

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : **Electrotechnique Industrielle**

Présenté par

Hacene BOUKHDIMI

Belaid ARKAT

Thème

Etude de la protection des moteurs d'une presse mécanique

Mémoire soutenu publiquement le 24/09/ 2017 devant le jury composé de :

Mohamed IMACHE

MAA, UMMTO, Président

Ferroudja BITAM-MEGHERBI

Professeur, UMMTO, Encadreur

Rahma Kachenoura

MCB, UMMTO, Examinatrice

M'hand MEKIOUS

MAA, UMMTO, Examineur



Remerciements

*Nous remercions et nous rendons grâce tout d'abord à
« DIEU » tout puissant de nous avoir donné la santé et le
courage de mener à faire ce travail.*

*Comme nous tenons à adresser tout autres reconnaissances et
notre gratitude à :*

***Mme. MEGHERBI** notre promotrice au niveau de la faculté, de nous
avoir encadré, suivi et orienté tout au long de notre travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à **M. BELLIL** notre encadreur au
niveau de l'entreprise et toute l'équipe de L'ENIEM pour leurs aides
inestimables et leurs précieux conseils.*

*Nous remercions d'avance, les membres de jury d'avoir accepter
d'examiner notre travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de
prés ou de loin à la réalisation de ce travail.*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoiqu'on face on arrivera jamais à leurs rendre tout.

A mes très chers frères et sœurs

A tout mes amis(es)

A toute la promotion 2017

Hacene

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoiqu'on face on arrivera jamais à leurs rendre tout.

A mes très chers frères et sœurs

A tout mes amis(es)

A toute la promotion 2017

Belaid

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation de la presse

I.1. Différents constituants de la presse 2

I.2. Caractéristiques techniques de la presse..... 7

Chapitre II : Les différentes parties énergétiques de la presse

II.1. Partie mécanique 9

II.1.1. Chaîne cinématique 9

II.1.2. Organes mécaniques principaux de la chaîne cinématique 11

II.1.2.1. Groupe embrayage-frein mono disque 11

II.1.2.2. Groupe réglage du coulisseau 14

II.1.2.3. Ensemble Groupe plongeur 16

II.1.2.4. Groupe vérins d'équilibrage..... 18

II.2. Partie pneumatique et hydraulique 20

II.2.1. Installation pneumatique 20

II.2.2. Installation de sécurité hydraulique 24

II.2.3. Installation de lubrification 25

II.3. Partie électrique 27

II.3.1. Circuit de puissance et de commande de la presse 28

II.3.1.1. Circuit de puissance 28

II.3.1.2. Circuit de commande 30

II.3.1.3. Nomenclature de circuit de puissance et de commande 34

Chapitre III : Les défauts et les dispositifs de protection des moteurs asynchrones

III.1. Problèmes de démarrage des moteurs asynchrones 35

III.1.1. Courant de décollage..... 35

III.1.2. Couple de démarrage 35

III.1.3. Durée du démarrage 35

III.2. Différents types de démarrage des moteurs asynchrones 35

III.2.1. Démarrage direct..... 35

III.2.2. Démarrage étoile-triangle 37

III.2.3. Démarrage par résistances statoriques 38

III.2.4. Démarrage par résistances rotoriques	40
III.2.5. Démarrage par autotransformateur	41
III.3. Défauts survenant lors du fonctionnement des moteurs asynchrones	43
III.3.1. Les courts-circuits	44
III.3.1.1. Effets électrodynamiques.....	44
III.3.1.2. Effets thermiques	44
III.3.2. Surcharges	44
III.3.3. L'échauffement	44
III.3.4. Minimum et maximum de tension avec un démarrage incomplet.....	44
III.4. La Protection	45
III.4.1. Dispositifs de protection contre le court-circuit et les chute de tension	45
III.4.1.1. Protection par fusibles.....	45
III.4.1.2. Protection par disjoncteur	48
III.4.2. Dispositifs de protection contre les surcharges.....	50
III.4.2.1. Relais thermique	50
III.4.3. Dispositifs de protection contre le manque de phases	52
III.4.3.1. Les contacteurs.....	52
III.4.4. Les dispositifs de protection multiples	52

Chapitre IV : Choix et dimensionnement des organes de protection

IV.1. Introduction.....	54
IV.2. Détermination des sections des conducteurs	54
IV.2.1. Calcul du courant d'emploi I_B	56
IV.2.2. Courant assigné nominal du dispositif de protection I_r	58
IV.2.3. Courant admissible I_z	58
IV.2.4. Courant admissible I'_z en fonction des Influences extérieures.....	58
IV.3. Vérification de la section des conducteurs	63
IV.3.1. Calcul de la chute de tension	63
IV.4. Calcule du courant de court-circuit	65
IV.5. Choix des dispositifs de protection.....	67

Sommaire

IV.5.1. Choix des disjoncteurs	68
IV.5.2. Choix des contacteurs	68
IV.5.3. Choix des relais de protection thermique	70
IV.6. Conclusion	72
Conclusion générale	73

Introduction générale

Les entreprises industrielles exigent aujourd'hui une protection permanente des moteurs intégrés dans les machines de production comme les presses, les soudeuses...etc.

Toutes ces machines utilisent dans le fonctionnement des moteurs asynchrones triphasés qui sont devenus les principaux actionneurs électriques dans l'industrie en raison de la simplicité de leur construction, de la facilité de leur mise en œuvre ainsi que leur bon rendement. Ces moteurs sont soumis à plusieurs contraintes dues essentiellement aux durées de fonctionnement et aux milieux d'utilisation. Ces contraintes sont les court-circuits et les surcharges. Ainsi, la protection des moteurs asynchrones est une fonction essentielle pour la continuité de fonctionnement des machines outils auxquelles ils sont associés. Le choix des dispositifs de protection doit donc être fait avec rigueur. L'utilisateur aura tout intérêt à sélectionner les dispositifs intégrant une électronique de communication pour anticiper et prévenir les éventuels défauts. La recherche d'anomalies et la rapidité de remise en route seront ainsi grandement améliorées.

Le thème de notre travail consiste en l'étude de la protection des différents moteurs d'une presse mécanique au sein de l'entreprise des industries de l'électroménager (ENIEM) et pour cela nous avons réparti notre travail en quatre chapitres :

- **Chapitre 1** : présentation de la presse
- **Chapitre 2** : les différentes parties énergétiques de la presse
- **Chapitre 3** : les défauts et les dispositifs de protection des moteurs asynchrones
- **Chapitre 4** : Application qui consiste à dimensionner et protéger les différents moteurs de la presse

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

chapitre 1

I.1. Différents constituants de la presse

La presse objet de notre étude est une presse mécanique de 200 tonnes de type **T200 2MATR ITEM 31-A** qui est utilisée pour l'emboutissage des différents types de tôles servant à la fabrication des cuisinières au niveau de l'usine ENIEM. Cette presse est composée principalement de :

- Moteur électrique.
- Bâti
- Courroies de connections.
- Volant d'inertie.
- Axe principal
- Coulisseau
- Groupe embrayage-frein
- Groupe équilibrage coulisseau.
- Ecran de protection.
- Boite de commande à deux mains
- Réservoir d'air comprimé

La figure I.1 présente une vue d'ensemble de la presse à étudier.



Figure I.1. Photographie de la presse

La figure I.2 donne le croquis qui nous permet de distinguer les différents constituants de la presse.

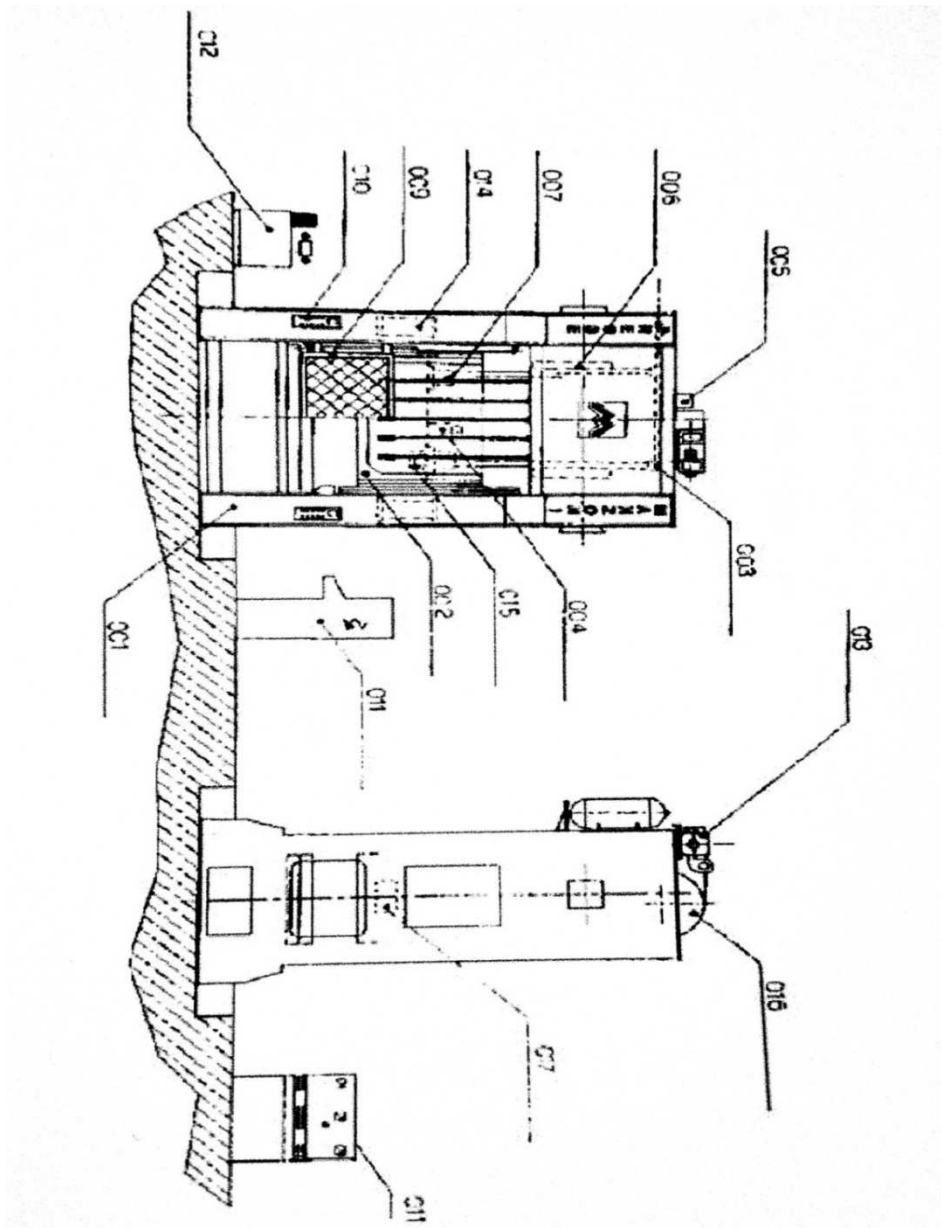


Figure I.2. Croquis de la presse [1]

Nous donnons dans ce qui suit la légende correspondant aux différents numéros de la figure.

- **001- Structure (Bâti)**

En acier laminé de première qualité. Le dimensionnement de la structure et des tables d'appui outils est étudié pour les flexions au-dessous des limites prévues par les normes.

- **002- Coulisseau**

En acier laminé soudée et normalisée pour éliminer les tensions internes. Il glisse sur quatre glissières en matière anti-grippage avec possibilité de réglage dans toutes les directions.

- **003-Réducteur à réduction simple**

Composé du groupe pignon/engrenage monté respectivement sur un arbre tournant sur des coussinets à double couronne, des rouleaux orientables et sur un arbre monté sur des coussinets plats en bronze. Tous les engrenages sont en acier trempé avec denture inclinée afin de réduire les usures superficielles et garantir une bonne résistance aux chocs.

- **004-Réglage du coulisseau**

S'obtient avec un système à vis sans fin à roue hélicoïdale actionné par un moteur auto- freinant. La grosse vis de réglage est fixe à la bielle à l'aide d'un goujon, et est guidée pendant toute la course par une boussole pour annuler les poussées latérales. Les filets de la vis sont toujours en prise avec l'écrou dans n'importe quelle position de réglage.

- **005-Groupe embrayage-frein**

Il est de type mono disque. Le dimensionnement est effectué selon les tours et l'énergie de la presse, indiqués dans les caractéristiques techniques. Le volant dimensionné pour un fonctionnement continu tourne sur des coussinets à rouleaux avec lubrification à vie.

- **006-Groupe excentrique**

Composé par un excentrique emboité directement avec l'engrenage lent. Tout le groupe est supporté par un pivot central fixe. La bielle montée avec coussinet en bronze tourne sur les roues excentriques.

- **007-Groupe joint de la bielle**

Il relie la bielle à la vis de réglage du coulisseau.

- **008-Ejection supérieure**

Composé de tiges en acier qui traversent le coulisseau dans la direction avant-arrière et balancées par cylindres pneumatiques. La course d'éjection est réglable par deux vis de contrastes mises sur la structure.

- **009-Ecrans de protection pneumatiques**

Composés d'un châssis revêtu avec du matériel transparent antichoc. Le déplacement vertical est obtenu par des pistons pneumatiques commandés par un bouton approprié. Le fonctionnement de la presse dépend de la position des écrans (ouverts ou fermés) qui sont contrôlés par des interrupteurs électriques de fin de course et d'un dispositif de retour automatique s'il y a un obstacle en phase de fermeture.

