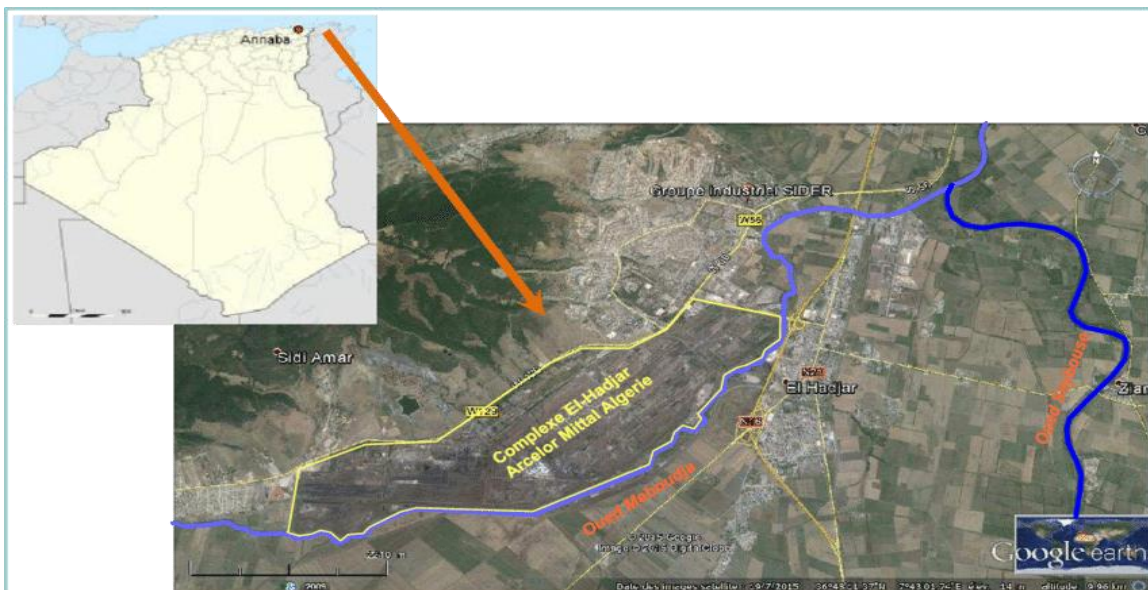


Figure I. 1: Situation géographique du complexe SEH.

I.2.2 Un peu d’historique

L’idée de création d’un grand pôle industriel de sidérurgie à Annaba était prévu dans le plan de Constantine de 1958, où la Société Bônoise de Sidérurgie (SBS) a été créée avec pour mission de réaliser un haut-fourneau ainsi que ses annexes, mais n’a pas été réalisé.

La Société nationale de sidérurgie (SNS) a été créée le 3 septembre 1964, chargée de la construction du Complexe sidérurgique d’El Hadjar qui a été inauguré le 19 juin 1969. Courant 1983, la restructuration de l’industrie algérienne donne naissance à l’entreprise nationale Sider qui devient le Groupe Sider en 1995, pour passer de l’entreprise administrée à l’Entreprise Publique Economique (EPE/SPA) avec un plan de redressement en 1999, donnant naissance à 25 entreprises industrielles autonomes (filiales). Le 18 janvier 2001, c’est un partenariat entre LNM (Inde) et Sider (Algérie) qui donne naissance à Ispat Annaba.

Le complexe d’El Hadjar avait été cédé à Mittal en 2001, qui détenait 70% et 30% par l’Etat algérien à travers Sider. Par la suite, courant 2013, pour sauver l’unique complexe sidérurgique du pays employant 5000 personnes d’une cessation d’activité, il a été décidé par le gouvernement de reprendre le contrôle ; le groupe public Sider augmentant sa participation dans AMA de 30% à 51% avec un plan d’investissement de 763 millions de dollars (565 millions d’euros) destiné au complexe sidérurgique de Annaba et aux mines de l’Ouenza et de Boukhadra. Une grande partie de l’investissement relatif à la modernisation du complexe, 600 millions de dollars environ, devait être financée à travers un crédit bancaire, dont la BEA (banque de Sonatrach). L’investissement à engager par les fonds propres des deux partenaires devait être de l’ordre de 123 millions de dollars. ArcelorMittal gardant le management, Sider préside le conseil d’administration, cet accord prévoyait un important plan de développement des ressources humaines au travers de formations intensives destinées aux employés afin de s’adapter aux nouvelles technologies prévues pour le site. L’objectif était d’augmenter la capacité de production du complexe d’El Hadjar (Annaba) à 2,2 millions de tonnes par an, de renforcer les capacités de l’aval par l’implantation d’un nouveau laminoir de rond à béton et de fil machine d’une capacité de 1 million de tonnes. Cela impliquait la modernisation de la filière fonte d’Annaba, notamment du haut-fourneau, ainsi que les installations de préparation matière, aciéries et laminoirs existants et la construction d’une nouvelle filière électrique. Lors des négociations en octobre 2013, il avait été prévu que le complexe devrait atteindre sa pleine capacité de production, 2,2 millions de tonnes d’acier, en 2017. Or, le complexe de sidérurgie d’El Hadjar n’a produit en 2012, que 580 000 tonnes d’acier, alors que l’objectif initialement fixé

était de parvenir à produire 600.000/700 000 tonnes pour l'année 2012. Et 2015 le DG du groupe Sider a signalé que la production d'acier du complexe sidérurgique d'El-Hadjar qui était d'un million de tonnes au départ a, depuis, chuté à 600 000 tonnes, jusqu'à atteindre, aujourd'hui, 300000 tonnes, contre une demande nationale, pour les seuls ronds à béton et fils pour machines, d'environ 4 millions de tonnes. Cette contreperformance avec des pertes de plusieurs dizaines de millions de dollars est d'autant plus dommageable qu'elle s'inscrit dans un contexte économique porteur et une demande très dynamique d'acier sur le marché algérien.

I.3 Unités du complexe [1]

I.3.1 Unités de production

a) Zone chaude

- Préparation matières et agglomération (PMA).
- Haut fourneau (HF) + Coulée pour fonte en gueuse.
- Aciérie à oxygène pour brames (ACO1).
- Aciérie à oxygène pour billettes (ACO2).
- Coulée en source pour lingots (ACE).

b) Zone produits plats

- Laminoir à chaud (LAC + ligne de cisailage).
- Laminoir à froid avec parachèvement et revêtement (LAF/RPA).

c) Zone produits longs

- Laminoir à rond à béton (LRB)

I.3.2 Unités support et logistiques

COX, PDE, FLUIDES, AMM, ATC, MCM, GTM, PORT.

I.4 Processus de production

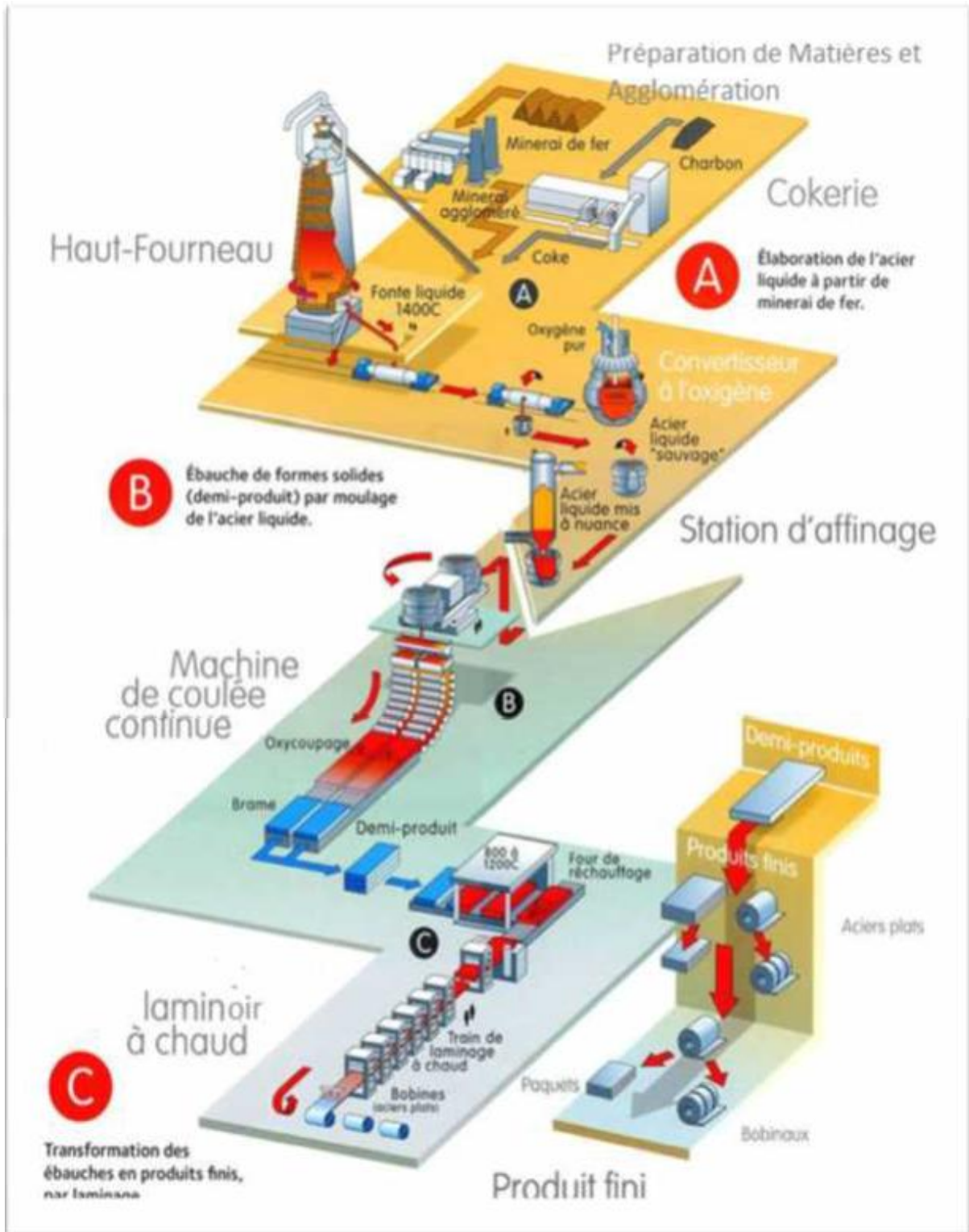


Figure I. 2: Processus de production.

I.5 Unités et produits du complexe

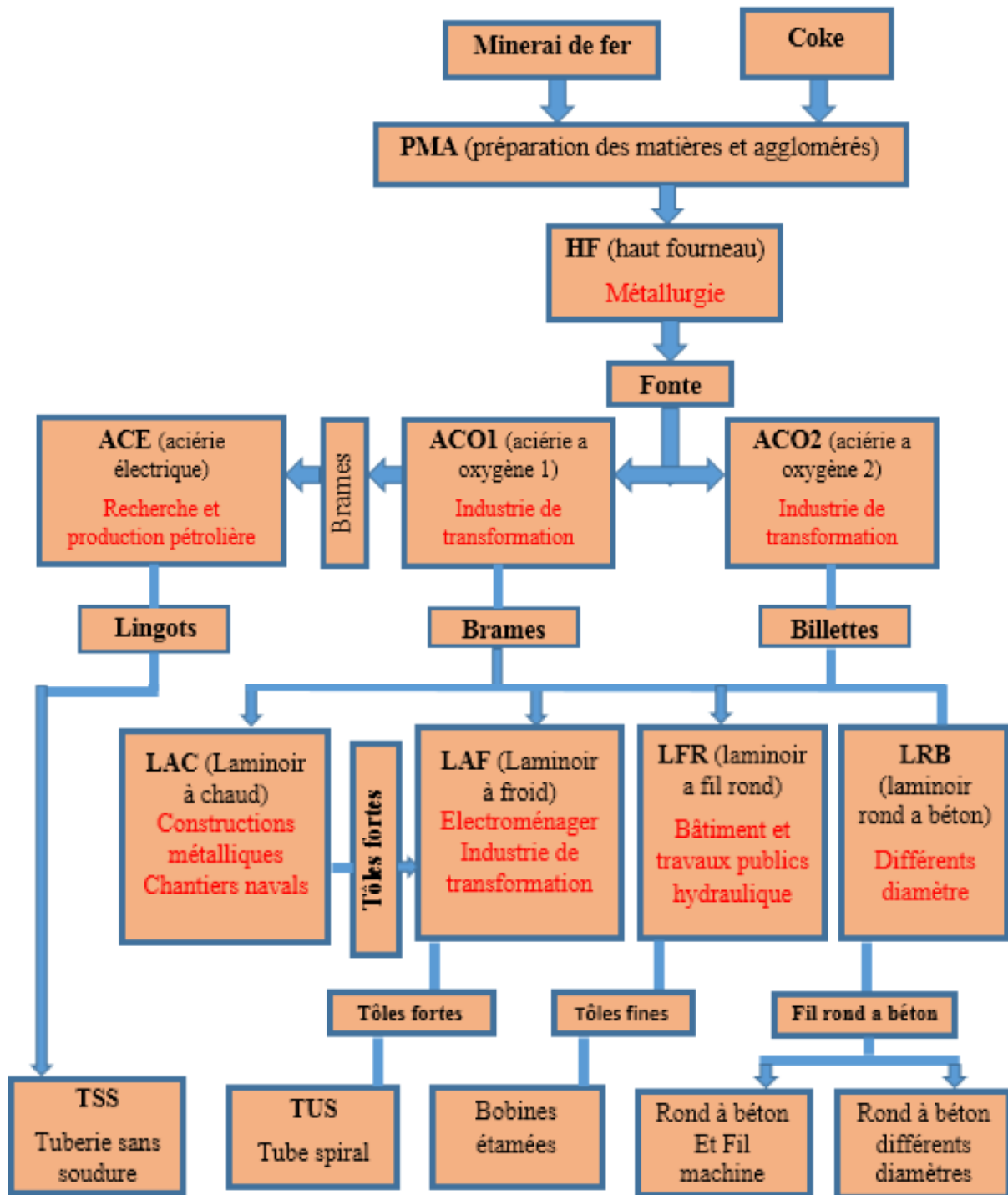


Figure I. 3: Unités et produits du complexe.

I.6 Unités, produits du complexe et utilisateurs

Unité	Produits	Principaux utilisateurs
Cokerie	Coke	Métallurgie
HF1 et HF2	Fonte	Métallurgie
ACO1	Brames	Industrie de transformation
ACO2	Billetes	Industrie de transformation
Laminoir à chaud (LAC)	Tôles fortes	Construction métallique, chantiers navales, tubes, bouteilles à gaz
Laminoir à froid (LAF)	Tôles fines	Electroménager, mobilier métallique, industrie de transformation
Etamage	Fer blanc	Emballage métallique divers pour les industries alimentaires et chimiques
Galvanisation	Tôles galvanisées	Bâtiments pour l'agronomie Industrie et élevage
Aciérie électrique (ACE)	Lingots	Recherche et production pétrolière transport des hydrocarbures
	Billetes	Industrie de transformation
Laminoir à fil rond (LFR)	Fil rond à béton	Bâtiment et travaux publics Hydraulique

Tableau I. 1: Unités, produits du complexe et utilisateurs

I.7 Un tour d'horizon : les unités de Sider

I.7.1 Préparation des matières premières et agglomération (PMA)

A partir du minerai fourni par les mines d'Ouenza et de Boukhara, l'atelier de préparation des matières broie le minerai, le met en tas pour alimenter les agglomérations. Une cuisson sur la chaîne est faite pour produire de l'aggloméré qui alimentera le haut fourneau.

Le PMA est composée de :

- ✓ Un atelier de préparation minière.

- ✓ Un atelier de préparation coke, fine de coke et additions.
- ✓ L'agglomération n°1 d'une capacité de 770 000 tonnes par an, a démarré en 1969 et rénovée en 1992.
- ✓ L'agglomération n°2 d'une capacité de 2 800 000 tonnes par an, a démarré en 1980 et rénovée en 1998.
- ✓ L'agglomération n°2 a été dotée en 2009 d'un premier filtre électrostatique pour capter les poussières.



Figure I. 4: L'atelier PMA

I.7.2 Hauts fourneaux (HF)

A partir des matières premières (agglomérées et coke) fournies par la PMA, les hauts fourneaux produisent de la fonte liquide destinée aux aciéries à oxygène. Le laitier qui est un produit fatal, il sert pour les cimenteries et les travaux publics.

Le HF1 a été mis en service en 1969 et rénové en 1992. Sa capacité est de 570 000 tonnes par an.

Le HF2 a été mis en service en 1980 et rénové en 1998. Sa capacité est de 1 400 000 tonnes par an.

Les HFX sont composées essentiellement de :

- ✓ Un atelier de stockage et criblage des matières premières.
- ✓ Des planchers de coulées.
- ✓ Un atelier de traitement gaz.
- ✓ Des stations de pompage.
- ✓ Un atelier de soufflage vent.

- ✓ Une station de traitement des eaux et boues.
- ✓ Des machines à coulées en gueuses.
- ✓ Un atelier réfractaire.



Figure I. 5: Un Haut fourneau.

I.7.3 Aciérie à Oxygène n°1 (ACO1)

Construite en 1972, l'aciérie à oxygène n°1 transforme la fonte liquide provenant du haut fourneau, en acier à l'aide d'oxygène. L'acier est solidifié sous forme d'un produit appelé brame qui sera acheminé vers le laminoir à chaud pour être transformé en bobines. La capacité maximale de l'ACO1 est de 1 037 000 tonnes par an de brames conformes. Les principales installations de l'ACO1 sont :

- ✓ Une zone d'élaboration de l'acier liquide dotée de trois convertisseurs d'une capacité de 90 tonnes chacun.
- ✓ Deux stations de traitement pochent.
- ✓ Une installation de dépoussiérage.
- ✓ Deux machines de lingotières courbes pour la production de brames de largeur 750 à 1 300 mm et de 220 mm d'épaisseur.
- ✓ Une installation de manutention et de traitement des brames.

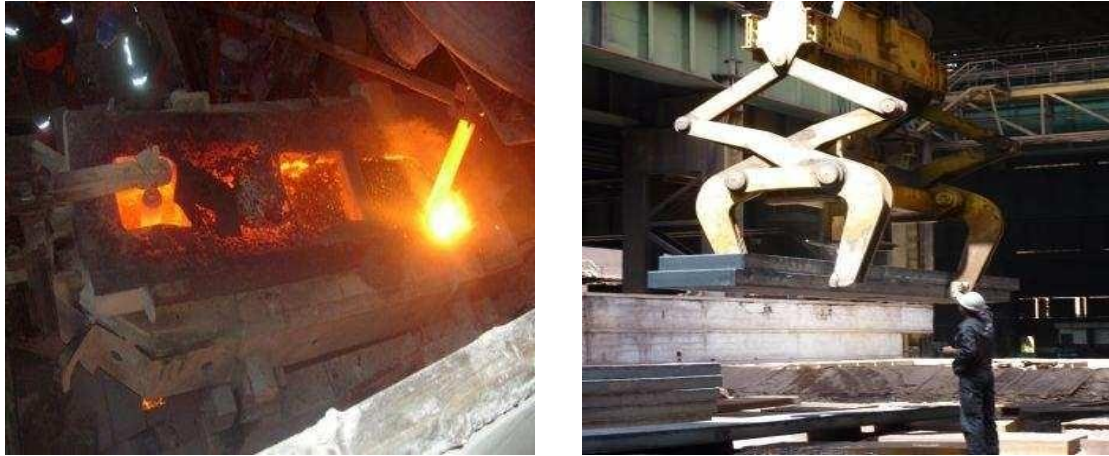


Figure I. 6: L'atelier ACO1.

I.7.4 Aciérie à Oxygène n°2 (ACO2)

L'aciérie à oxygène n°2 a été mise en service en mai 1981. Elle transforme la fonte liquide, acheminée du haut fourneau, en acier à l'aide d'oxygène. L'acier liquide est ensuite solidifié sous forme d'un produit appelé billette qui sera laminé par la suite au niveau des laminoirs à fil et rond. La capacité maximale de l'ACO2 est de 1 030 000 tonnes par an de billettes conformes. Elle est composée de :

- ✓ Une zone d'élaboration de l'acier liquide dotée de trois convertisseurs LD d'une capacité de 60 tonnes chacun.
- ✓ Une zone de coulée billettes dotée de trois machines courbes à quatre lignes de section 130x130 mm.



Figure I. 7: L'atelier ACO2.

I.7.5 Aciérie électrique (ACE)

L'aciérie électrique a été construite en 1975 pour alimenter principalement la tuerie sans soudure en lingots. Elle produit également des billettes pour le LFR et le LRB. L'ACE utilise la ferraille pour être fondue dans un four EBT, et utilise également l'acier traité par l'ACO1 pour être coulé.

La capacité de l'ACE est de 400 000 tonnes par an. Les principales installations sont :

- ✓ Un four EBT avec panneaux refroidis d'une capacité de 80 tonnes.
- ✓ Un transformateur 60 MVA.
- ✓ Un four poche de 80 tonnes.
- ✓ Une coulée continue radiale à quatre lignes.
- ✓ Une coulée en source pour lingots.

Caractéristiques des produits :

- ✓ Lingots : diamètre 270-345-410-500 mm destinés à la fabrication des tubes
- ✓ Billettes : sections 100x100 mm, 120x120 mm, 130x130 mm, 160x160 mm. Longueur 6 à 12 m.



Figure I. 8: L'atelier ACE.

I.7.6 Laminoir à chaud (LAC)

Mis en service en 1972, le laminoir à chaud transforme les brames produites par l'aciérie à oxygène n°1, en bobines dont la largeur varie entre 650 et 1 350 mm et l'épaisseur entre 1,5 et 15 mm. Sa capacité annuelle est de 1,6 Mt.

Le LAC est composé essentiellement de :

- ✓ Deux fours poussant de 240 t/h chacun.
- ✓ Une cage brise oxyde équipée d'une cage Edgar à l'entrée.
- ✓ Une cage quarto réversible équipée d'une cage Edgar à l'entrée.
- ✓ Un train finisseur à six cages.
- ✓ Trois bobineuses dont une réhabilitée en 2002.

La production du LAC est destinée à 50% à l'alimentation du laminoir à froid, le reste sert à l'industrie de transformation (tubes, tôles noires, bouteilles à gaz...).



Figure I. 9: L'atelier LAC.

I.7.7 Laminoir à froid (LAF)

Afin d'obtenir des bobines, provenant du LAC, à des épaisseurs très minces (de l'ordre < 1.5 mm) avec des surfaces sans défauts, l'atelier LAF a été conçu. Son rôle est d'avoir des tôles conformes du point de vue dimensionnel (largeur par dévirage et épaisseur par laminage), aspect de surface, caractéristiques mécaniques et santé interne du métal.

Le laminoir à froid est nécessaire pour produire du fer blanc, de la tôle fine et de la tôle galvanisée.

Les différentes sections qui constituent le LAF sont :

- ✓ Une ligne de décapage à l'acide sulfurique.
- ✓ Un laminoir tandem à 5 cages, son rôle est de donner à la bande l'épaisseur finale demandée.

- ✓ Une ligne de dégraissage électrolytique : pour le nettoyage de la bande laminée au tandem des saletés provenant des huiles de laminage.
- ✓ Un four de recuit.
- ✓ Deux Skin-Pass pour donner à la bande la planéité et la rugosité demandées.



Figure I. 10: L'atelier LAF.

I.7.8 Galvanisation à chaud (RPA : Revêtements et parachèvements)

Mis en service en 1980, la ligne de galvanisation à chaud dépose une couche de revêtement de zinc sur les bandes d'acier doux laminés à froid après avoir subi un traitement thermique dans un four à tunnel.

La galvanisation et les trois lignes de parachèvement sont composées de :

- ✓ Deux sections entrée/sortie du processus.
- ✓ Un four tunnel qui se compose d'une partie de préchauffage à feu direct d'une longueur de 22 m et l'autre de traitement thermique d'une longueur de 110 m.
- ✓ Un bain de galvanisation chauffé par induction.
- ✓ Une section de refroidissement à air et à eau.
- ✓ Une section de planage sous traction.
- ✓ Une section de traitement chimique de passivation.



Figure I. 11: L'atelier RPA.

I.7.9 Laminoir à fils ronds (LFR)

A partir des billettes fournies par l'ACO2, le LFR produit du rond à béton lisse et du fil machine de diamètre 6 à 12 mm, en couronnes. Sa capacité annuelle est de 220 000 t.

Le rond à béton lisse est destiné à renforcer les constructions en béton et à constituer les armatures passives pour les constructions en béton précontraint. Le fil machine est utilisé pour la confection du treillis soudé, la fabrication de clous, vis, câbles, fils, baguettes à souder...

Le LFR est composé de :

- ✓ Un four à longerons mobiles de 150 t/h.
- ✓ Un train de laminage de 34 cages.



Figure I. 12: L'atelier LFR.

I.7.10 Laminoir rond à béton (LRB)

A partir des billettes fournies par l'ACO2, le LRB produit du rond à béton nervuré. Sa capacité annuelle est de 400 000 t. Le rond à béton nervuré de diamètre 10 à 32 mm présenté en fardeaux est destiné à renforcer les constructions en béton (bâtiments et travaux publics) et à constituer les armatures passives pour les constructions en béton précontraint.

Le LRB est composé de :

- ✓ Un four à longerons mobiles de 80 t/h.
- ✓ Un train de laminage de 16 cages intermédiaires et cagesfinisseuses.
- ✓ Une ligne de rond à béton nervuré de diamètre 10 à 32 mm et rond lisse de diamètre (14 à 50 mm).
- ✓ Une ligne de refroidissement.



Figure I. 13: L'atelier LRB.

I.8 Conclusion

Dans ce chapitre, le complexe Sider -El Hadjar a été présenté de façon exhaustive avec ses unités de production. Le chapitre suivant sera réservé à la présentation de l'unité de laminage à froid (LAF) avec plus de détail avant de présenter la problématique du mémoire.

Chapitre II

Présentation du laminoir à froid et Problématique

II.1 Introduction

Ce chapitre est réservé à la présentation de l'atelier (LAF) avec ses installations, en mettant l'accent avec plus de détails sur l'installation appelée « la rectifieuse 850 A », à laquelle on s'intéresse. Pour arriver à la fin du chapitre à la problématique du mémoire.

II.2 Présentation de l'atelier LAF [2]

Le laminage à froid LAF est un processus nécessaire pour obtenir des tôles d'aciers minces de l'ordre 2 mm avec des surfaces lisses à partir de brames laminées à chaud. L'organigramme du LAF est représenté par la figure(II.1).