- **010-Installation pneumatique**

Elle est composée par filtres, graisseur, régulateurs de pression et manomètres. Cette installation est équipée d'un réservoir de compensation pour maintenir une pression constante même à des vitesses ou des fréquences d'embrayage élevées.

- **011-Installation électrique**

Elle est réalisée conformément à la prévention des accidents du travail. Le circuit de couplement de l'embrayage est réalisé avec des électrovannes à double corps et double circuit de commande. Toute anomalie de l'installation comme l'interruption du circuit, le fonctionnement défectueux du détecteur de contrôle ou des bobines électrovannes cause toujours l'arrêt de la presse.

- **012-Installation graissage**

L'installation est de type progressif à circulation continue avec remise en circulation. La quantité d'huile en circulation est calculée pour chaque presse, en fonction des exigences spécifiques. Le système progressif permet de contrôler :

- le niveau minimum de lubrifiant.
- éventuelle rupture des tuyaux.

-blocage des doseurs.

-la pression de débit et donc la pompe.

- **013-Moteur à vitesse fixe**

Il est de type à couple constant à courant alternatif triphasé, à collecteur avec sens de rotation réversible. Il est équipé de ventilateur de refroidissement et est protégé par des thermique et fusibles.

- **014-cylindres d'équilibrage de coulisseau**

Ils ont comme fonction importante d'équilibrer les poids du coulisseau et du demi-outil supérieur pour obtenir un mouvement doux et régulier. Ensuite ils récupèrent tous les jeux d'accouplement et déchargent la boîte des coussinets du poids des composants en mouvement alternatif et de la charge relative d'inertie.

- **015-dispositif hydraulique de sécurité à moteur**

Composé d'un coussin d'huile pré chargé et positionné sous le groupe de réglage du coulisseau.

- **016-Groupe volant**

Il est en alliage dimensionné pour pouvoir développer la puissance nominale à 40 coups par minute de la presse avec degré de ralentissement 0.15.

- **017-Installation éclairage zone outil**

Réalisée avec des lampes à tension de 48 V, incorporées dans le montant droit et gauche.

- **018-Coussin d'emboutissage**

Il est composé d'un cylindre hydraulique avec des vannes de tarage automatiques logées dans le Bâti de la presse. Le coussin est guidé dans le Bâti par un caisson glissant sur

des colonnes. La puissance de ce coussin est visualisée et il est possible d'effectuer le réglage manuel.

I.2. Caractéristiques techniques de la presse

Le tableau ci-dessous donne les différentes caractéristiques techniques de la presse.

Tableau I.1. Différentes caractéristiques techniques de la presse

Désignation	Valeur	Unité
Puissance nominale à 12.7 mm du P.M.B	3150	kN
Nombre de bielles	2	-
Coup à la minute	40	-
Course fixe du coulisseau	315	mm
Réglage motorisé du coulisseau	160	mm
H.O.F (bas de course-haut de réglage)	725	mm
Epaisseur de la deuxième table	150	mm
Dimensions de la table	1850x1250	mm
Dimensions du coulisseau	1750x1250	mm
Passage frontal entre les montants	1950	mm
Passage entre les bassins d'huile	1750	mm
Passage latéral entre les montants	900	mm
Puissance du moteur principal	37	kW
Poids approximatif	44500	kg
Ejection supérieure mécanique	3	-
Course éjecteur	80	mm
Nombre de coussins inférieurs	1	-
Puissance du coussin inférieur	100000	Kg
Course du coussin inférieur	150	mm
Voltage	380 – 50	V – Hz
Auxiliaires	110	V

Il est à noter que le fonctionnement de la presse fait appel à quatre moteurs électriques asynchrones triphasés de puissances différentes et dont les caractéristiques seront données dans la partie électrique du chapitre II, Ces moteurs sont définis comme suit

- Moteur principal : ce moteur est le principal actionneur de la presse. Il est utilisé pour entrainer le volant d'inertie avec l'intermédiaire d'une courroie trapézoïdale.
- Moteur de réglage du coulisseau : il est utilisé pour alimenter le groupe de réglage de la course verticale du coulisseau.
- Moteurs de lubrification et de sécurité hydraulique : ces deux moteurs sont utilisés pour alimenter les circuits de lubrification et de sécurité hydraulique avec l'intermédiaire des pompes hydrauliques.

Chapitre II

La presse à étudier comporte trois parties énergétiques que nous allons décrire dans ce qui suit.

II.1. Partie mécanique

La partie mécanique consiste à l'étude de la machine, de sa constitution, de son fonctionnement, de la cinématique de mouvement de la source jusqu'à l'action.

II.1.1. Chaîne cinématique

La figure II.1 donne une représentation de la partie cinématique de la presse.

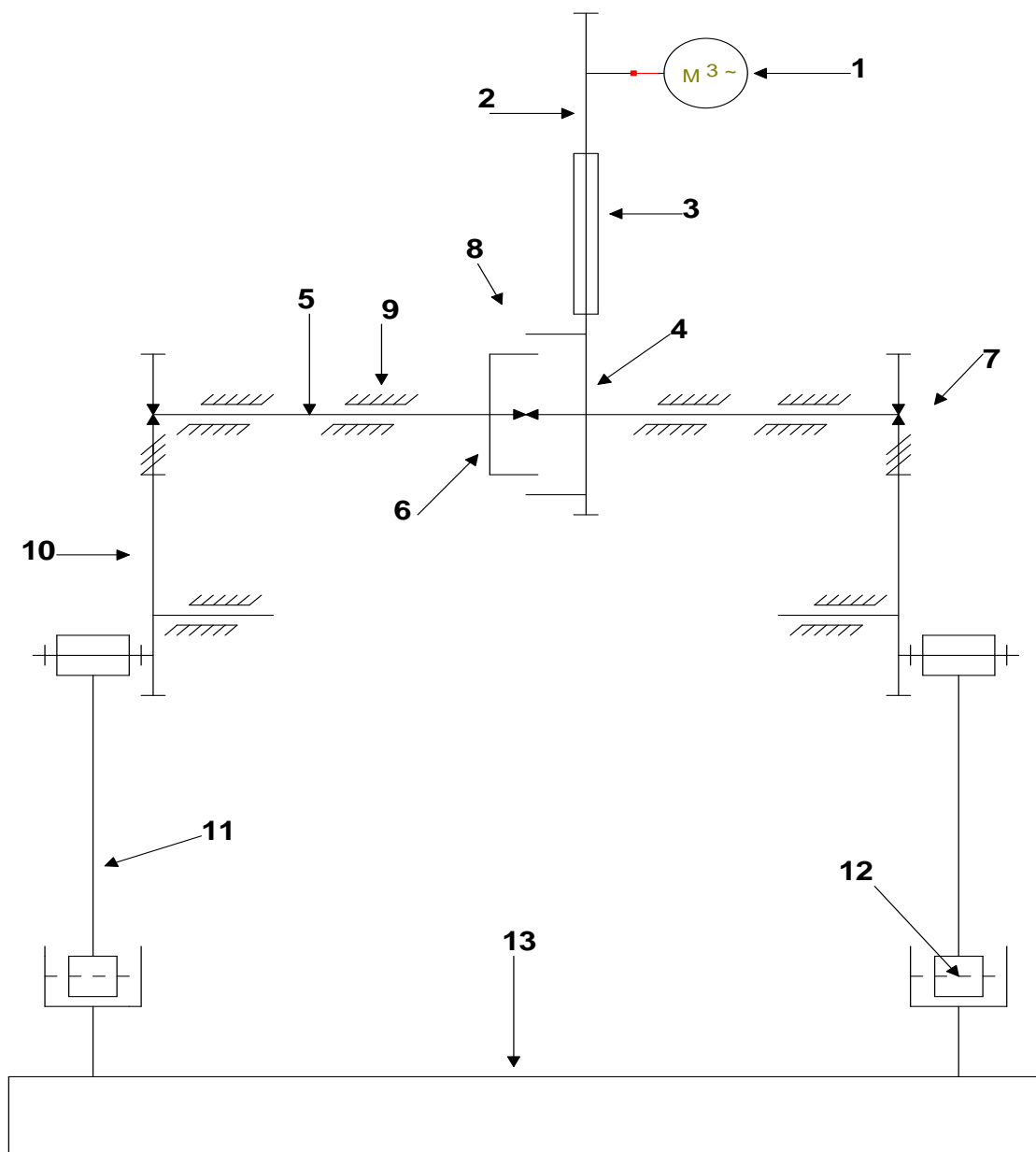


Figure II.1. Chaîne cinématique [1].

Nous donnons dans le tableau II.1 la signification des différents éléments de la figure II.2.

Tableau II.1. Nomenclature de la chaîne cinématique

Repère	Désignation
1	Moteur asynchrone principal
2	Poulie
3	Courroies trapézoïdales
4	Volant d'inertie
5	Axe principal
6	Frein-embayage
7	Pignon
8	Accouplement par clavette
9	Palier
10	Roue excentrique
11	Bielle
12	Accouplement par goupille
13	Coulisseau

La mise en marche du moteur principal met en marche le volant d'inertie par l'intermédiaire des courroies trapézoïdales. Pour la transmission de ce mouvement à l'axe principal, solidaire avec l'axe principal par des clavettes, on excite l'ensemble embayage-frein. L'axe se met en marche par l'intermédiaire du disque à friction. Le mouvement de rotation est transmis en suite à deux pignons qui sont fixés à l'extrémité de l'axe par des clavettes. Le mouvement est transmis aux roues excentriques qui sont engrenées avec les deux pignons, puis les roues transmettent le mouvement aux deux bielles, ce qui engendre le mouvement vertical du coulisseau.

II.1.2. Organes mécaniques principaux de la chaîne cinématique

II.1.2.1. Groupe embrayage-frein mono disque

La figure II.2 représente le groupe embrayage-frein mono disque.

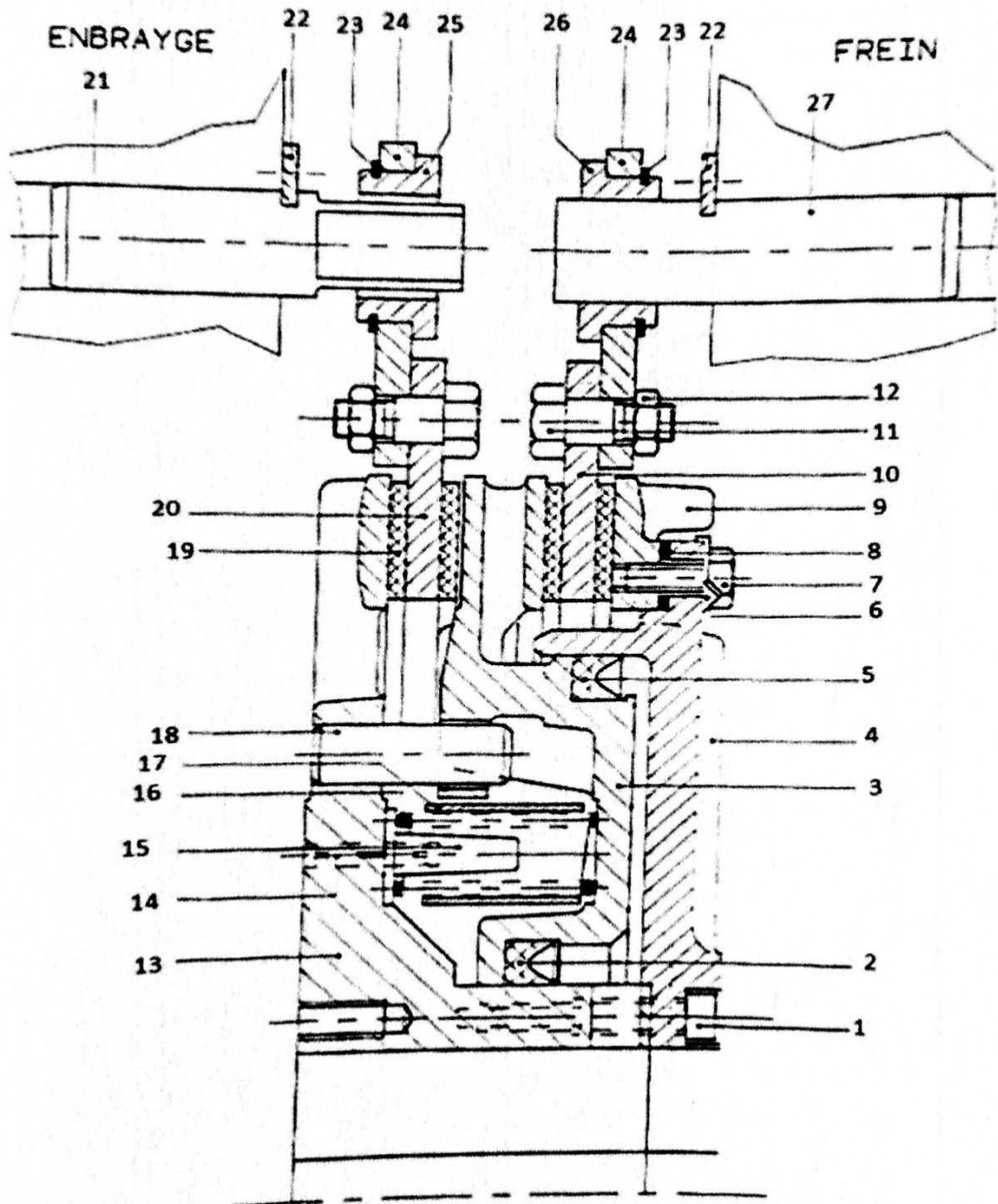


Figure II.2. Groupe frein-embayage mono disque [1].