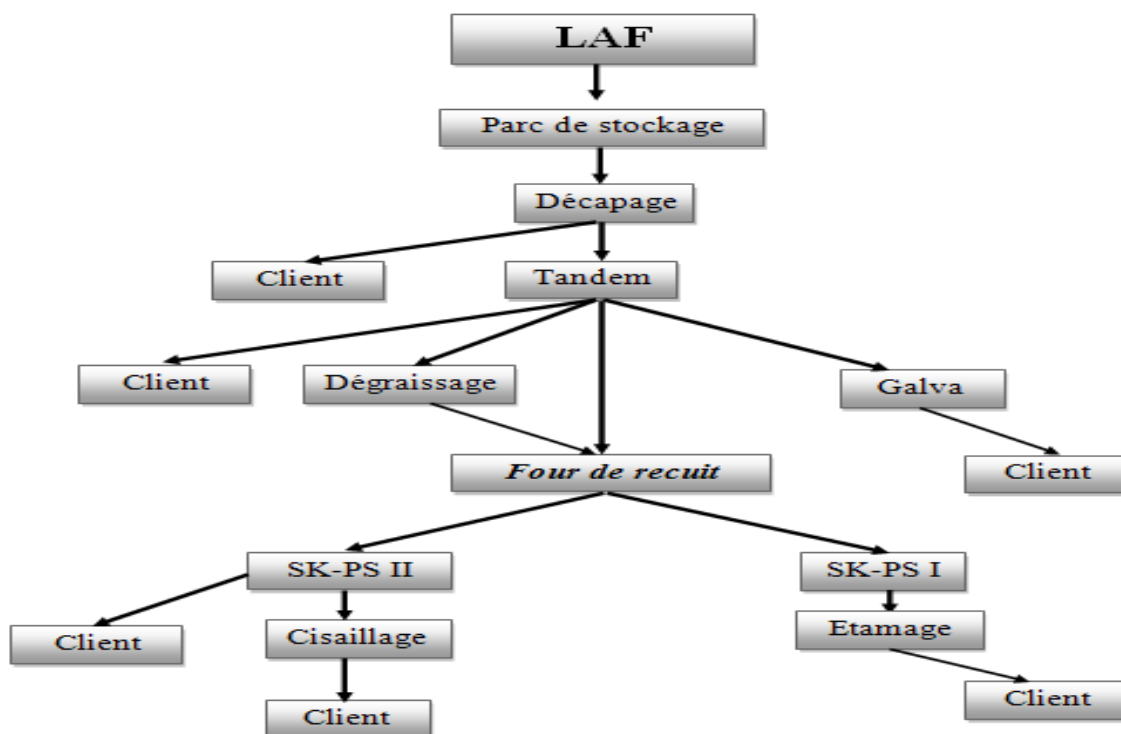


Figure II. 1: Organigramme du laminoir à froid.

Le produit en sortie du LAF peut être classé en deux catégories (figure II.2) :

- ✓ Le Fer Blanc (FB), destiné à la boîte alimentaire.
- ✓ La Tôle Mince (TM), destinée à l'industrie d'emboutissage.



Figure II. 2: Produit fini du LAF.

II.3 Installations du laminoir à froid (LAF)

Le LAF est composé de plusieurs lignes de production qui sont [2] :

- ✓ Une ligne de décapage.
- ✓ Une ligne Tandem 5 cages.
- ✓ Une ligne de dégraissage électrolytique.
- ✓ Une batterie de four de recuit.
- ✓ Deux laminoirs skin pass.
- ✓ Une ligne de galvanisation.

Dans ce qui suit, ces installations seront présentées avec plus de détail.

II.3.1 Décapage

Les bondes laminées à chaud sont recouvertes d'une couche appelée la calamine, cette calamine est sous forme de trois types d'oxydes :

- ✓ Oxyde ferrique Fe_2O_3 .
- ✓ Oxyde magnétique Fe_3O_4 .
- ✓ Oxyde ferreux FeO .

Le décapage est une opération importante avant le laminage à froid pour enlever cette couche. Ce procédé s'effectue mécaniquement par ondulation de la tôle et chimiquement par immersion de celle-ci dans des bacs d'acide sulfurique.

a) **Décapage mécanique** : s'effectue par ondulation de la tôle entre la brise oxyde et le processor qui engendre des tensions sur la tôle cassant ainsi par effritement les couches d'oxydes.

b) **Décapage chimique** : s'effectue par immersion de la tôle dans une succession de bacs d'acide sulfurique. La solution d'acide vient à bout des oxydes tenaces qui ont résisté à l'opération mécanique, après huilée et bobinée en bobines jusqu'à 24 tonnes maxi.

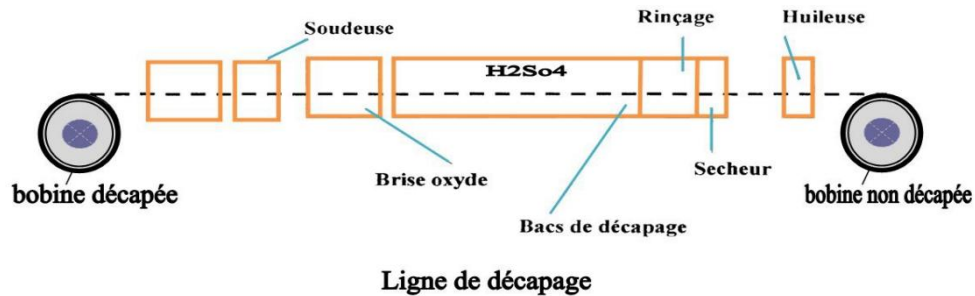


Figure II. 3: Schéma d'une ligne continue de décapage

II.3.2 Laminoir Tandem (TDM)

Le laminoir tandem, constitué de 5 cages quarto, peut laminier des bobines de 24 t et d'une largeur maxi 1350 mm (Figure II.4). Il reçoit les bobines venant du décapage et a pour rôle de laminier la bande par une réduction d'épaisseur en une seule passe jusqu'à l'épaisseur finale désirée, en lui sollicitant une traction et une pression sous l'effet de deux cylindres de travail épaulés par deux cylindres d'appui. A l'entrée (première cage) l'épaisseur maximale est de 4,5 mm et minimale de 1,5mm, et à la sortie (tandem), l'épaisseur maximale est de 2 mm et minimale de 0,16 mm (Figure II.5). Sa production nominale est de 900.000 tonnes par an.



Figure II. 4: Photo des cinq cages du tandem.

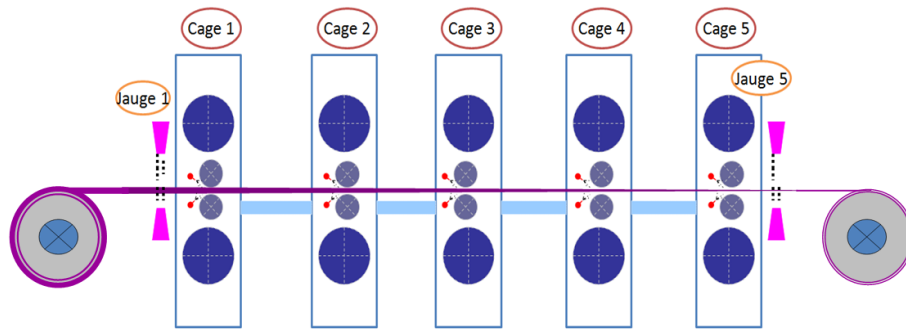


Figure II. 5: Processus de laminage au sein du tandem.

II.3.3 Dégraissage

Une ligne de dégraissage est installée perpendiculairement à la sortie du laminoir réversible. Il reçoit du tandem les bobines laminées. Son rôle est de dégraisser la bande de toute imprégnation d'huile et de graisse de laminage par immersion de la tôle dans des bains d'eau chaude et de soude caustique suivie d'un brossage énergétique, d'un lavage et d'un séchage.



Figure II. 6: Une ligne de dégraissage.

II.3.4 Recuit

Destiné à régénérer la structure cristalline du métal laminage à froid, sous des températures pouvant atteindre les 830°C dans un processus continu pour avoir une homogénéité des propriétés de la tôle. Au cours du laminage à froid, celui-ci produit un durcissement et une perte de ductilité du métal. Il est devenu dur et cassant, et impropre à une

utilisation. Ce recuit de recristallisation a pour objet de conférer à l'acier une taille de grain permettant l'obtention des caractéristiques mécaniques finales du produit.



Figure II. 7: Bassin de recuit.

II.3.5 Skin pass

Pour les aciers comportant du carbone et de l'azote (éléments interstitiels), le métal après recuit présente un palier de limite d'élasticité. Le skin-pass a pour objectif d'effacer le palier de limite d'élasticité et de fixer les caractéristiques mécaniques. Il imprime également la rugosité nécessaire à l'utilisation et améliore la planéité.

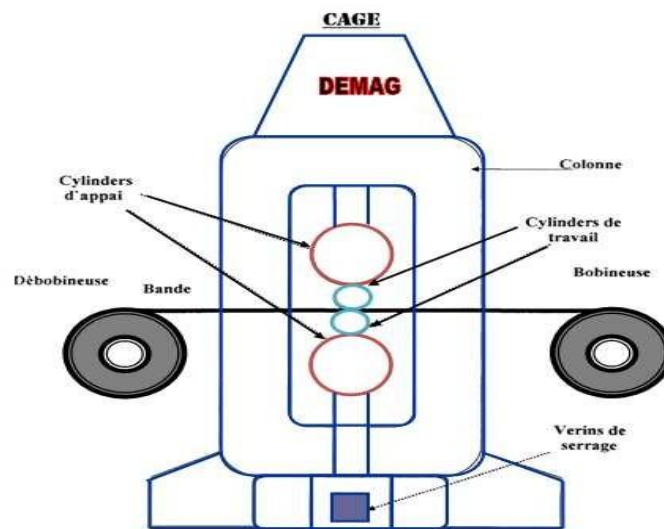


Figure II. 8: Skin-pass.

II.3.6 Galvanisation

Des lignes de galvanisation reçoivent les bobines venant du laminage à froid (soit du tandem 5 cages, soit du skin réversible) pour les couvrir du zinc.



Figure II. 9: Une ligne de galvanisation

II.4 La rectifieuse 850 A [3]

Dans le but de rendre les surfaces des produits en sortie du Tandem le plus lisse possible, « une rectifieuse cylindrique 850 A » est placée après le Tandem (Figure II.10).



Figure II. 10: La rectifieuse cylindrique 850 A.

II.4.1 Equipements techniques

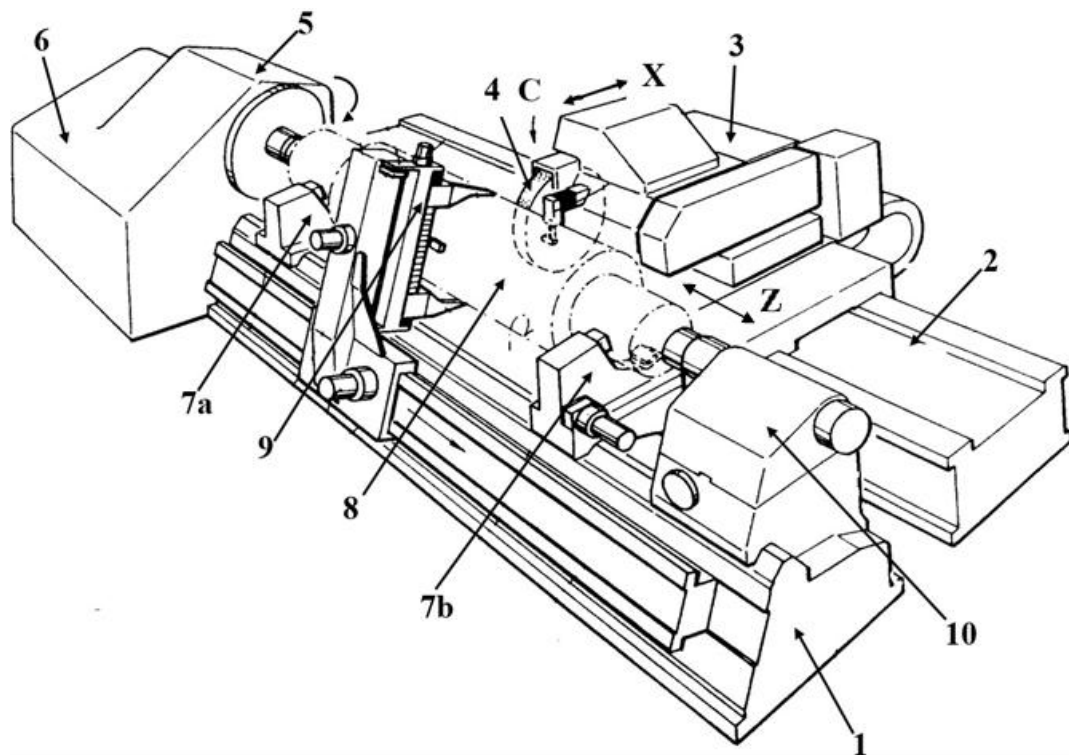


Figure II. 11: Equipements techniques de la rectifieuse 850 A.

1 : Bac avant.

2 : Bac arrière.

3 : Moteur porte meule.

4 : Meule abrasive.

5 : Poupée fixe.

6 : Moteur de poupée fixe.

7a et b : Muni de pièces d'appui.

8 : Cylindre de laminage.

9 : Bras de mesure.

10 : Poupée mobile.

X : Axe bidirectionnel de la porte meule.

C : rotation du la meule.

Z : Axe l'intervalle de mouvement porte meule.

Comme le montre la Figure (II.11), la rectifieuse cylindrique 850 A est équipée de :

a) Les bancs de la machine avant et arrière : Leur rôle est d'éviter les vibrations de fortes nervures transversales et longitudinales.

b) La porte meule : La porte meule est l'organe essentiel de la rectifieuse. C'est lui qui porte et fait tourner la meule, outil dynamique de la machine rectifié.

c) La meule : La meule est un outil de rectification constitué de grains abrasifs reliés par des agglomérant.

d) La porte meule : La porte meule est l'organe essentiel de la rectifieuse. C'est lui qui porte et fait tourner la meule, outil dynamique de la machine rectifié.

e) La poupée fixe : Calculée pour recevoir des cylindres de grand poids. Elle est soit fermement boulonnée eu banc soit déplaçable, et sa commande s'effectuez par un moteur à courant continu a vitesse réglable.

f) Bras calcul de mesure : C'est un bras que calcul les mesures des cylindres avec ultrason et des capteurs angulaire, pour mesurer diamètres de cylindre, il est commandée par un moteur électrique et système hydraulique pour ouvrir et fermer ce bras. Électrique à partite de la boîte d'engrenage d'avance se tournant sur le trainard.

g) La poupée mobile : Repose sur la surface de glissement relevée du banc avant et sur une glissière plate.

II.4.2 Equipements électriques

La rectifieuse est alimentée par un bloc d'alimentation des circuits de commande et le contrôle (380V, 50Hz). L'équipement électrique est destiner à :

- ✓ Régler automatique les avances progressives.
- ✓ Varier de la pression de la meule pour le travail à puissance constante.
- ✓ Varier les vitesses de la meule.
- ✓ Varier les vitesses du chariot.
- ✓ Contrôler les avances, les vitesses de la meule et du cylindre.

La rectifieuse dispose de :

- ✓ Trois moteurs à courant continu (MCC) à excitation séparée pour la commande de la meule, du cylindre et le chariot.
- ✓ Un moteur à courant alternatif pour la commande des pompes du liquide d'arrosage.

Ces moteurs sont commandés par des variateurs de vitesse.

Dans la suite, on se limite à la présentation des MCC à excitation séparée auxquels on s'intéresse.

II.4.2.1 Moteurs à courant continu

a) Schéma électrique

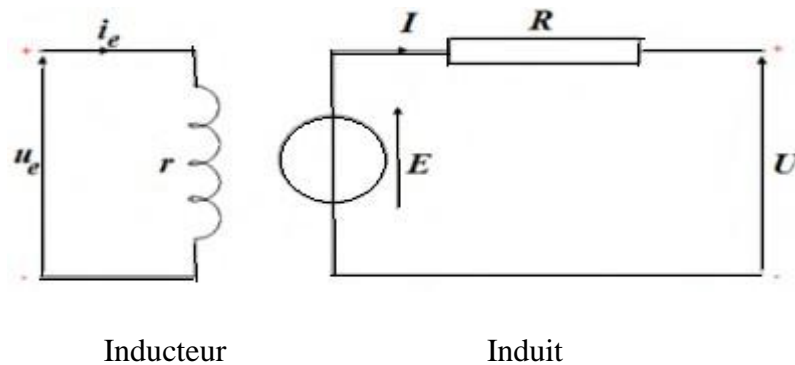


Figure II. 12: Schéma électrique des MCC à excitation séparée.

I : courant d'induit.

i_e : Courant d'excitation.

U : tension d'induit.

u_e : Tension d'excitation.

R : résistance d'induit.

r : résistance de l'inducteur.

E : force électromotrice du moteur.

b) Fonctionnement

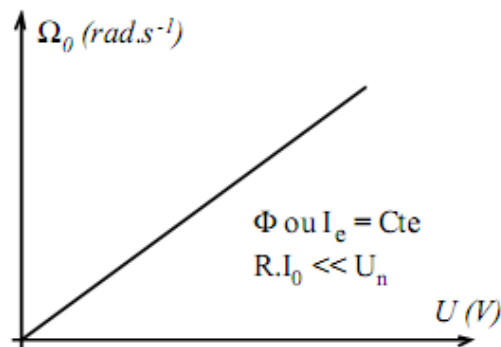


Figure II.13 : Caractéristique vitesse = f(U)

Sur ce principe, la machine à courant continu est le siège d'une f.é.m. donnée par :

$$E = \frac{p}{2\pi \cdot a} N \cdot \Phi \cdot \Omega. \quad \text{Avec :}$$

p : le nombre de paires de pôles.

a : le nombre de paires de voies d'enroulement.

Φ : le flux maximum à travers les spires [Wb].

Ω : la vitesse de rotation [rd/s].

N : nombre de conducteur actif.

Finalement on peut écrire :

$$E = K \cdot \Phi \cdot \Omega$$

$$\text{Avec } K = \frac{p}{2\pi \cdot a} N \text{ et } K \text{ est la constante de la f.é.m.}$$

II.4.2.2 Les variateurs de vitesse utilisés

a) Description

Ces variateurs de vitesse électroniques sont conçus pour un contrôle en continu de la vitesse variable des moteurs monophasés ou triphasés contrôlables en tension. Un signal de commande analogique est requis comme référence de vitesse du ventilateur. La tension du moteur est régulée en fonction de ce signal de commande analogique. Il existe de nombreuses possibilités pour générer un signal de commande analogique [4].



Figure 1Figure II. 14 : Variateur de vitesse analogique.

Figure II. 14 : Variateur de vitesse analogique.

c) Principe base du variateur de vitesse

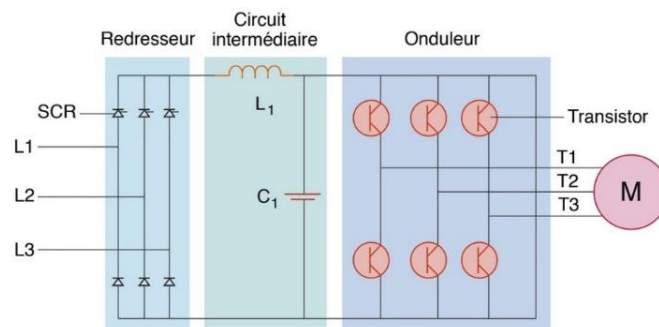


Figure II. 15 : Schéma de base du variateur de vitesse analogique.

Le variateur de vitesse est composé essentiellement :

- ✓ D'un redresseur qui, connecté à une alimentation triphasée (le réseau), génère une tension continue à ondulation résiduelle (le signal n'est pas parfaitement continu). Le redresseur peut être de type commandé ou pas.

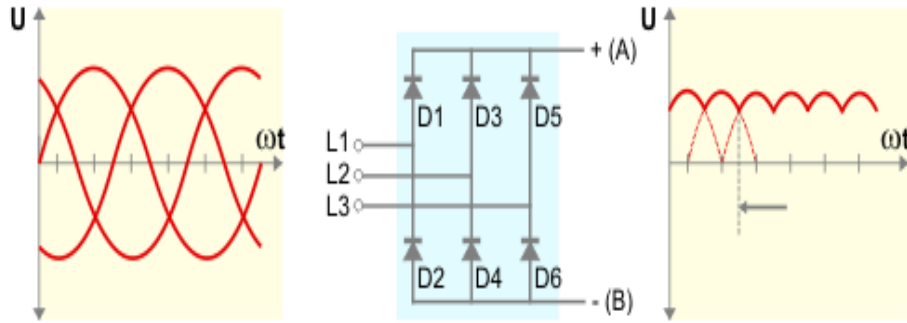


Figure II.16 : Redresseur commandé.

- ✓ D'un circuit intermédiaire agissant principalement sur le "lissage" de la tension de sortie du redresseur (améliore la composante continue). Le circuit intermédiaire peut aussi servir de dissipateur d'énergie lorsque le moteur devient générateur.



Figure II.17 : Circuit intermédiaire à courant continu variable.

- ✓ D'un onduleur qui engendre le signal de puissance à tension et/ou fréquence variables.

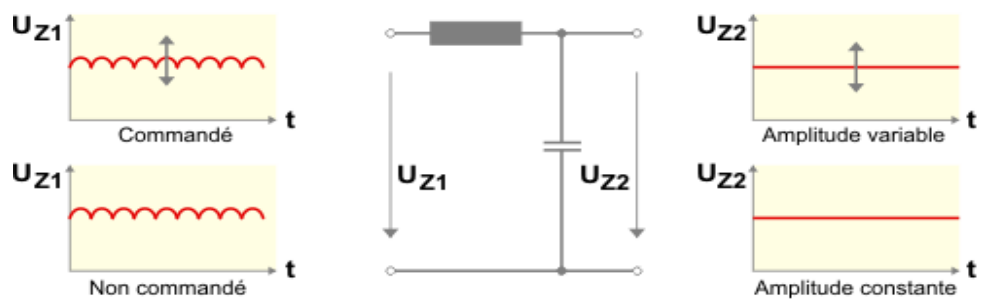


Figure II.18 : Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable.

- ✓ D'une électronique de commande pilotant (transmission et réception des signaux) le redresseur, le circuit intermédiaire et l'onduleur [5].

c) Fonctionnement [6]

Le variateur électronique de vitesse commande la vitesse du moteur en variant la fréquence qui lui est fournie. Comme la vitesse du moteur est directement liée à la fréquence, il est possible de commander efficacement la vitesse du moteur en modifiant la fréquence en fonction des besoins.

Les trois principales étapes du fonctionnement d'un variateur électronique de vitesse sont les suivantes :

1. Conversion du courant alternatif en courant continu

À cette étape, la tension alternative d'entrée est convertie en tension continue. Le circuit qui remplit cette fonction est constitué d'un pont redresseur composé de six diodes. Le signal de sortie en courant continu à ce stade contient des ondulations qui ne sont pas utiles et qui atténuent le signal. Les ondulations du courant alternatif sont éliminées et envoyées à l'étape suivante.

2. Section de filtrage

Cette étape permet d'éliminer toute ondulation de la tension continue par rapport à la précédente étape. Le convertisseur devient l'entrée du circuit de condensateur qui sert de filtre. Le filtre est supprimé, ce qui permet d'obtenir une forme d'onde continue lisse.

3. Conversion du courant continu en courant alternatif

Cette dernière étape permet d'obtenir un produit prêt à être utilisé par le moteur. Durant cette phase, appelé phase d'onduleur, le courant continu est reconverti en courant alternatif, d'où l'autre nom de VFD, c'est-à-dire onduleur. La conversion s'effectue ici par l'utilisation de dispositifs d'électroniques de puissance, appelés IGBT, et la technique est appelée modulation de largeur d'impulsion.

II.5 Problématique

Depuis son installation, les moteurs CC ont été pilotés par des variateurs analogiques. Or, ces derniers ont enregistré des fréquences de pannes et des temps techniques de réparation très importants. Les variateurs analogiques, actuellement en service au LAF, souffrent des pièces de la rectifieuse (850 A).

Depuis longtemps, la rectifieuse 850 situé au niveau du Laminoir a subie plusieurs arrêts provoqués par le vieillissement du matériel de commande et de régulation (le variateur de vitesse) qui s'est basé essentiellement sur l'ancienne électronique analogique. Ces arrêts provoquent la non disponibilité à temps du cylindre rectifié destinés au Laminoir Tandem/LAF. L'expertise de cette installation montre l'obsolescence d'équipement de régulation de vitesse du moteur à courant continu qui entraine le cylindre. Les cartes électroniques analogiques de l'ancienne technologie sont dépourvues et abandonnées de fabrication. La réparation de ces cartes est presque impossible par la non disponibilité des pièces de rechange sur le marché et la maîtrise limitée de ce type d'équipements.

Actuellement, la commande des MCC est assurée par des variateurs de vitesse numériques assistés par PC appelé SINAMICS DC MASTER, de la firme SIEMENS.

Les objectifs de remplacement le variateur SINAMICS DC MASTER sont :

- ✓ Faciliter les opérations de maintenance et de paramétrage des équipements proposées.
- ✓ Réduire le temps d'arrêts des installations, rectifieuse et TANDEM.
- ✓ Améliorer la qualité des cylindres rectifiés.

II.6 Conclusion

Ce chapitre présent l'atelier du laminoir à froid (LAF) avec ses installations dont la rectifieuse 850, lieu de notre stage au Sider, a été abordé avec plus de détail. La problématique du mémoire est également présentée dont la solution sera exposée dans le prochain chapitre.

Chapitre III

Essai expérimentale :

*Installation du variateur de
vitesse numérique*

III.1 Introduction

Avec l'orientation actuelle du complexe Sider vers la modernisation de ses installations, on a vécu, au cours du stage, l'expérience de mise en essai du variateur de vitesse numérique SINAMICS DC MASTER avant sa mise en service au niveau de la rectifieuse (850 A). Cet essai a été assisté par des ingénieurs de maintenance du LAF.

Dans ce chapitre, tout d'abord le variateur vitesse numérique SINAMICS DC MASTER avant est présenté, suivi de ses schémas de raccordement. Le variateur est piloté par un logiciel appelé « STARTER ». Ce dernier doit subir un paramétrage des éléments qui l'entourent qui sont :

Le variateur lui-même et le moteur à courant continu. Enfin, l'ensemble (variateur, moteur) est mis en essai pour validation.