Nous allons donner sur le tableau II.2 la légende correspondant à la figure II.2.

Tableau II.2. Nomenclature du groupe frein-embayage mono disque

Repère	Désignation
1	Vis
2	Garniture
3	Piston
4	Cylindre
5	Garniture
6	Plaque de sécurité
7	Vis
8	Cale d'isolation
9	Disque frappe
10	Disque de frein
11	Vis
12	Ecrou
13	Moyeu
14	Cheville élastique
15	Disque guide-ressort
16	Ressort
17	Chaine couvre ressort
18	Cheville
19	Garniture
20	Disque d'embayage
21	Cheville
22	Plaquette
23	Circlips
24	Plaque
25	Douille à collet
26	Douille à collet
27	Cheville

Le groupe embrayage frein mono-disque est à commande pneumatique et il comporte essentiellement :

- Une unité rigidement fixée à l'arbre de commande.
- Un disque porte ferodos ancré au volant (embrayage).
- Un disque porte ferodos ancré au bâti.
- Un piston central commandé par l'air comprimé et qui peut se déplacer axialement.

En position de repos (machine arrêtée) le piston central s'appuie contre le disque du frein par l'effet de la charge des ressorts. En introduisant de l'air dans le groupe le piston se déplace pour se rapprocher du disque d'embrayage et ainsi déterminer l'accouplement à l'aide des deux clavettes montées sur le vilebrequin. La rotation de l'axe principal provoque le déplacement du coulisseau. Par ailleurs, en coupant l'air le piston se déplace vers le disque de frein, ce qui détermine ainsi la fin de l'accouplement et donc l'arrêt du coulisseau.

II.1.2.2. Groupe réglage du coulisseau

Le groupe réglage du coulisseau est représenté sur la figure II.3 et le tableau II.3 donne la nomenclature donnant les différents éléments de cette figure.

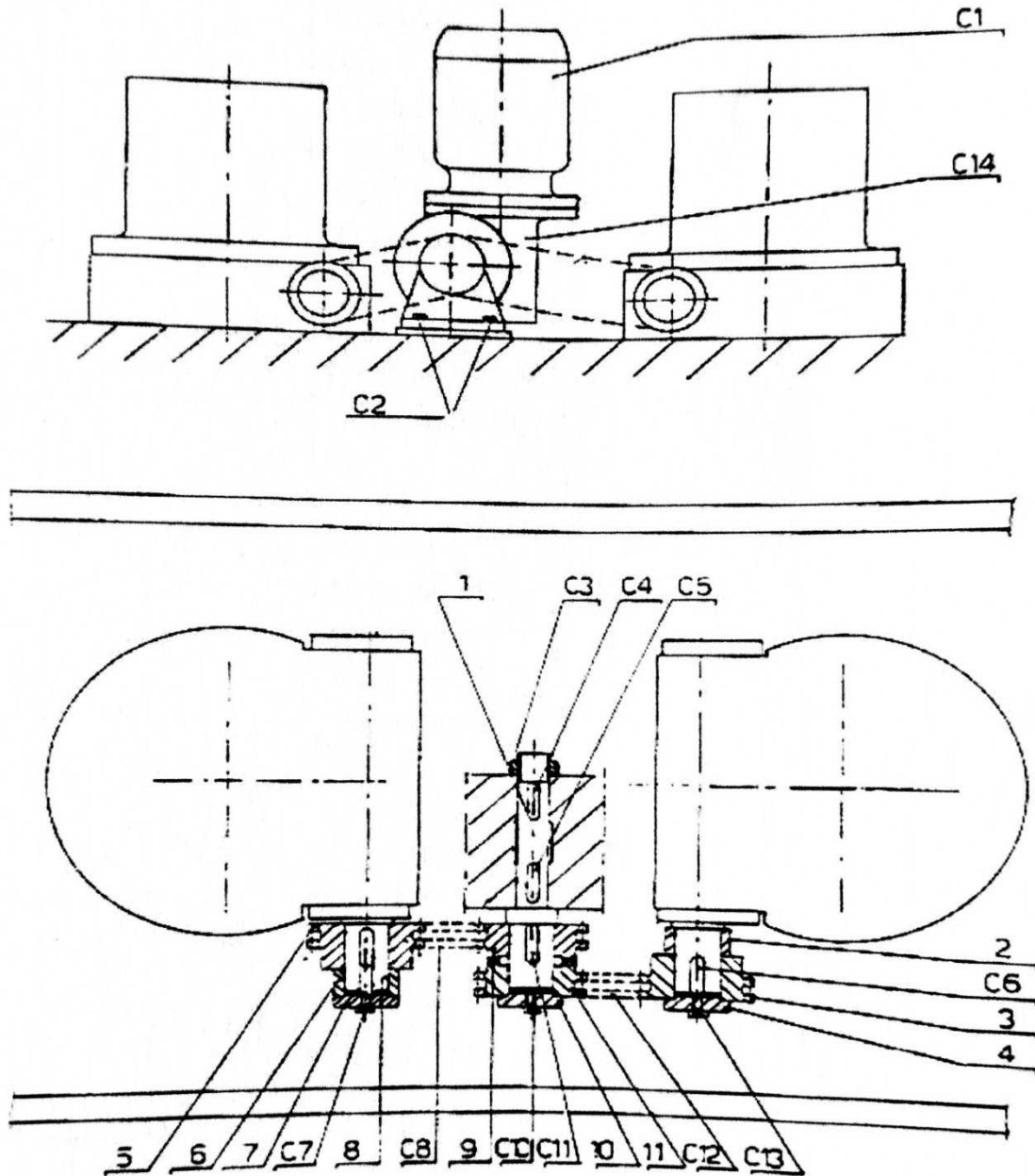


Figure II.3. Groupe réglage du coulisseau [1].

Tableau II.3. Nomenclature du groupe réglage du coulisseau

Repère	Désignation	Nombre
1	Arbre	1
2	Entretoise	1
3	Pignon double	1
4	Bride	1
5	Pignon double	1
6	Entretoise	1
7	Bride	1
8	Vis sans fin	1
9	Pignon double	1
10	Bride	4
11	Pignon double	1
C1	Moteur électrique	1
C2	Vis	4
C3	Grille	1
C4	Languette	1
C5	Languette	1
C6	Languette	2
C7	Vis	1
C8	Chaine double	1
C10	Vis	1
C11	Languette	1
C12	Chaine double	1
C13	Vis	1
C14	Réducteur	1

Le système se compose essentiellement d'une moto réductrice qui actionne les vis de réglage au moyen d'une chaîne ou des arbres de connexion. Le système est complètement

automatique et le réglage s'obtient en appuyant sur les boutons poussoirs correspondant de montée/descente après avoir validé l'opération par un sélecteur. Le moteur de commande est équipé d'un frein de façon à garantir la position de la hauteur établie. La position de réglage minimum et maximum est délimitée par des fins de course électriques.

II.1.2.3. Ensemble Groupe plongeur

La figure II.4 représente le groupe plongeur et le détail de la légende correspondante est donné sur le tableau II.4.

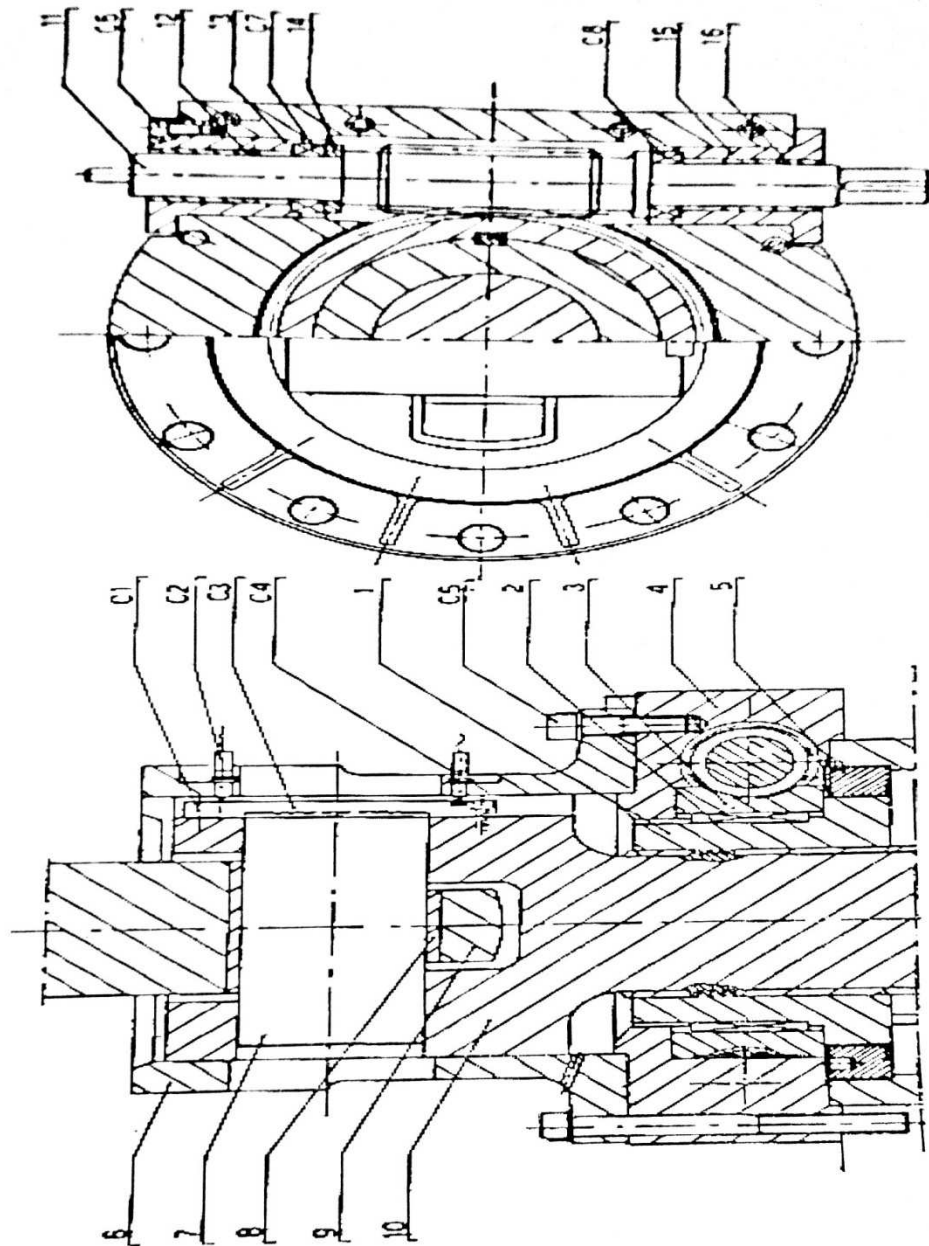


Figure II.4. Ensemble groupe plongeur [1].

Tableau II.4. Nomenclature du groupe plongeur

Repère	Désignation	Nombre
1	Vis mère	2
2	Languette	2
3	Roue hélicoïdale	2
4	Douille de guide	2
5	Grille	2
6	Douille de guide	2
7	Pivot	2
8	Coussinet en bronze	2
9	Bielle	2
10	Plongeur	2
11	Vis sans fin	2
12	Coussinet en bronze	4
13	Boussole	2
14	Entretoise	2
15	Boussole	2
16	Coussinet en bronze	4
C1	Vis	4
C2	Fin de course	2
C3	Languette	2
C4	Fin de course	2
C5	Vis	16
C6	Vis	16
C7	Coussinet	2
C8	Coussinet	2

Le groupe plongeur se compose d'une vis sans fin qui est engrenée avec une couronne. La chaîne est montée sur un autre pignon denté qui est monté sur la vis sans fin.

L'axe de la couronne est traversé par une vis rotule. Cette dernière est fixée dans la bielle et la tête (filetage) est plongée dans le coulisseau. Le démarrage du moteur provoque une rotation, la vitesse de rotation est réduite par le réducteur de vitesse. La rotation de la vis sans fin provoque la rotation de la couronne et donc la rotation de la rotule. La rotation de la vis rotule provoque le déplacement du coulisseau (montée ou descente) selon le sens de marche du moteur. Il est à noter que la course de déplacement du coulisseau est limitée à 125 mm au maximum car le système est utilisé juste pour le réglage de la position de coulisseau.

II.1.2.4. Groupe vérins d'équilibrage

Sur la figure II.5 sont donnés les différents éléments du groupe vérins d'équilibrage et la légende correspondante est donnée dans le tableau II.5.

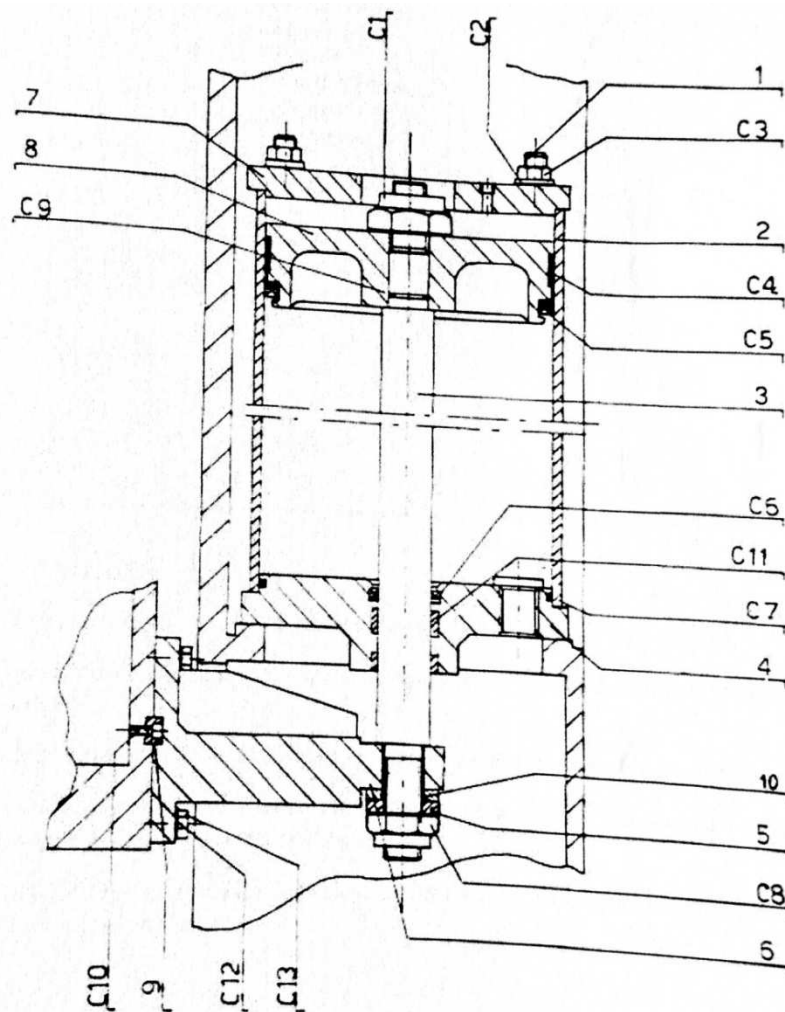


Figure II.5. Groupe vérins d'équilibrage [1].

Tableau II.5. Nomenclature du groupe vérins d'équilibrage

Repère	Désignation	Nombre
1	Tirant	4
2	Chemise	2
3	Tige	2
4	Plaque inferieur	2
5	Rondelle	2
6	Support	2
7	Plaque supérieur	2
8	Piston	2
9	Languette	2
10	Rondelle	2
C1	Ecrou	2
C2	Rondelle	8
C3	Ecrou	8
C4	Garniture cylindrique	2
C5	Garniture	2
C6	Garniture	2
C7	Garniture	2
C8	Ecrou	2
C9	Garniture	2
C10	Vis	2
C12	Rondelle	10
C13	Vis	10

L'équilibrage du coulisseau s'obtient par deux vérins pneumatiques à simple effet. La partie fixe du vérin (cylindre) est fixée sur le bâti et la partie mobile (tige) et fixée sur le coulisseau. Les deux vérins assurent l'équilibrage du coulisseau à la montée ou à la descente. Quand le coulisseau descend, les deux vérins appuient sur ses deux côtés pour l'aider à faire sa descente, et la même chose pour la montée. A l'aide des deux réservoirs d'accumulation, les deux vérins sont toujours sous pression et donc ils appuient toujours sur le coulisseau.

II.2. Partie pneumatique et hydraulique

La pneumatique est un domaine technologique qui utilise les gaz sous pression pour créer un mouvement mécanique. Le plus souvent, le gaz sous pression est simplement de l'air qui peut être sec ou lubrifié.

L'hydraulique utilise la circulation d'un fluide pour créer une action mécanique. On pense souvent à l'hydraulique comme à une forme liquide de la pneumatique.

II.2.1. Installation pneumatique

L'installation pneumatique a été soigneusement étudiée de sorte à garantir un fonctionnement parfait et de longue durée de tous les organes de la presse. La figure II.6 nous donne une représentation des boutons rotatifs du panneau pneumatique.

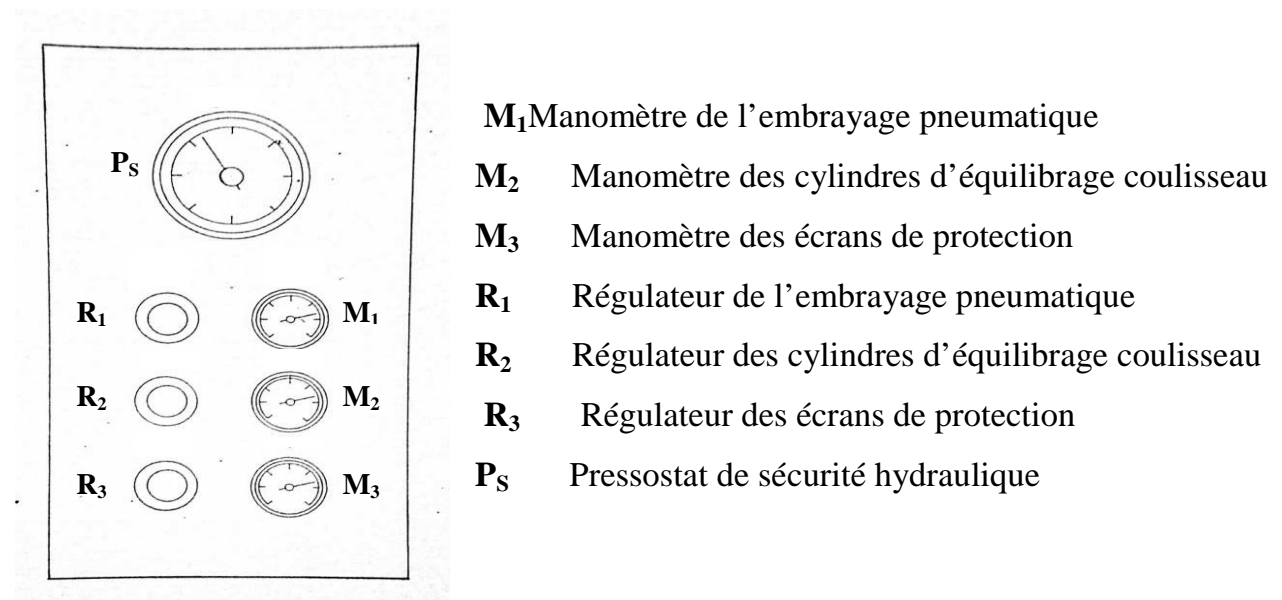


Figure II.6. Différents boutons du panneau pneumatique [1].

Le Circuit pneumatique est représenté sur la figure II.7. Le tableau II.6 donne la nomenclature du circuit pneumatique.

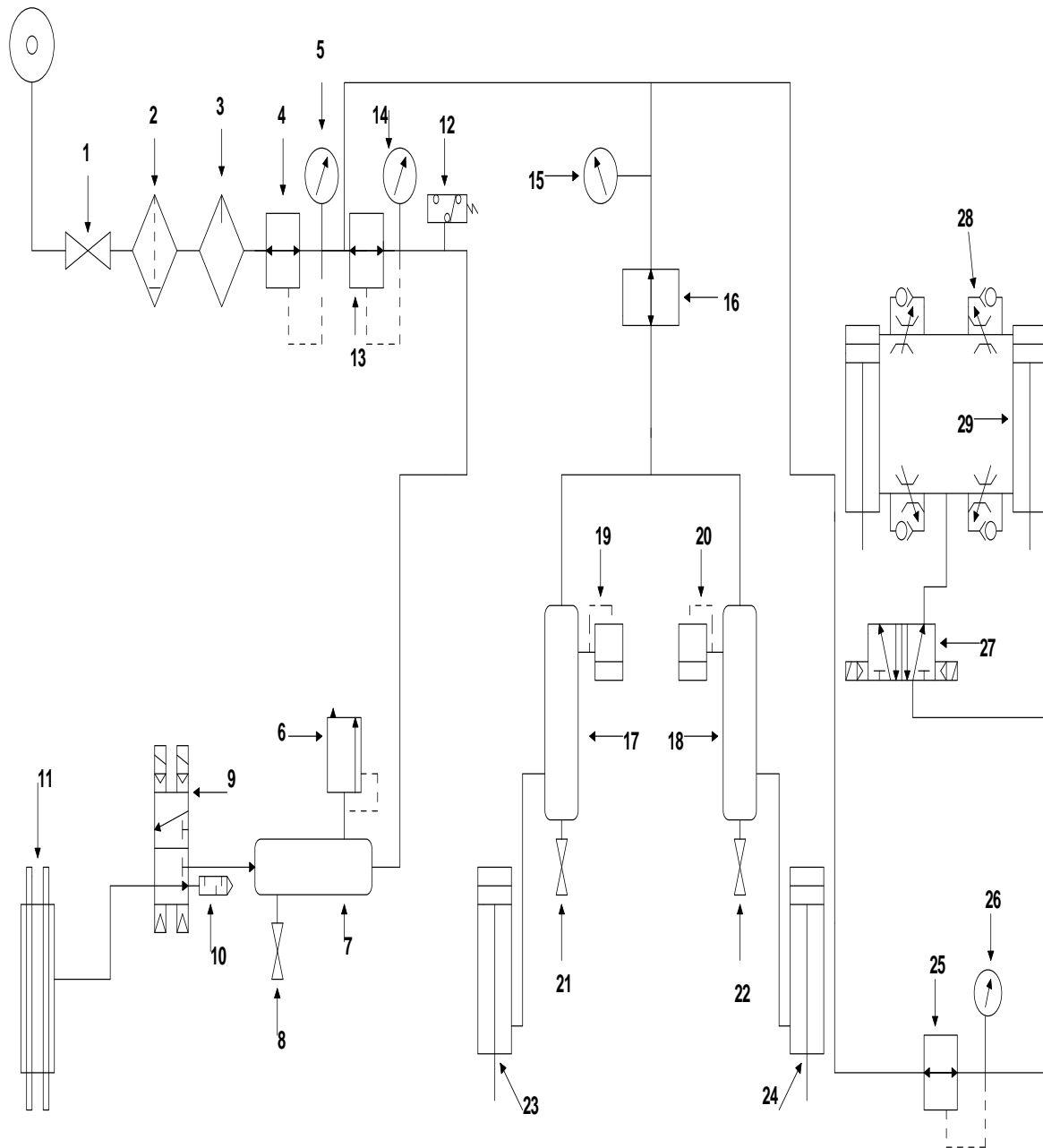


Figure II.7. Circuit pneumatique [1].

Tableau II.6. Nomenclature du circuit pneumatique

Repère	Désignation	Nombre
1	Robinet	1
2	Filtre	1
3	Lubrificateur	1
4	Régulateur	1
5	Manomètre	1
6	Vanne de sécurité	1
7	Réservoir de 100 L	1
8	Décharge condense	1
9	Electrovanne	1
10	Silencieux	1
11	Embrayage	-
12	Pressostat	1
13	Régulateur	1
14	Manomètre	1
15	Manomètre	1
16	Régulateur	1
17	Réservoir de 200L	1
18	Réservoir de 200L	1
19	Vanne de sécurité	1
20	Vanne de sécurité	1
21	Décharge condense	1
22	Décharge condense	1
23	Cylindre pneumatique	-
24	Cylindre pneumatique	-
25	Régulateur	1
26	Manomètre	1
27	Electrovanne	1
28	Régleur de flux	1
26	Cylindre pneumatique	4

Nous allons décrire dans ce qui suit le principe de fonctionnement du circuit pneumatique. On ouvre le robinet d'arrêt pour laisser passer l'air comprimé qui passe dans un filtre pour enlever les poussières puis il arrive à un lubrificateur. A la sortie du lubrificateur, l'air comprimé se divise en trois commandes.

1- Commande d'embrayage-frein

L'air comprimé arrive à un régulateur de pression à 5.5 bar. Après le réglage, l'air arrive à un pressostat pour contrôler le niveau minimum et maximum de la pression, puis il arrive à l'accumulateur. L'air comprimé arrive à l'électrovanne qui, après son excitation, ouvre ses contacts pour laisser passer l'air pour commander l'ensemble embrayage-frein.

2- Commande des vérins d'équilibrage

Après le réglage de pression de l'air comprimé à 5.5 bar, il arrive aux deux accumulateurs pour commander les deux vérins d'équilibrage qui sont des vérins à simple effet.

3- Commande d'écran de protection

L'air comprimé arrive à l'électrovanne, l'excitation de la première commande de l'électrovanne provoque le passage d'air comprimé dans la première position de distributeur. Il passe ensuite dans deux régulateurs de flux qui disposent de deux clapets anti retour. A la sortie des régulateurs, l'air comprimé arrive aux deux vérins à double effet. L'entrée de l'air dans les deux vérins provoque l'entrée de leurs tiges et donc l'ouverture de l'écran de protection. La vitesse d'entrée des tiges est contrôlée par le régulateur de flux. L'excitation de la deuxième commande de l'électrovanne provoque le passage de l'air comprimé dans la deuxième position du distributeur et la sortie des deux tiges des vérins, ce qui mène à la fermeture de l'écran de protection.