III.2 Le variateur de vitesse numérique SINAMICS DC MASTER [7]

III.2.1 Description

Les variateurs SINAMICS DC MASTER sont des appareils compacts qui comprennent la partie puissance pour l'alimentation de l'induit et la partie puissance pour l'alimentation de l'excitation, l'électronique de commande, ainsi que les modules supplémentaires possibles. Le variateur est choisi selon la puissance du moteur.

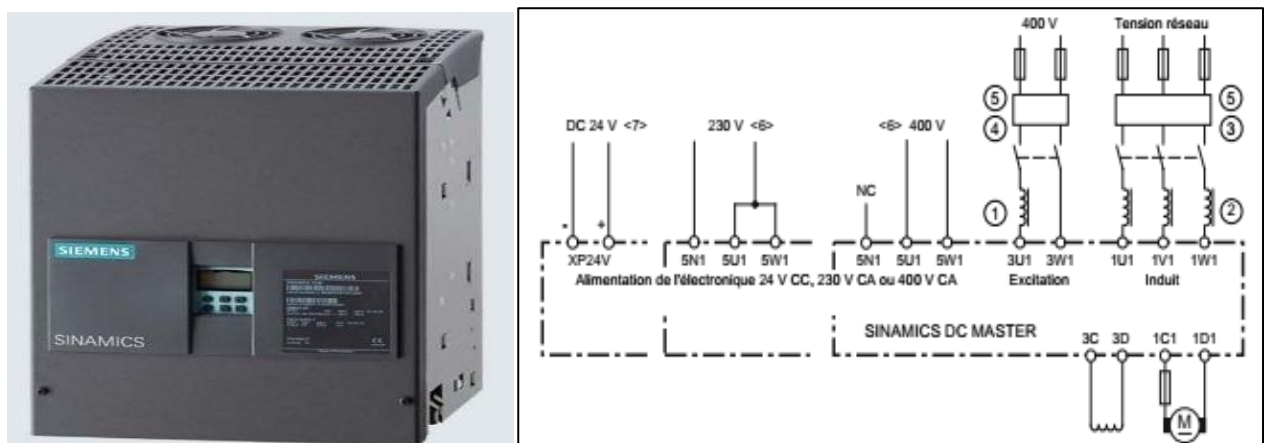


Figure III. 1: Variateur SINAMICS DC MASTER.

III.2.2 Schémas électriques

Les schémas électriques ont été réalisés par le logiciel XRELAIS. Ce logiciel est plus qu'un simple logiciel de dessin électrique. Il dispose de fonctions avancées permettant

d'automatiser certaines tâches. Pour que ces fonctions soient exploitables, il est très important de suivre une méthodologie dans la réalisation du schéma.

Pour la mise en service du variateur, cinq schémas électriques (cinq folios) sont nécessaire :

- ✓ Circuit puissance-moteur (Figure III.2).
- ✓ Entrée analogique (Figure III.3).
- ✓ Sortie analogique (Figure III.4).
- ✓ Sortie logique (Figure III.5).
- ✓ Retour de vitesse (Figure III.6).

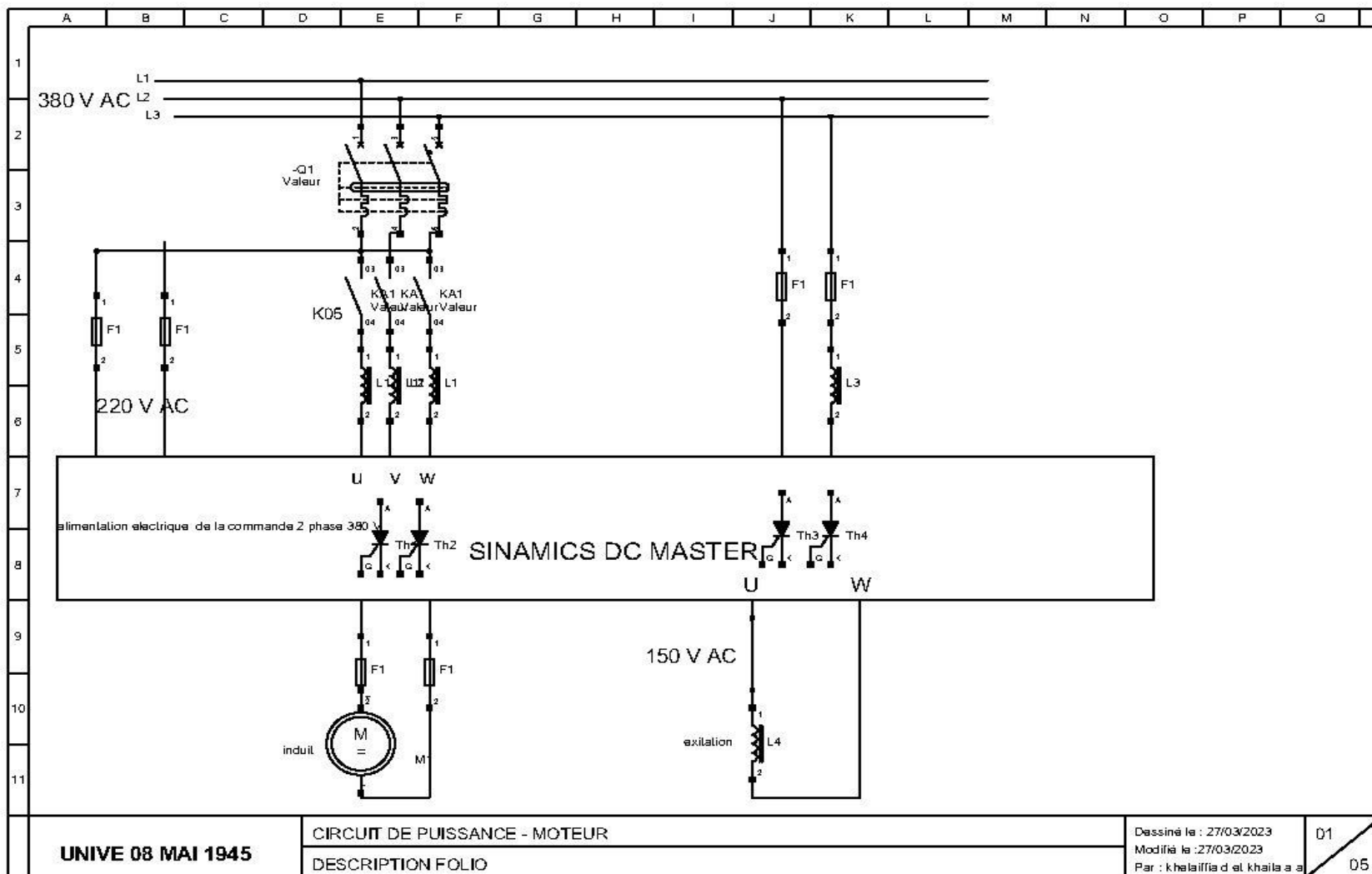


Figure III. 2: Circuit de puissance-moteur.

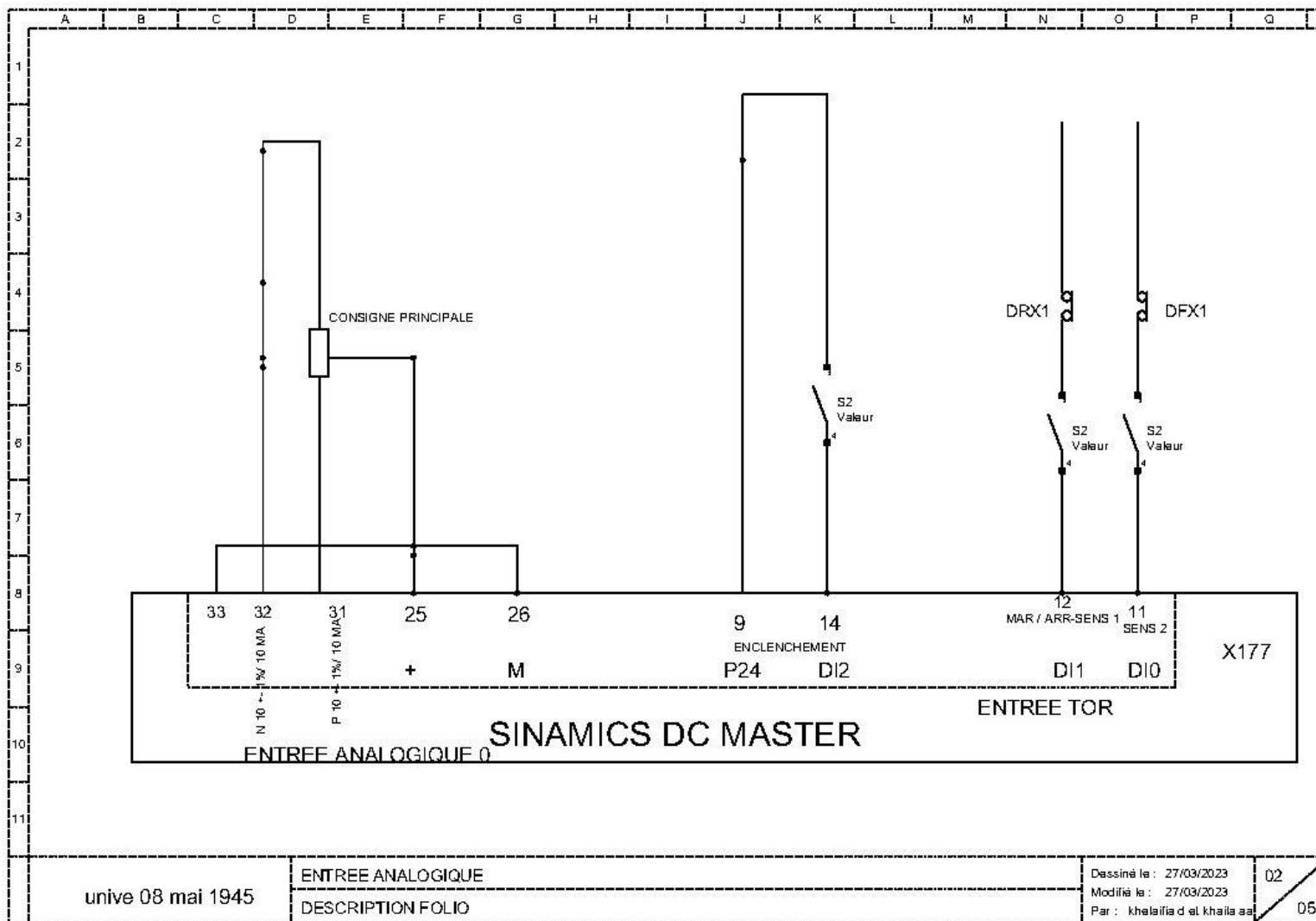


Figure III. 3: Entrée analogique.

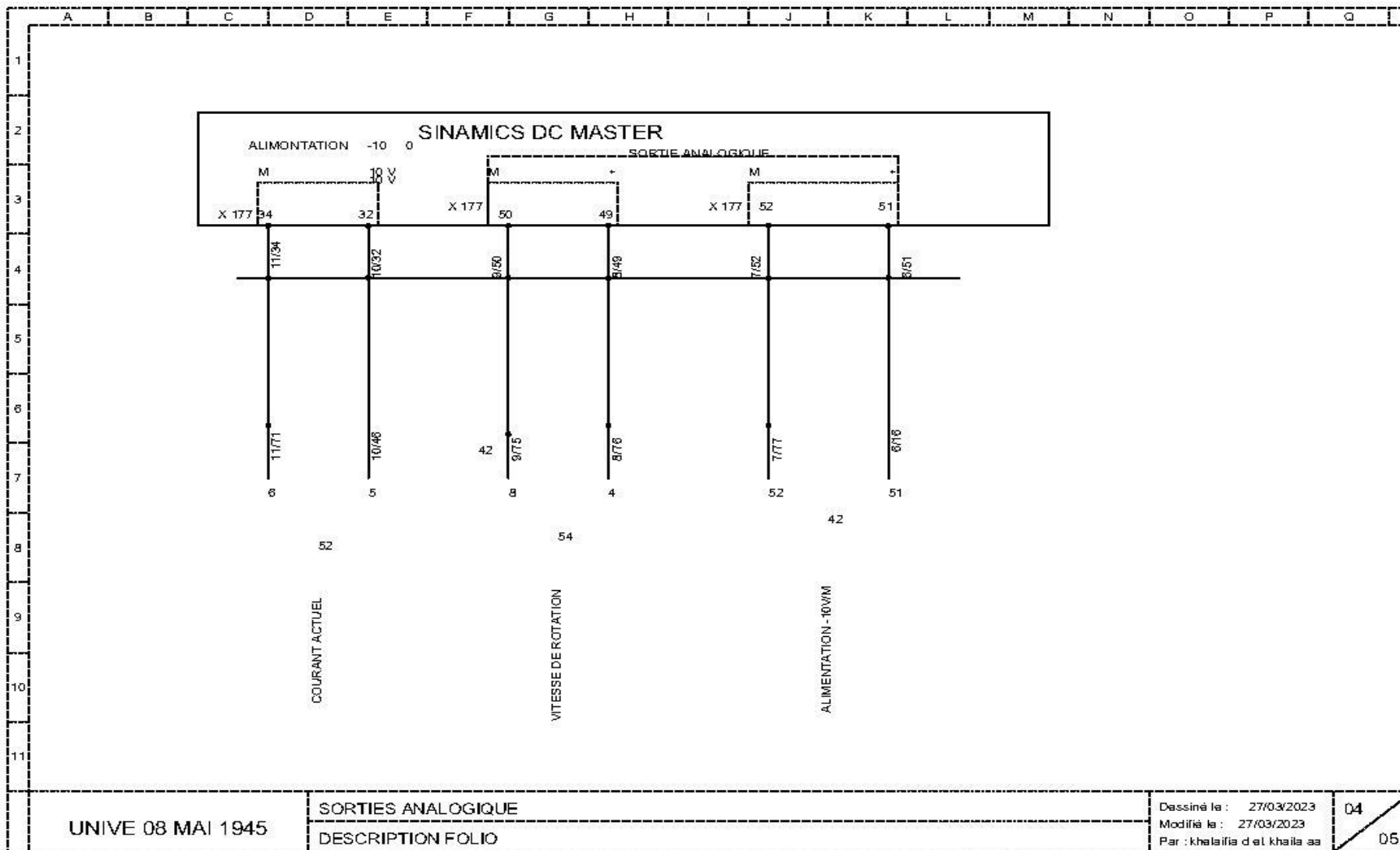


Figure III. 4: Sortie analogique.