II.2.2. Installation de sécurité hydraulique

L'installation hydraulique est disposée dans unité séparée selon les fonctions d'utilisation et selon la pression maximale de fonctionnement. Le circuit de sécurité hydraulique est représenté sur la figure II.8.

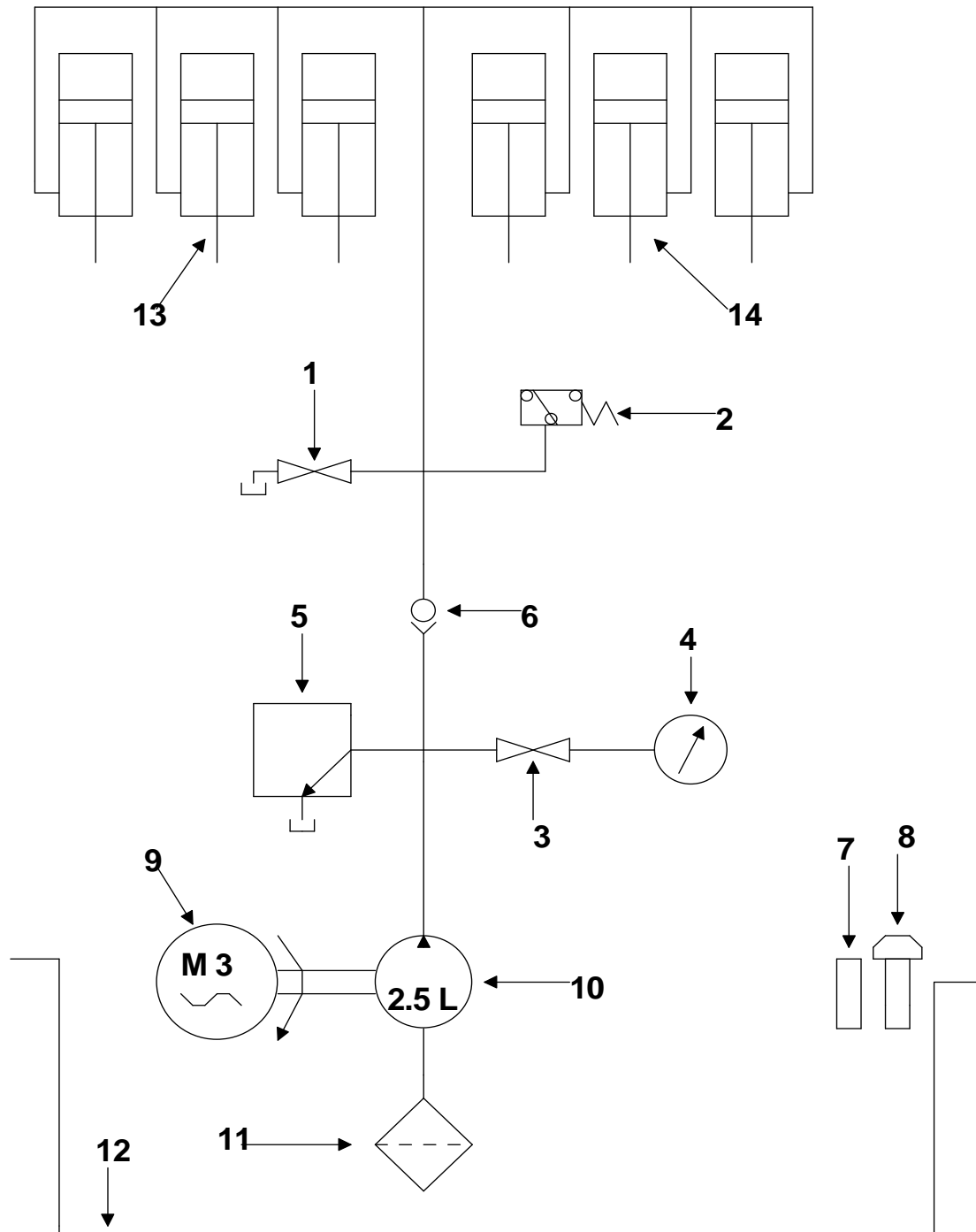


Figure II.8. Circuit de sécurité hydraulique [1].

Les différents éléments du circuit de sécurité hydraulique sont consignés dans le tableau II.7.

Tableau II.7. Nomenclature du circuit de sécurité hydraulique

Repère	Désignation
1	Robinet
2	Pressostat
3	Robinet
4	Manomètre
5	Vanne de maximum de pression
6	Clapet anti-retour
7	Niveau visible
8	Bouchon de remplis et de vidange
9	Moteur électrique
10	Pompe
11	Filtre
12	Réservoir
13	Vérin simple effet
14	Vérin simple effet

La mise en marche du moteur électrique met en marche la pompe pour faire monter l'huile du réservoir, qui équipé d'un contrôle sur le niveau minimum mais il faut le remplir quand un manque d'huile est signalé. L'entrée et la sortie de l'huile sont réglées automatiquement par des soupapes thermostatiques. L'huile sera filtrée avant de passer dans la pompe et le manomètre affiche la pression de sortie à 80 bars. L'huile passe dans un pressostat avant d'arriver finalement aux vérins de sécurité. Une fois que les vérins hydrauliques sont alimentés à une pression de 80 bars, le pressostat coupe l'alimentation et le moteur s'arrête.

II.2.3. Installation de lubrification

Le circuit de lubrification est représenté sur la figure II.9 et la légende correspondante est représentée sur le tableau II.8.

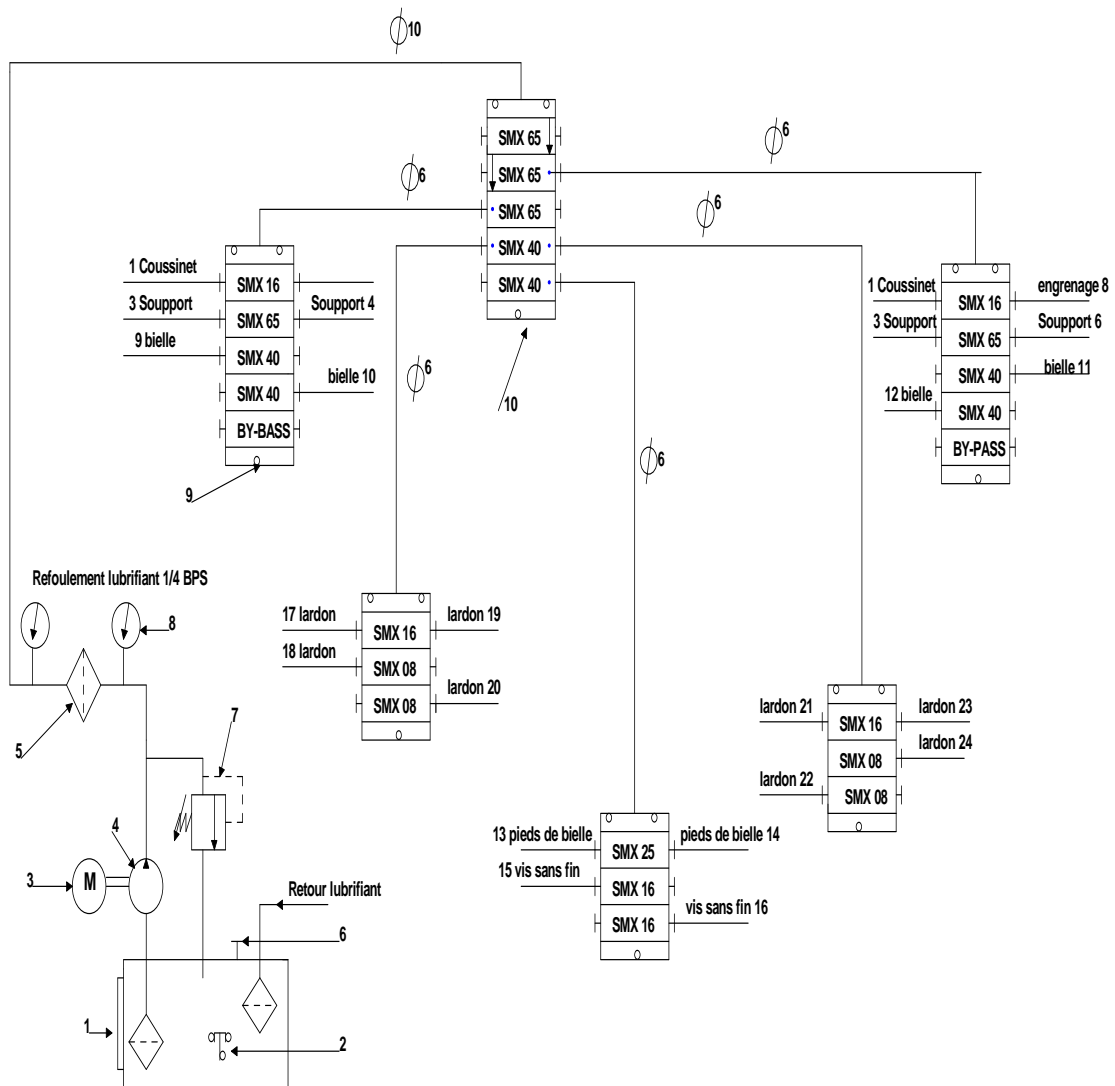


Figure II.9. Circuit de lubrification [1].

Tableau II.8. Nomenclature du circuit de lubrification

Repère	Désignation
1	Réservoir
2	Flotteur
3	Moteur électrique
4	Pompe hydraulique
5	Filtre à huile
6	Jauge
7	Régulateur de pression
8	Manomètre
9	Répartiteur
10	Répartiteur

La mise en marche du moteur électrique met la pompe en marche pour faire monter l'huile dans le réservoir. Ce dernier dispose d'un flotteur pour indiquer le niveau d'huile contrôlé à l'aide d'une jauge. Après sa filtration, l'huile du réservoir passe dans le manomètre du régulateur de pression. L'huile passe ensuite dans un filtre puis dans un manomètre pour afficher la pression de sortie. Enfin l'huile arrive au répartiteur principal pour passer dans les répartiteurs auxiliaires. Ces derniers envoient l'huile directement vers les points à lubrifier (coussinets, engrenages, bielle, supports, lardons, pied de bielle, vis sans fin). L'huile sera récupérée dans le coulisseau puis elle passe sur les glissières après elle fait le retour au réservoir avant de passer dans un filtre à huile.

II.3. Partie électrique

La partie électrique de la presse est composée de quatre moteurs asynchrones qui représentent ses principaux actionneurs. Les grandeurs nominales de ces moteurs sont consignées dans le tableau II.9.

Tableau II.9. Grandeurs nominales des moteurs

Caractéristiques	Moteur principal	Moteur du système de lubrification	Moteur du système de réglage du coulisseau	Moteur du système de sécurité hydraulique
Tension d'alimentation (V)	380	380	380	380
Puissance nominale (kW)	37	1.5	5.5	1.1
Courant nominal (A)	72	3.65	11.3	2.6
Facteur de puissance	0.87	0.77	0.85	0.86
Rendement	0.89	0.81	0.87	0.75

II.3.1. Circuit de puissance et de commande de la presse

II.3.1.1. Circuit de puissance

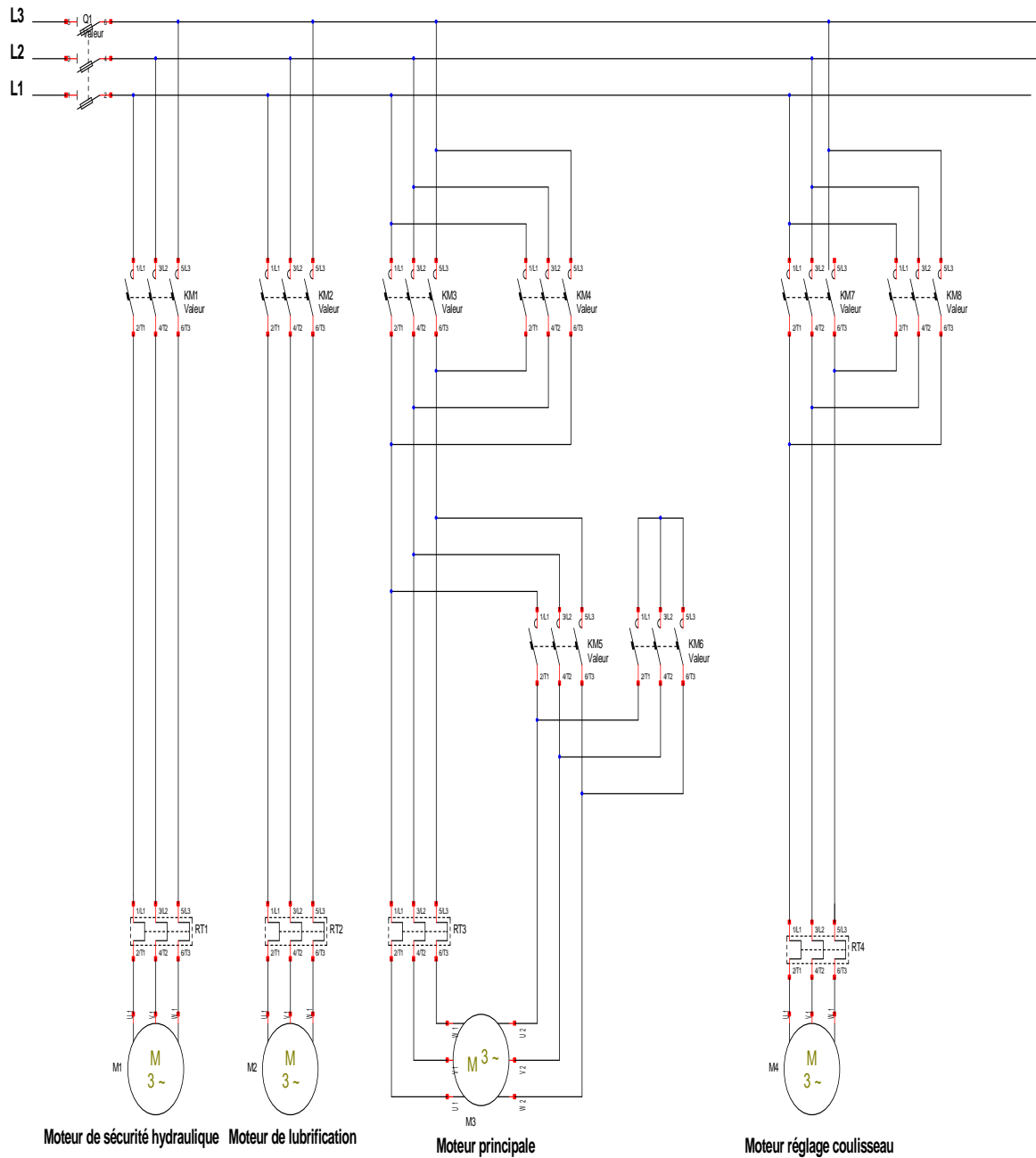


Figure II.10. Circuit de puissance

Principe de fonctionnement

- **Moteur de lubrification** : Démarrage direct avec un sens de rotation
 - Fermeture manuelle de Q
 - Fermeture de KM2 mise du moteur