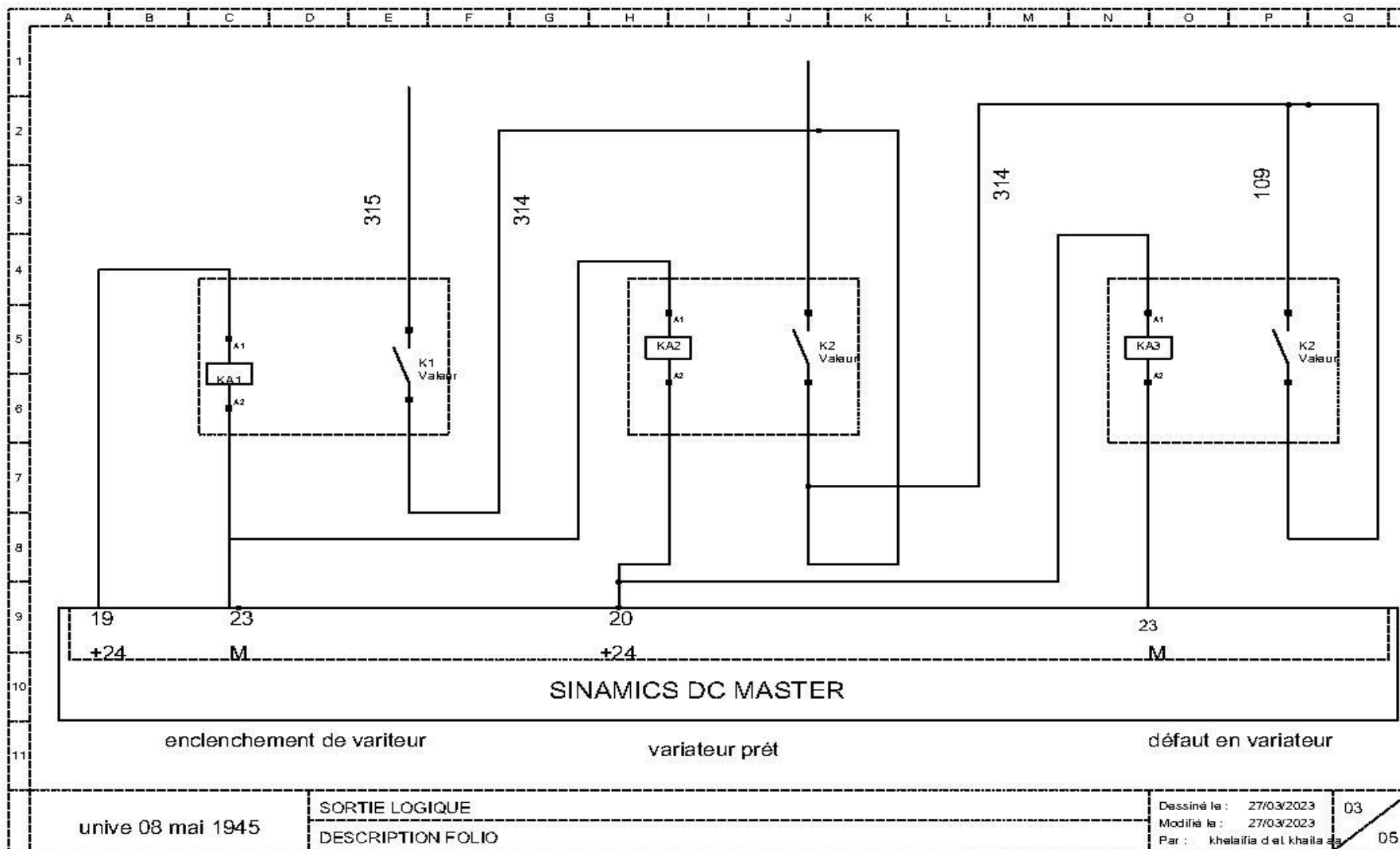


Figure III. 5: Sortie logique.

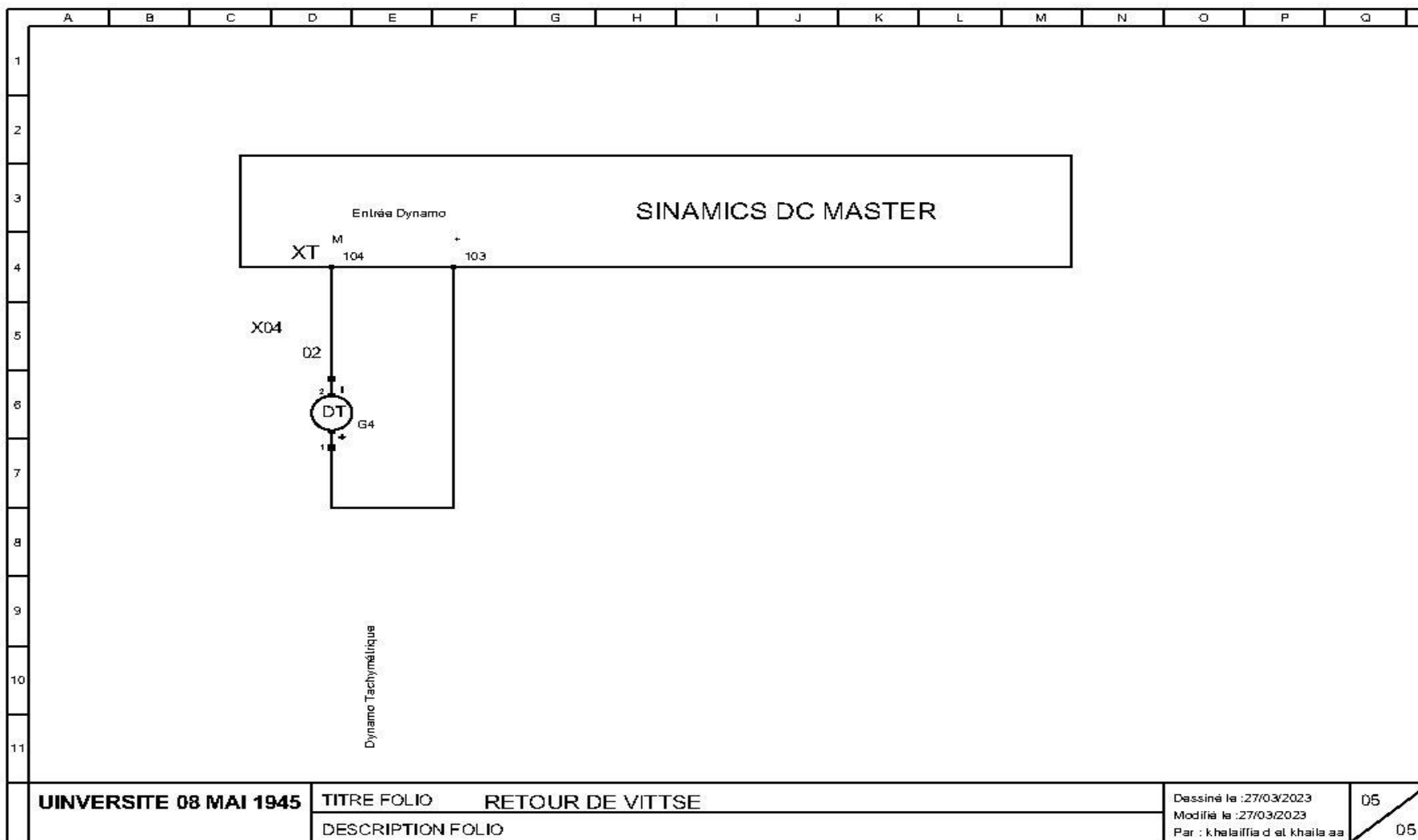


Figure III. 6: Retour de vitesse.

III.3 Essai du variateur

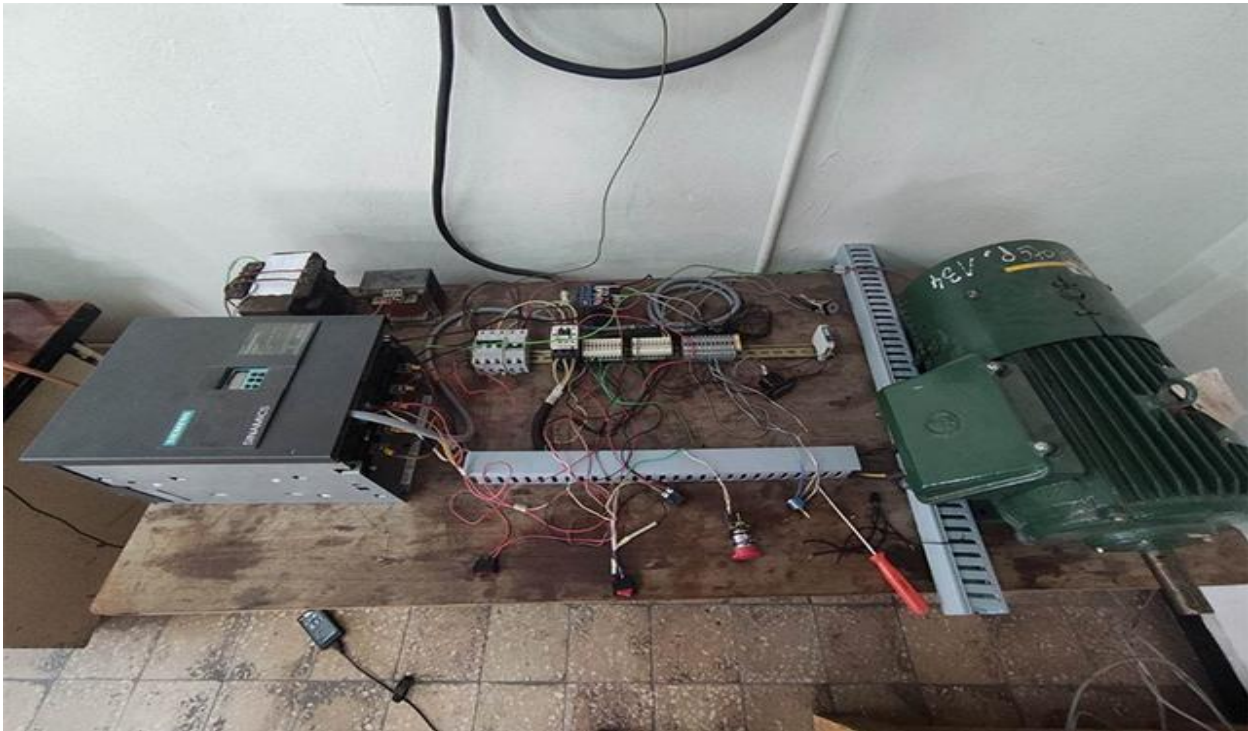


Figure III. 7: Essai du variateur.

a) Le variateur SINAMICS DCM



Figure III. 8: Le variateur DC MASTER.

b) Moteur à courant continu



Figure III. 9: Moteur à courant continu.



Figure III. 10: Les caractéristiques techniques

PUISSANCE	2.2 KW
Tension	220 V
Courant	12.2 A
T.P.M	1750 TR/MIN
S E P	150 V
REGIME	15 MIN

c) **Potentiomètre** :(appelé familièrement potard) est un type de résistance variable à trois bornes, dont une est reliée à un curseur se déplaçant sur une piste résistante terminée par

les deux autres bornes. Le potentiomètre de notre application, utilisé comme entrée analogique pour la variation de vitesse du MCC.



Figure III. 11: Un potentiometer.

d) **Relais thermique** : est un relais de protection contre les surcharges lorsque le courant dépasse la valeur de réglage du relais celui-ci s'excite. Ses contacts son accrochage mécanique.



Figure III. 12: Relais thermique.

e) **Le contacteur** : est un composant électromagnétique. Il fonctionne comme un interrupteur à l'intérieur d'un circuit en établissant ou en interrompant le passage du courant.



Figure III. 13: Le contacteur.

- f) **Des fils électriques** : Ils sont constitués d'un élément conducteur et d'un élément isolant. L'élément conducteur, à l'intérieur du fil électrique, cet élément peut être en divers métaux, que l'on choisit pour leurs propriétés particulières.
- g) **Les armoires électriques** : Protègent ainsi l'alimentation électrique contre l'eau, la poussière et la chaleur, mais aussi contre le vandalisme par des personnes non autorisées.