- **Moteur de sécurité hydraulique** : Démarrage direct avec un sens de rotation
 - Fermeture manuelle de Q
 - Fermeture de KM1 mise sous tension du moteur

- **Moteur principal** : démarrage étoile-triangle avec deux sens de rotation
 - **Marche avant**
 - Fermeture manuelle de Q
 - Fermeture de KM3 (contacteur de ligne)
 - Fermeture de KM6 (couplage en **Y**)
 - Ouverture de KM6 après un temps et Fermeture de KM5 (couplage triangle)

 - **Marche arrière**
 - Fermeture manuelle de Q
 - Fermeture de KM4 (contacteur de ligne)
 - Fermeture de KM6 (couplage en **Y**)
 - Ouverture de KM6 après un temps et Fermeture de KM5 (couplage triangle)

 - **Moteur réglage coulisseau** : démarrage direct avec deux sens de rotation
 - **Marche avant**
 - Fermeture manuelle de Q
 - Fermeture de KM7 mise sous tension du moteur

 - **Marche arrière**
 - Fermeture manuelle de Q
 - Fermeture de KM8 mise sous tension du moteur

II.3.1.2. Circuit de commande

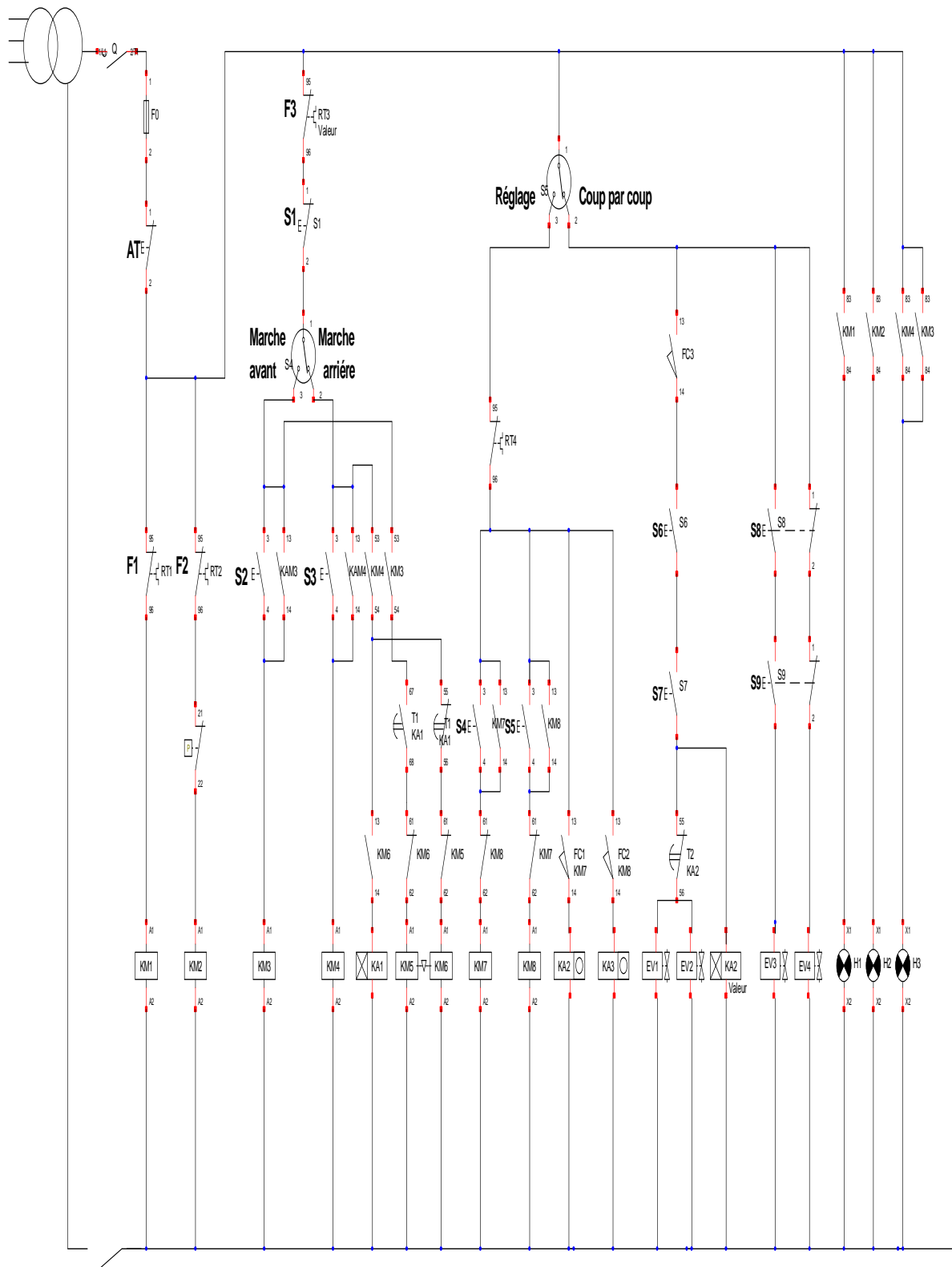


Figure II.11. Circuit de commande

Principe de fonctionnement

- **Moteur de lubrification**

- Fermeture du sectionneur général
- Excitation de KM1 et mise en marche de la centrale de lubrification
- Fermeture KM1 (83-84) et le voyant H1 s'allume

- **Moteur de sécurité hydraulique**

- Fermeture de sectionneur général
- Excitation de KM2 et mise en marche de la centrale de sécurité hydraulique
- Fermeture KM2 (83-84) et le voyant H2 s'allume
- Ouverture du contact de pressostat P (21-22) après avoir une pression de 80 bars
- Désexcitation de KM2 et donc l'arrêt du moteur
- Ouverture de KM2 (83-84) et le voyant H2 s'éteint

- **Moteur principal**

Marche avant

- Mettre le sélecteur (1) en position marche avant
- Impulsion sur S2
- Excitation de KM3 et rotation du moteur dans le premier sens de marche
- Fermeture de l'auto-maintien KM3 (13-14)
- Fermeture KM3 (83-84) et le voyant H3 s'allume
- Fermeture du contact KM3 (53-54)
- Excitation de KM6 démarrage en Y
- Fermeture KM6 (13-14)
- Ouverture de KM6 (61-62) et verrouillage électrique entre KM6 et KM5
- Excitation de contacteur auxiliaire KA1
- Ouverture du contact temporisé KA1 (55-56) et fermeture de KA1 (67-68)
- Désexcitation de KM6
- Ouverture de KM6 (13-14) et Fermeture KM6 (61-62)
- Excitation de KM5 démarrage en triangle, et la machine est prête à fonctionner

Marche arrière

- Mettre le sélecteur (1) en position marche arrière
- Impulsion sur S3
- Excitation de KM4 et rotation du moteur dans le premier sens de marche
- Fermeture de l'auto-maintien KM4 (13-14)
- Fermeture KM4 (83-84) et le voyant H3 s'allume
- Fermeture du contact KM4 (53-54)
- Excitation de KM6 démarrage en Y
- Fermeture KM6 (13-14)
- Ouverture de KM6 (61-62) et verrouillage électrique entre KM6 et KM5
- Excitation de contacteur auxiliaire KA1
- Ouverture de du contact temporisé KA1 (55-56) et fermeture de KA1 (67-68)
- Désexcitation de KM6
- Ouverture de KM6 (13-14) et Fermeture KM6 (61-62)
- Excitation de KM5 démarrage en triangle, et la machine et prête à fonctionner
- L'arrêt de moteur principale se fait par impulsion sur S1

- **Moteur réglage du coulisseau**

- Mettre le sélecteur (2) en position réglage

Pour la montée du coulisseau

- Impulsion sur S4
- Excitation de KM7 et rotation du moteur dans le premier sens de marche
- Fermeture du contacte de fin de course FC1 (13-14) de KM7, le coulisseau monte jusqu'à une valeur de réglage déterminée.

Pour la descente du coulisseau

- Impulsion sur S5
- Excitation de KM8 et rotation du moteur dans le deuxième sens de marche
- Fermeture du contacte de fin de course FC1 (13-14) de KM8, le coulisseau descend jusqu'à une valeur de réglage déterminée.

- **Pour le fonctionnement de la presse**

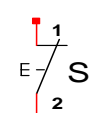
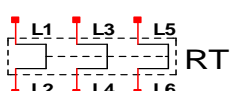
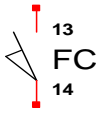
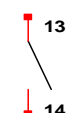
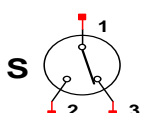
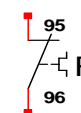
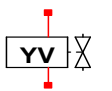
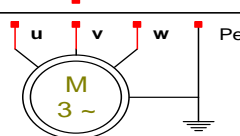
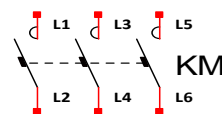


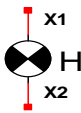
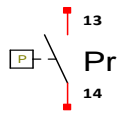
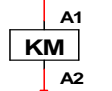
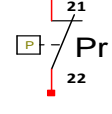
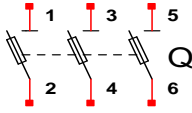
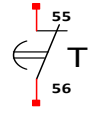

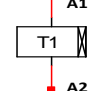
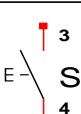
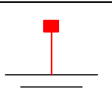
- Mettre le sélecteur (2) en position coup par coup
- Impulsion sur S9
- Excitation de la bobine d'électrovanne EV4 (protection activée)
- Fermeture du contact de fin de course FC3 (13-14) de EV4
- Impulsion simultanément sur S6 et S7 et excitation de la bobine KA2
- Fermeture du contact temporisé KA2 (67-68)
- Excitation simultanée de EV1 et EV2 (bobines d'électrovannes d'embrayage-frein)
- Donc le déplacement de coulisseau
- Désexcitation de KA2 après un temps (temps d'emboutissage)
- Ouverture de du contact temporisé KA2 (67-68)
- Désexcitation de EV1 et EV2 et donc l'arrêt du coulisseau
- Impulsion sur S8
- Désexcitation de EV4 et excitation de EV3
- Ouverture de contact de fin de course FC3 (23-24) de EV4

- L'arrêt de la machine se fait impulsion sur le bouton poussoir d'arrêt total (**AT**)

II.3.1.3. Nomenclature de circuit de puissance et de commande

Le tableau II.10 Représente les différents symboles utilisés dans le circuit de puissance et de commande

Tableau II.10. Différents symboles utilisés dans le circuit de puissance et de commande

Désignation	symbole	Désignation	symbole
Alimentation triphasée	L1 L2 L3	Bouton poussoir arrêt	
Relais thermique		Fin de course	
Contacte auxiliaire		Sélecteur	
Contacte thermique		Electrovanne	
Moteur asynchrone triphasé		Contact Contacteur	
Fusible		Action de verrouillage	
Voyant		Pressostat à ouverture	
Bobine		Pressostat à fermeture	
Sectionneur		Contact temporisé	
Compteur		Bobine tempo travail	
Bouton poussoir travail		Mise à terre	

Chapitre III

III.1. Problèmes de démarrage des moteurs asynchrones

III.1.1. Courant de décollage

Le démarrage des moteurs asynchrones triphasés provoque des pics de courant très élevés. En effet, le courant de démarrage atteint plusieurs fois le courant nominal. Lorsque ce courant à très courte durée, le moteur peut le supporter sans risque, mais il provoque une chute de tension sur la ligne qui alimente le moteur, ce qui conduit aux troubles de fonctionnement des appareils branchés sur cette ligne.

III.1.2. Couple de démarrage

Le moteur démarre si le moment du couple de démarrage est supérieur à celui du couple résistant.