Figure III. 14: Armoire électrique.

h) **Les fins de courses**

DI0 : marche arrêt avec sens 1.

DI1 : sens 2.

DI2 : Enclenchement.



Figure III. 15: Les fins de courses.

III.4 Mise en service avec l'outil STARTER [4]

a) Description

Le logiciel de mise en service starter permet de configurer et de mettre en service l'entraînement ou système d'entraînement SINAMICS. L'assistant de configuration STARTER vous aide à configurer l'entraînement.

b) Installation du logiciel de mise en service starter

Le logiciel starter s'installe à l'aide du fichier 'setup' qui se trouve sur le CD-ROM fourni. Un double – clique sur ce fichier affiche l'assistant d'installation qui va guider l'utilisateur à travers les différentes étapes de l'installation de starter.

c) Creation d'un projet

Cliquez sur l'icône starter qui se trouve sur le bureau ou sélectionnez démarrer > simatic > step7 > starter dans le menu de démarrage de Windows pour lancer le logiciel de mise en service starter.

III.5 Paramétrage du variateur

Le paramétrage du variateur SINAMICS DC MASTER qui entraîne le MCC s'effectue par le logiciel de paramétrage STARTER avec une connexion RS 232 au micro-ordinateur, LAP TOP ou console.

L'opération de paramétrage du variateur s'effectue selon les étapes suivantes

1. Configuration des paramètres du moteur à commandé.
2. Configuration des entrées et des sorties logiques
 - ✓ La figure (III.16) montre la configuration entrée logique pour sens de rotation négatif (DI2).
 - ✓ La figure (III.17) sortie logique source de signal défaut actif/alarmes (oui=1, non=0).
 - ✓ La figure (III.18) montre la configuration entrée logique pour sens de rotation positif (DI0).
 - ✓ La figure (III.19) sortie logique source de signal prêt à fonctionner (oui=1, non=0).

3. Configuration de l'entrée analogique pour la variation de vitesse.
4. optimisation comportement moteur (optimisation des boucles de régulation : vitesse et couple).
 - ✓ La figure (III.20) : cycle d'optimisation sélection régulation de courant d'excitation.

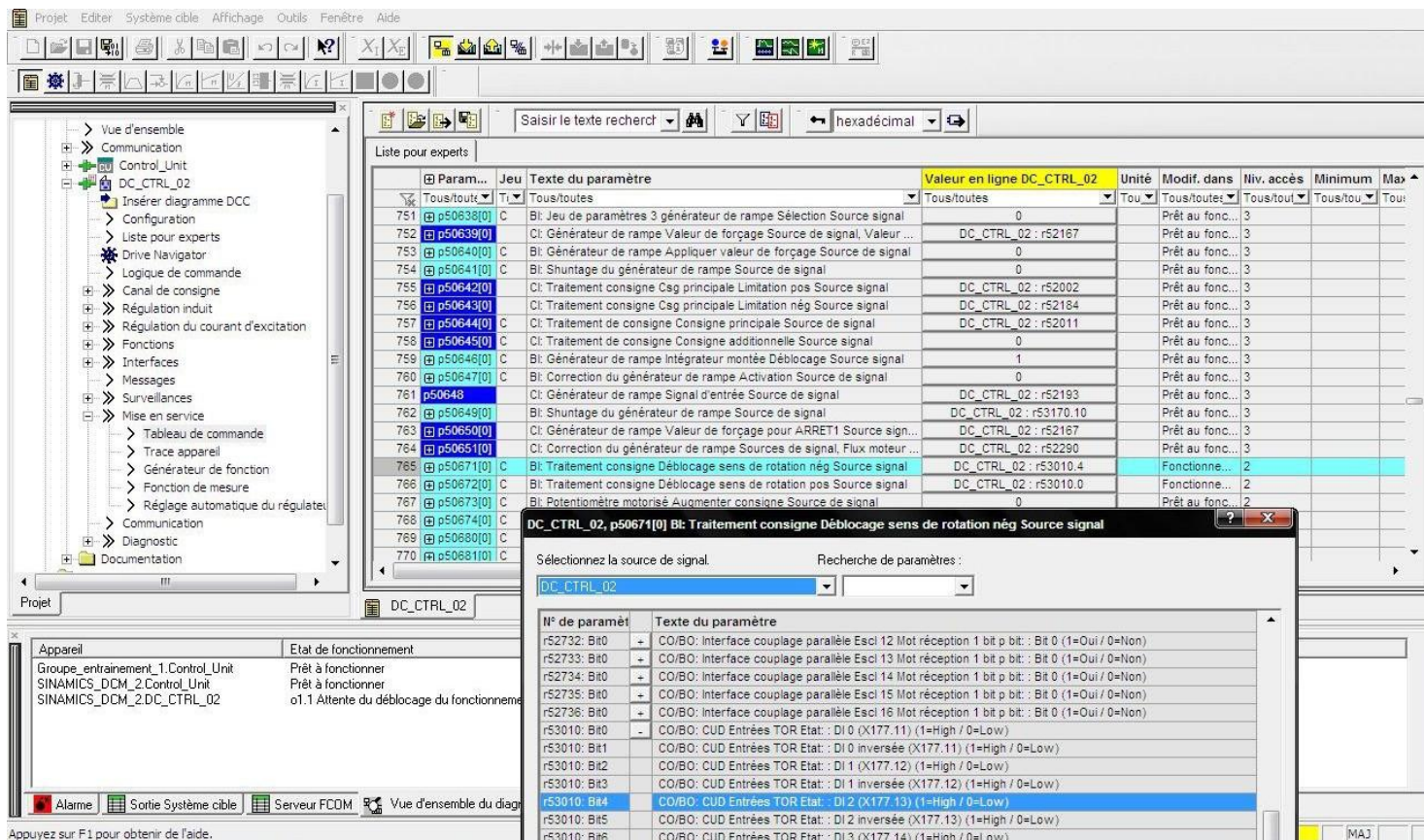


Figure III. 16: La configuration entrée logique pour sens de rotation négatif (DI2).

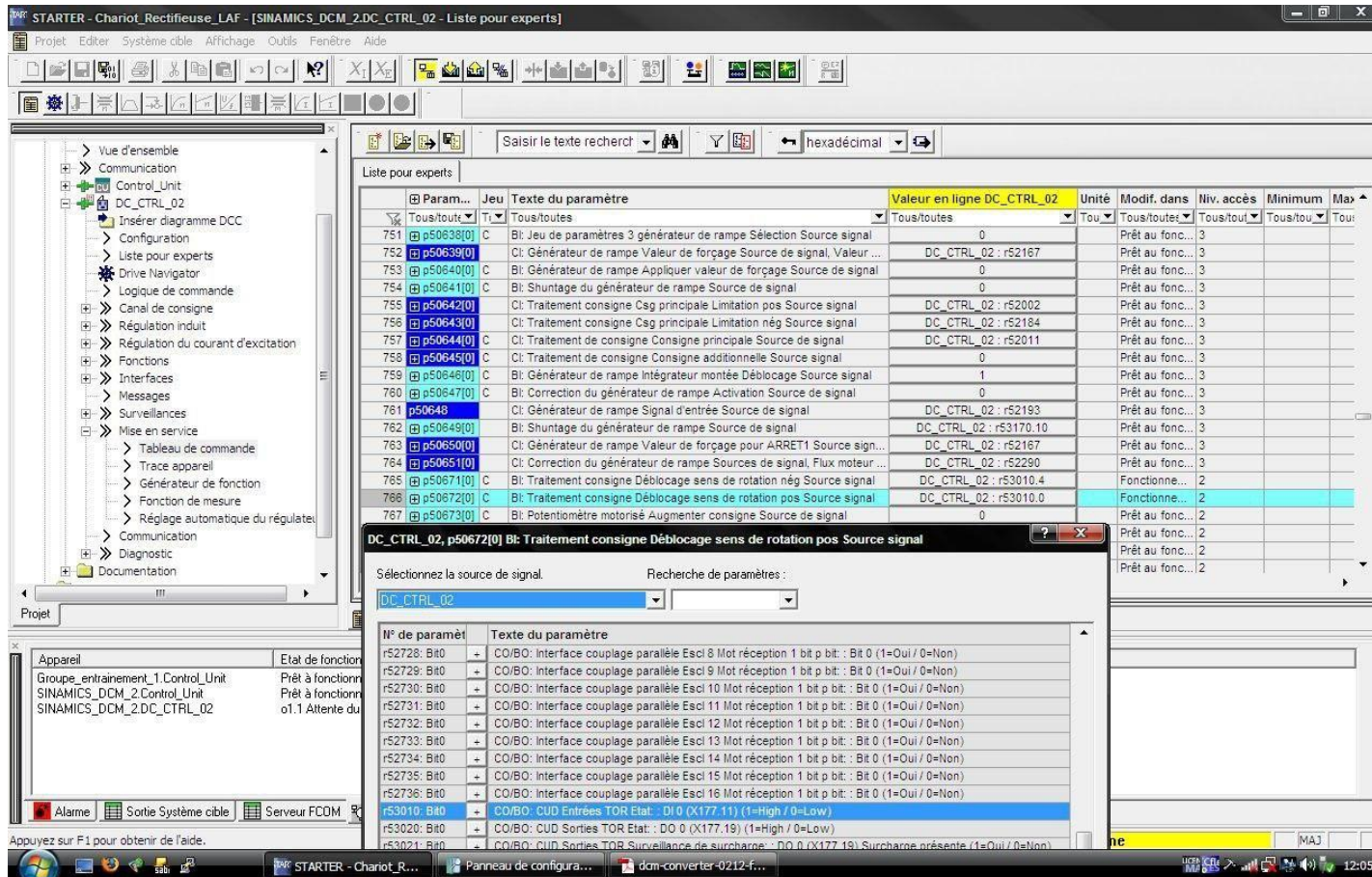


Figure III. 17: La configuration entrée logique pour sens de rotation positif (DI0).

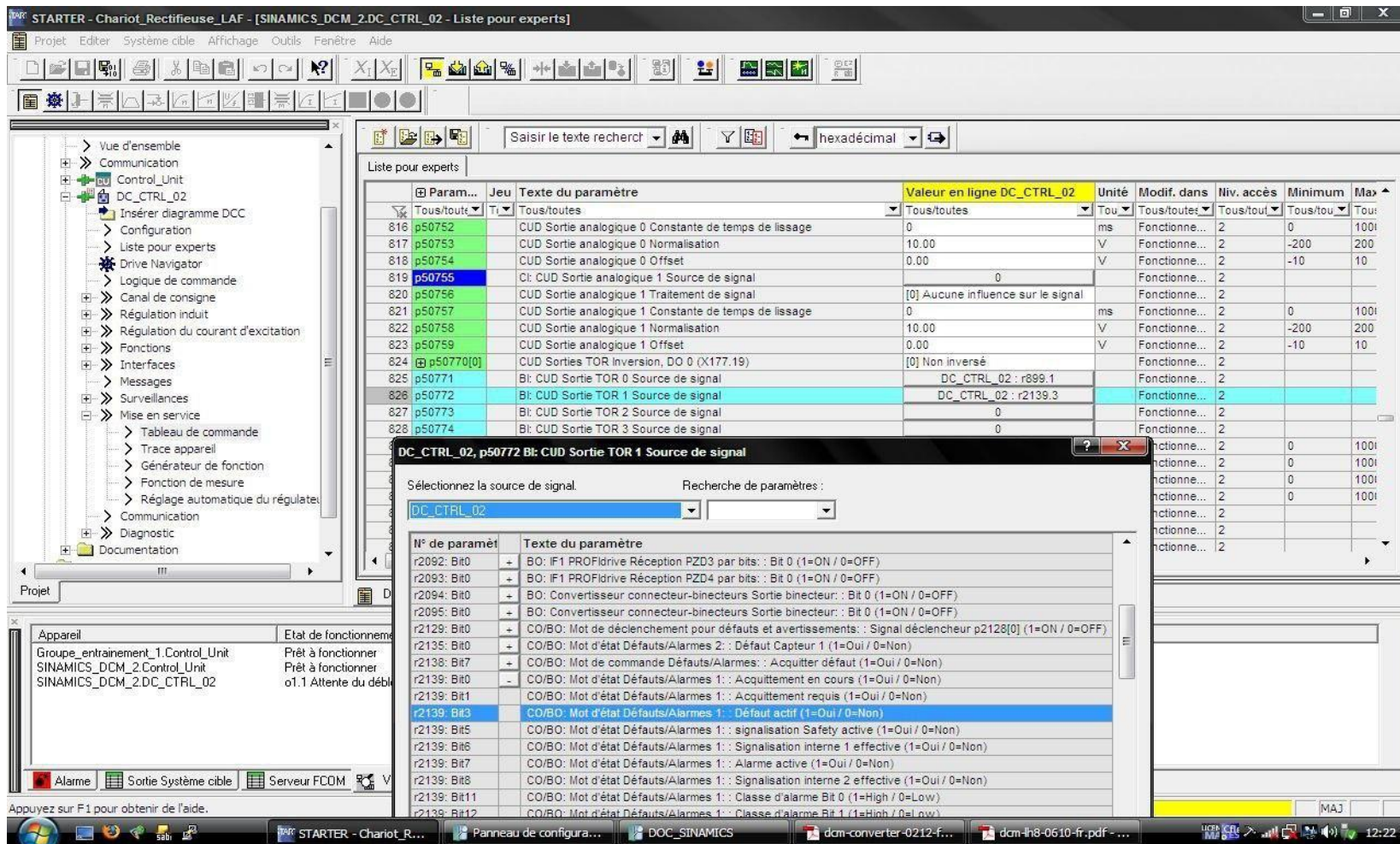


Figure III. 18: Sortie logique source de signal défaut actif/alarmes (oui=1, non=0).