III.1.3. Durée du démarrage

Le démarrage s'effectue sous l'action du couple d'accélération correspondant à la différence entre les moments du couple moteur et du couple résistant. Le démarrage d'un moteur asynchrone est régi par l'expression :

$$C_s = C_m - C_r \quad (\text{III.1})$$

Où C_s , C_m et C_r représentent les moments des couples d'accélération, moteur et résistant respectivement.

Pendant le démarrage, nous avons :

$$C_m - C_r = J \frac{d\Omega}{dt} \quad (\text{III.2})$$

Où J représente le moment d'inertie de l'ensemble tournant. Un moment d'inertie élevé augmente la durée du démarrage du moteur, ce qui provoque l'échauffement du rotor. Pour qu'un moteur asynchrone démarre dans de bonnes conditions, on utilise plusieurs types de démarrages :

III.2. Différents types de démarrage des moteurs asynchrones

III.2.1. Démarrage direct

Le démarrage direct est le plus simple et consiste à relier les enroulements du stator directement au réseau. Dans ce cas, le moteur démarre sous ses caractéristiques nominales (tension nominale). Bien que ce mode de démarrage provoque un pic de courant très élevé,

il est utilisé pour les moteurs de faible et moyenne puissance. La figure III.1 donne le circuit de démarrage direct.

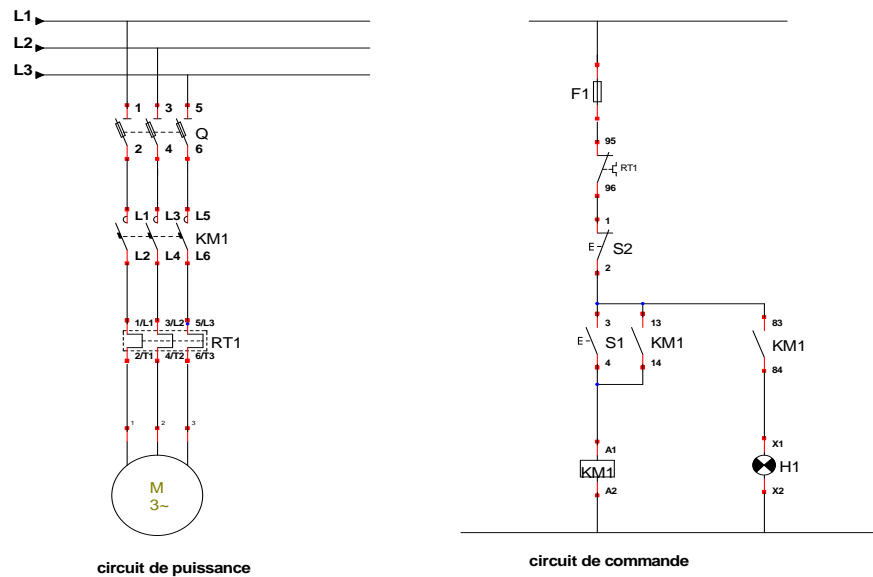


Figure III.1. Démarrage direct

a- Fonctionnement

• Circuit de puissance

- Fermeture manuelle de Q
- Fermeture de KM1 : mise sous tension du moteur

• Circuit de commande

- Impulsion sur S1 (3-4)
- Excitation de KM1 et fermeture de l'auto maintien KM1 (13-14)
- Fermeture KM (83-84) et le voyant H1 s'allume (signale la marche de moteur)
- Pour l'arrêt : Impulsion sur S2

b- Avantages

- Il ne requiert pas une grande installation d'appareillage
- Il permet d'avoir un couple suffisant pour démarrer le moteur
- Démarrage rapide
- Prix non coûteux

c- Inconvénients

- Le courant de démarrage important
- L'appel important du courant pourrait détériorer l'installation, à cause de la chute de tension qu'il provoque.

III.2.2. Démarrage étoile-triangle

Il consiste à démarrer le moteur en couplant ses enroulements en étoile pendant le démarrage, puis à rétablir le couplage en triangle, ce qui revient à diviser la tension nominale du moteur en étoile par $\sqrt{3}$. La figure III.2 donne le circuit de démarrage étoile triangle.

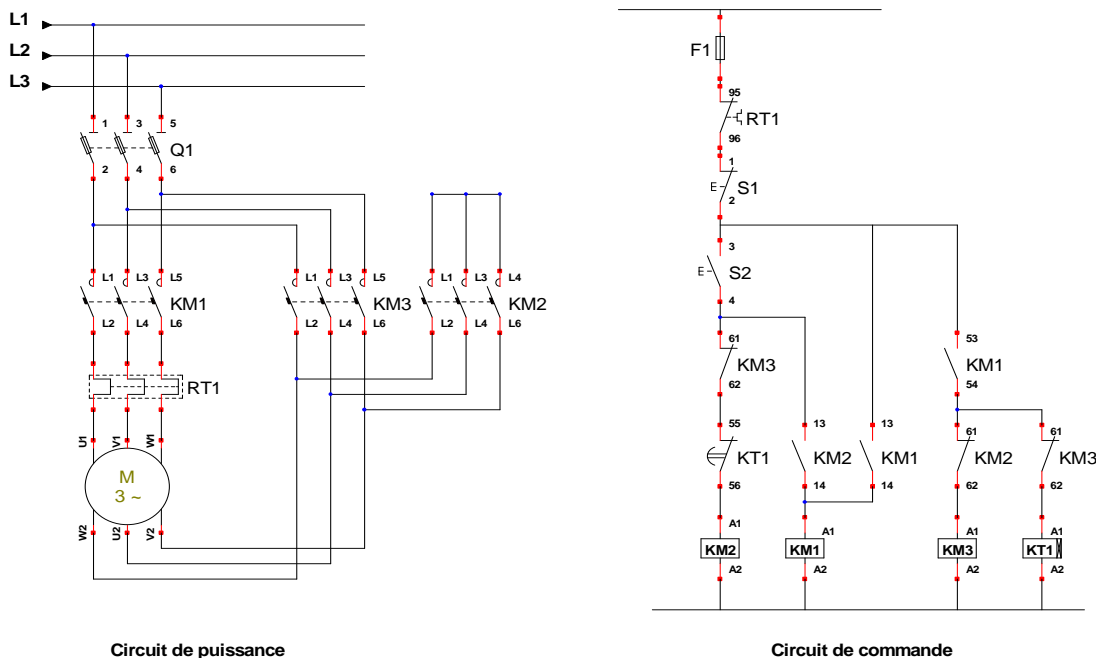


Figure III.2. Démarrage étoile triangle

a- Fonctionnement

• **Circuit de puissance**

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM1 (contacteur de ligne)
- Fermeture de KM2 (couplage en Y)
- Ouverture de KM2 après un temps et Fermeture de KM3 (couplage triangle)

• **Circuit de commande**

- Impulsion sur S2
- Excitation de KM2, Fermeture de l'auto-maintien KM2 (13-14)
- Excitation de KM1 : démarrage en Y
- Fermeture de l'auto-maintien KM1 (13-14)
- Fermeture du contact KM1 (53-54)
- Ouverture de KM2 (61-62) verrouillage électrique entre KM2 et KM3
- Excitation du contacteur auxiliaire KT1
- Ouverture du contact temporisé KT1 (55-56)
- Désexcitation de KM2
- Ouverture de KM2 (13-14) et Fermeture KM2 (61-62)
- Excitation de KM3 démarrage en triangle
- Pour l'arrêt : Impulsion sur S2

b- Avantages

- Réduit le courant au démarrage d'un tiers
- Permet une marche sous tension réduite ou faible ce qui améliore le facteur de puissance

c- Inconvénients

- Coupure de courant quand on change le couplage
- Deuxième appel de courant qui est important au changement de couplage

III.2.3. Démarrage par résistances statoriques

Dans ce mode de démarrage les bobinages du stator sont reliés à des résistances en série (voir le circuit de puissance). Le moteur démarre à tension réduite grâce aux résistances statoriques et lorsque la vitesse se stabilise, les résistances seront mises hors-circuit et le moteur sera couplé directement sur le réseau. La valeur des résistances est calculée en fonction du courant absorbé par le moteur au moment du démarrage. En général, les valeurs du courant et du couple de démarrage sont :

$$I_d = 4.5 I_n \quad \text{(III.3)}$$

et

$$C_d = 0.75 C_n \quad \text{(III.4)}$$

La figure III.3 donne le circuit de démarrage par résistances statoriques.

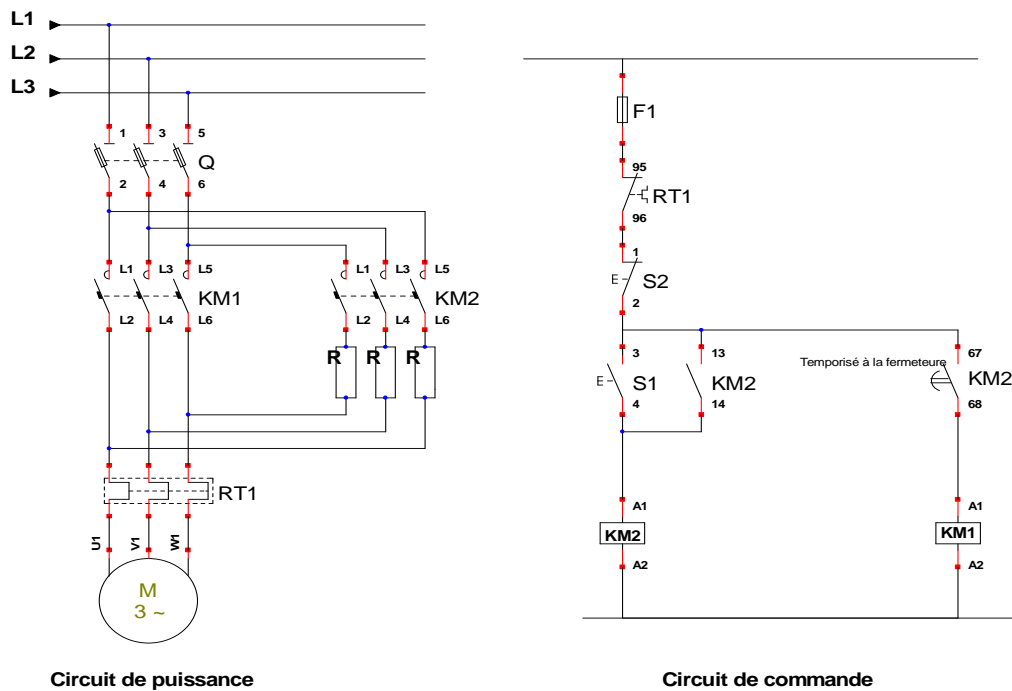


Figure III.3. Démarrage par insertion des résistances statoriques

a- Fonctionnement

- **Circuit de puissance**

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM2 (démarrage par résistances)
- Fermeture de KM1 après un temps (démarrage direct)

- **Circuit de commande**

- Impulsion sur S1
- Excitation de KM2, Fermeture de l'auto-maintien KM2 (13-14)
- démarrage par résistances
- Fermeture de KM2 (67-68) après la temporisation
- Excitation de KM1
- Démarrage direct

Pour l'arrêt : Impulsion sur S2

b- Avantages

- La tension d'alimentation est très réduite au moment du démarrage car l'appel du courant reste important
- Le couple moteur croit pendant le démarrage

c- Inconvénients

- Appel de courant très important au démarrage
- Une chute de tension importante aux bornes du moteur et par conséquent une diminution du couple de démarrage.