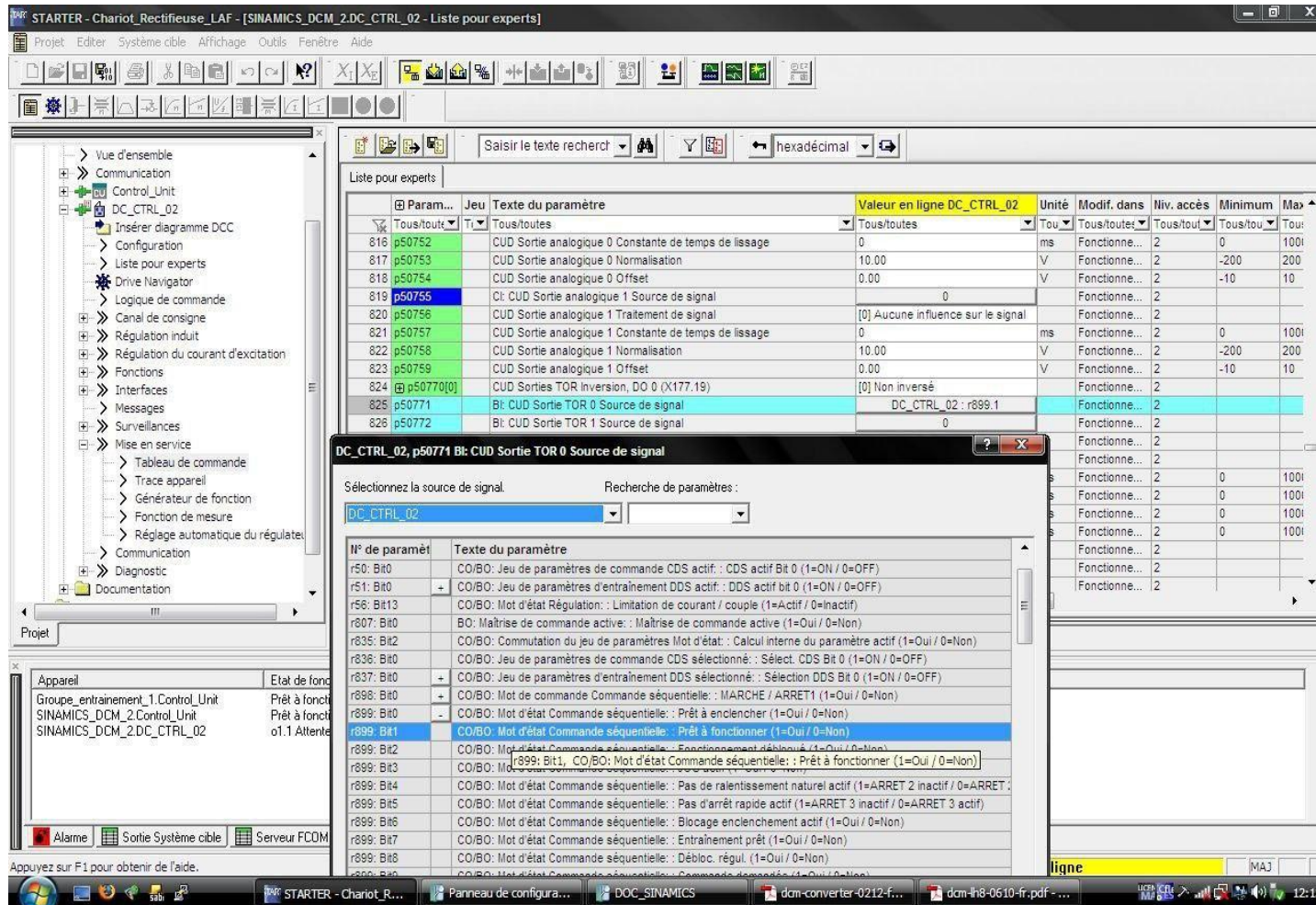


Figure III. 19: Sortie logique source de signal prêt a fonctionner (oui=1, non=0).

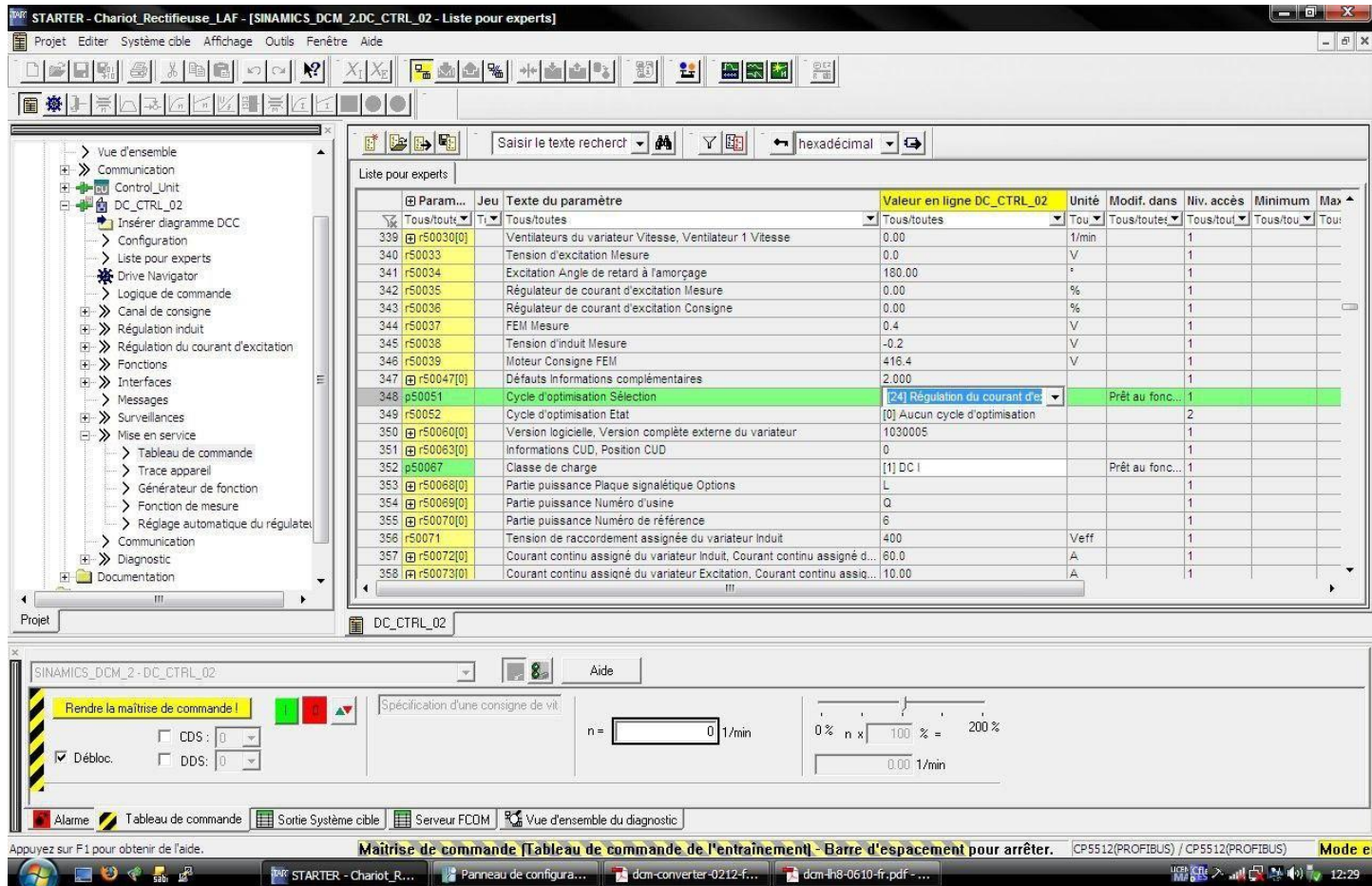


Figure III. 20: Cycle d'optimisation sélection régulation de courant d'excitation.

III.6 Résultats de la simulation

La figure (III.21) : représente la simulation de la variation de vitesse du moteur pour une vitesse de consigne de 550 tr/min (courbe en vert) et une rampe de démarrage de 3s, le démarrage a été effectué à 7.250s et pour une durée de 13s.

La courbe en rouge représente la vitesse réelle du moteur et la courbe en jaune représente la mesure de courant.

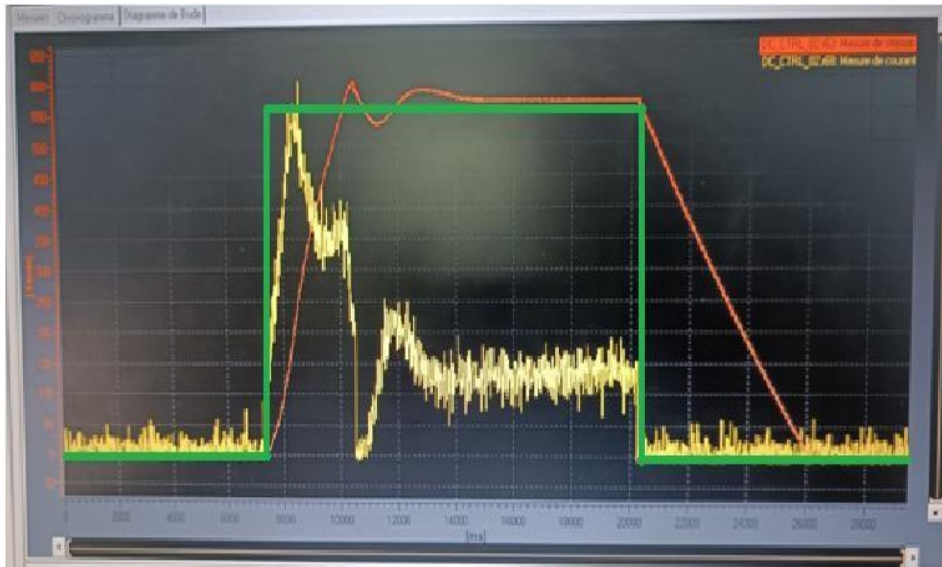


Figure III. 21 : Courbe de vitesse et couple.

III.7 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la réalisation pratique conçus pour résoudre les problèmes rencontrés lors de l'exploitation de la rectifieuse. Cette réalisation a été basée sur un schéma électrique bien ficelé sur lequel on a réalisé le montage des équipements électriques qui assure le bon fonctionnement du moteur commandé par le variateur approprié.

La simulation en temps réelle de la rotation du moteur commandé par le variateur donne des résultats très satisfaisants.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le changement du variateur de vitesse analogique par un variateur de vitesse numérique présente de nombreux avantages. Tout d'abord, le variateur de vitesse numérique offre une plus grande précision de régulation de la vitesse par rapport au variateur de vitesse analogique. Il permet également une meilleure gestion des démarrages et arrêts du moteur, ainsi qu'une réduction significative de l'usure des composants de la machine. Le variateur de vitesse numérique offre également une meilleure efficacité énergétique de la machine, permettant de réaliser des économies d'énergie importantes par rapport à l'utilisation d'un variateur de vitesse analogique. De plus, le variateur de vitesse numérique est plus facile à programmer et à configurer, avec des options de diagnostic et de surveillance à distance qui améliorent considérablement la maintenance de la machine. Enfin, le variateur de vitesse numérique offre une flexibilité de fonctionnement accrue, avec des capacités de programmation et des options d'interface utilisateur qui peuvent être personnalisées pour répondre aux besoins spécifiques de la machine et de l'application.

En somme, l'utilisation de variateurs de vitesse numériques peut améliorer les performances, optimiser l'efficacité énergétique et réduire le coût de possession de la machine.

Dans ce mémoire, au sein de l'atelier « laminoir à froid (LAF) » de Sider, on a fait un essai expérimental du variateur de vitesse numérique SINAMICS DC MASTER pour le tester avant de l'implanter à la place du variateur de vitesse analogique existant. Au cours de ce travail, on a appris à :

- ✓ Maitriser le logiciel des schémas électriques XRELAIS.
- ✓ Réaliser le raccordement des instruments électriques en utilisant les schémas électriques.
- ✓ Maitriser le logiciel STARTER qui accompagne le variateur.
- ✓ Introduire les paramètres du variateur qui entraîne le MCC via STARTER.
- ✓ Gérer, manipuler et vivre des essais sur terrain.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

[1] : Arcelor Mitral Annaba Présentation des unités de production Aout 2011

[2] : document SIDER –El Hadjar Annaba « présentation de laminoir à froid ».

[3] : Dossier machine (A) (Rectifieuse 850-A) équipement électrique SF 108119 57.11 N0.

[4] : <https://www.sentera.eu/Catalogues/DownloadCatalog?articleGroupId=32>.

[5] <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/variableurs-de-vitesse>

[6] : <https://www.wattco.com/fr/2020/12/variableur-electronique-vitesse>.

[7] : Variateur CC SINAMIC DC MASTER instruction de servies, 01.2012, C98130-A7066-A1-5-7719.