III.2.4. Démarrage par résistances rotoriques

Il est réservé aux moteurs asynchrones à rotor bobiné. Ce type de démarrage consiste à rajouter des résistances en série avec les bobinages du rotor pour baisser l'intensité du courant de démarrage. Lorsque la vitesse est stabilisée, on élimine les résistances pour que le moteur tourne en plein régime. La figure III.4 donne le circuit de démarrage par résistances rotoriques

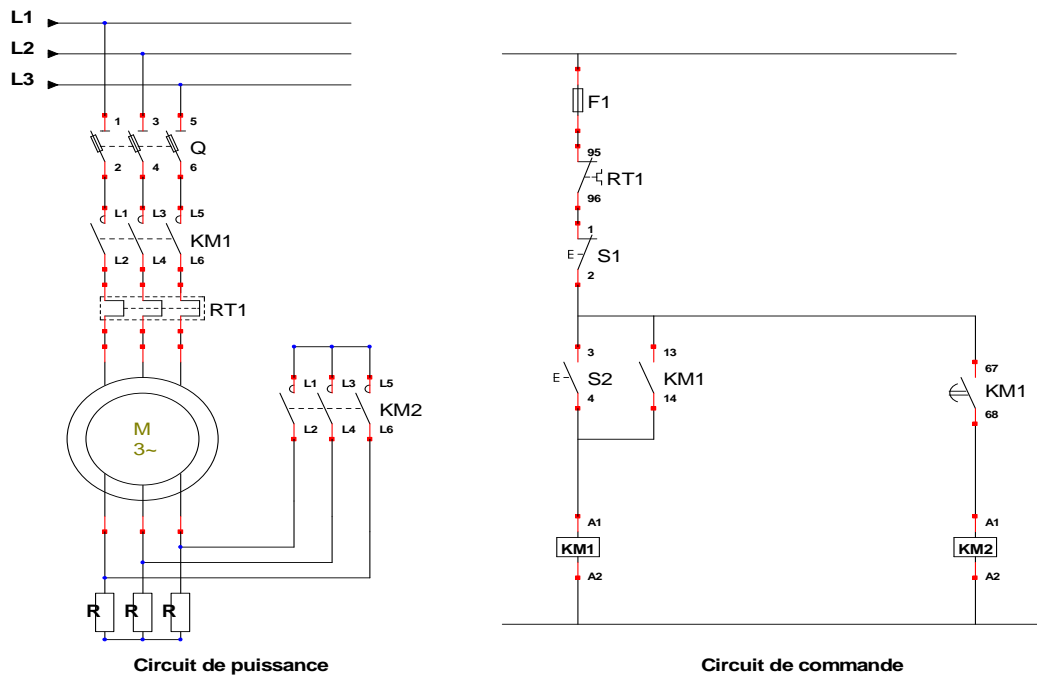


Figure III.4. Démarrage par insertion des résistances rotoriques

a- Fonctionnement

- **Circuit de puissance**

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM1 (démarrage par résistances rotoriques)
- Fermeture de KM2 après un temps (démarrage direct)

- **Circuit de commande**

- Impulsion sur S1
- Excitation de KM1, Fermeture de l'auto-maintien KM2 (13-14)
- Démarrage par résistances rotoriques
- Fermeture de KM1 (67-68) après la temporisation
- Excitation de KM2
- Démarrage direct

Pour l'arrêt : Impulsion sur S2

b- Avantages

- Très bon rapport couple/courant
- Possibilité de réglage des valeurs au démarrage
- Pas de coupure d'alimentation

c- Inconvénients

- Moteur à bagues plus onéreux
- Nécessite des résistances

III.2.5. Démarrage par autotransformateur

Le démarrage par autotransformateur permet aussi de réduire la tension de démarrage du moteur. En faisant varier le rapport de transformation de l'autotransformateur, on varie la tension d'alimentation du moteur. Le démarrage par autotransformateur s'effectue en trois étapes :

Le moteur est d'abord alimenté par l'autotransformateur couplé en étoile pour avoir une tension réduite qui est fonction du rapport de transformation. On ouvre ensuite le couplage étoile de l'autotransformateur, ce qui met en place des inductances sur chaque ligne limitant un peu la pointe de courant. On court-circuite ensuite ces inductances pour coupler le moteur directement au réseau. La figure III.5 donne le circuit de démarrage par autotransformateur.

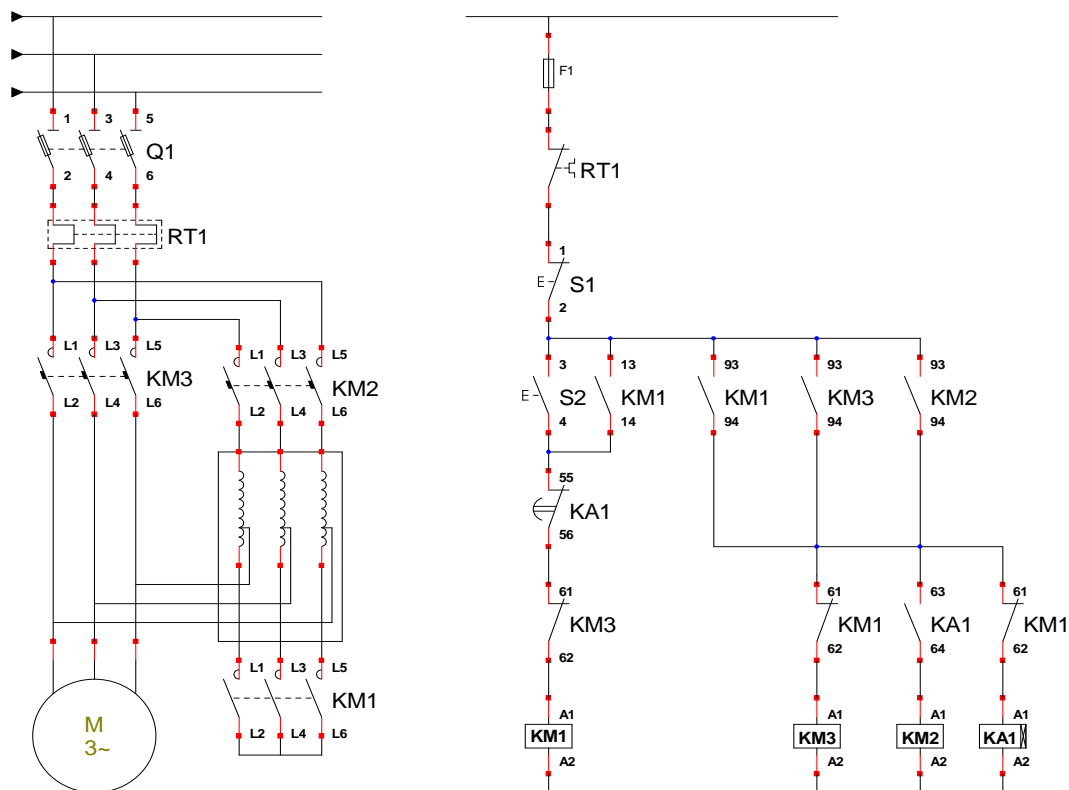


Figure III.5. Démarrage par autotransformateur

a- Fonctionnement

- **Circuit de puissance**

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM1 (démarrage du moteur par l'autotransformateur couplé en étoile)
- Fermeture de KM2 après un temps (démarrage par les inductances de l'autotransformateur)
- Fermeture de KM3 (démarrage direct)

• **Circuit de commande**

- Impulsion sur S2
- Excitation de KM1, Fermeture de l'auto-maintien KM1 (13-14)
 - Démarrage du moteur par l'autotransformateur couplé en étoile
 - Ouverture de KM1 (61-62) verrouillage électrique entre KM1 et KA1 et KM3
 - Fermeture de KA1 (63-64)
 - Excitation de KM2
 - Démarrage par les inductances de l'autotransformateur
 - Ouverture du contact temporisé KA1 (55-56)
 - Désexcitation de KM1 et KM2
 - Fermeture de KM1 (61-62) verrouillage électrique entre KM1 et KA1 et KM3
 - Excitation de KM3, Fermeture de l'auto-maintien KM1 (13-14)
 - Démarrage direct

Pour l'arrêt : Impulsion sur

b- Avantages

- Permet de choisir le couple de démarrage
- Permet un démarrage sous tension réduite
- Réduit l'intensité du courant de démarrage

c- Inconvénients

- Installation très coûteuse
- Utilisation que pour les grands moteurs

III.3. Défauts survenant lors du fonctionnement des moteurs asynchrones

En fonctionnement normal, les moteurs asynchrones triphasés sont soumis à plusieurs contraintes intrinsèques et extrinsèques, dues aux incidents de fonctionnement survenant pendant leur utilisation, comme les court-circuits, les manques de phases, les surcharges, l'échauffement, les défauts d'isolation.

III.3.1. Les court-circuits

Un court-circuit est une mise en relation directe entre deux points qui sont soumis à des potentiels électriques différents. Il est traduit par une augmentation brutale du courant qui peut atteindre, en quelques millisecondes, une valeur importante égale à plusieurs centaines de fois le courant d'emploi. Le courant de court-circuit provoque des effets électrodynamiques et thermiques pouvant produire des destructions importantes sur le matériel, les câbles et les jeux de barres situés en amont du point de court-circuit.

III.3.1.1. Effets électrodynamiques

- Casse ou déformation des pièces et des jeux de barres
- Répulsion des contacts
- Propagation des arcs électriques

III.3.1.2. Effets thermiques

Fusion des contacts, des enroulements et des bilames.

III.3.2. Surcharges

Les surcharges entraînent l'augmentation du courant absorbé par le moteur, ce qui produira des effets thermiques qui sont les plus fréquents dans les moteurs asynchrones. La surcharge conduit à la diminution de la durée de vie des moteurs par vieillissement des isolants sous l'action de la chaleur élevée.

III.3.3. L'échauffement

C'est l'augmentation anormale de la température à l'intérieur du moteur. Cette augmentation est causée par différentes pertes (par effet Joule, pertes mécaniques, courants de Foucault) et les surcharges.

III.3.4. Minimum et maximum de tension avec un démarrage incomplet

Le minimum de tension peut être dû à une surcharge du réseau, au mauvais fonctionnement d'un régleur en charge de transformateur ou d'un régulateur. Les minimums de tension diminuent le couple du moteur qui peut entraîner :

- L'augmentation du temps de démarrage
- La diminution de la vitesse en marche normale, ce qui augmente généralement l'intensité du courant absorbé, les pertes Joule statoriques et surtout les pertes rotorique.

Le maximum de tension peut avoir pour cause un mauvais fonctionnement d'un régleur en charge, d'un régulateur, ou une diminution brutale de la puissance appelée. Les maximums de tension provoquent un échauffement des circuits magnétiques par augmentation des pertes fer. Cet échauffement est indépendant de l'état de charge de la machine et n'est donc pas contrôlé par le relais de surcharge.

III.4. La Protection

La protection des moteurs asynchrones contre les surintensités (surcharge, court-circuit,...) a pour but d'éviter l'échauffement excessif du moteur et l'absorption d'un courant trop élevé qui pourrait entraîner sa destruction.

III.4.1. Dispositifs de protection contre les court-circuits et les chutes de tension

III.4.1.1. Protection par fusibles

Les fusibles sont des dispositifs de protection utilisés pour protéger un circuit électrique de l'effet d'un courant excessif et sont symbolisés selon la figure III.6.

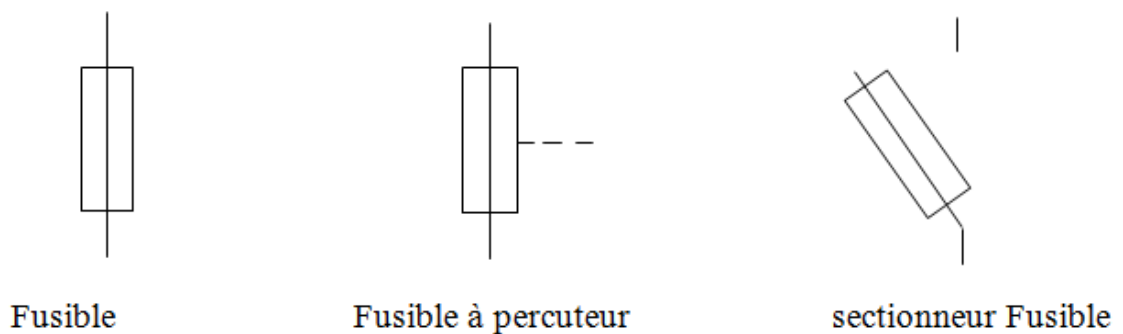


Figure III.6. Symboles des fusibles

a- Constitution des fusibles

Il existe deux types de cartouches fusibles comme le montre la figure III.7.

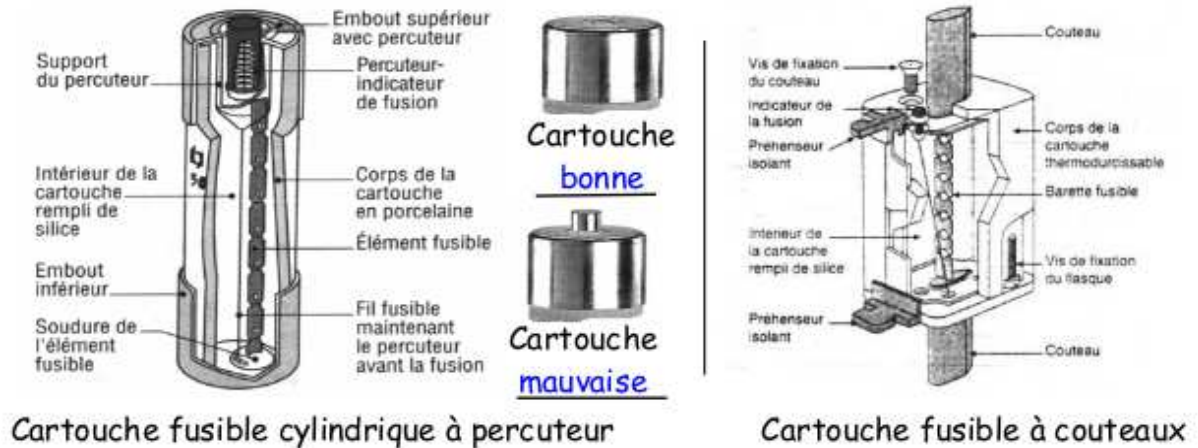


Figure III.7. Différents types de cartouches fusibles

b- Classes des fusibles

Selon leur utilisation, on distingue trois classes différentes de fusibles.

- **Classe gf** : fusible d'usage domestique. Ils protègent contre les surcharges et les court-circuits
- **Classe aM** : cartouche à usage industriel pour l'accompagnement des moteurs. Ces fusibles sont utilisés uniquement pour la protection des moteurs asynchrones triphasés contre les court-circuits. Ces fusibles sont souvent associés à des relais thermiques pour assurer la protection contre les surcharges.
- **Classe gG (ancienne notation gI)** : cartouche à usage général. Ils permettent de protéger les circuits électriques (éclairage, ligne d'alimentation...) contre les faibles et les fortes surcharges et également contre les court-circuits.

c- Caractéristiques des fusibles

La figure III.8. Montre les différentes caractéristiques des fusibles.

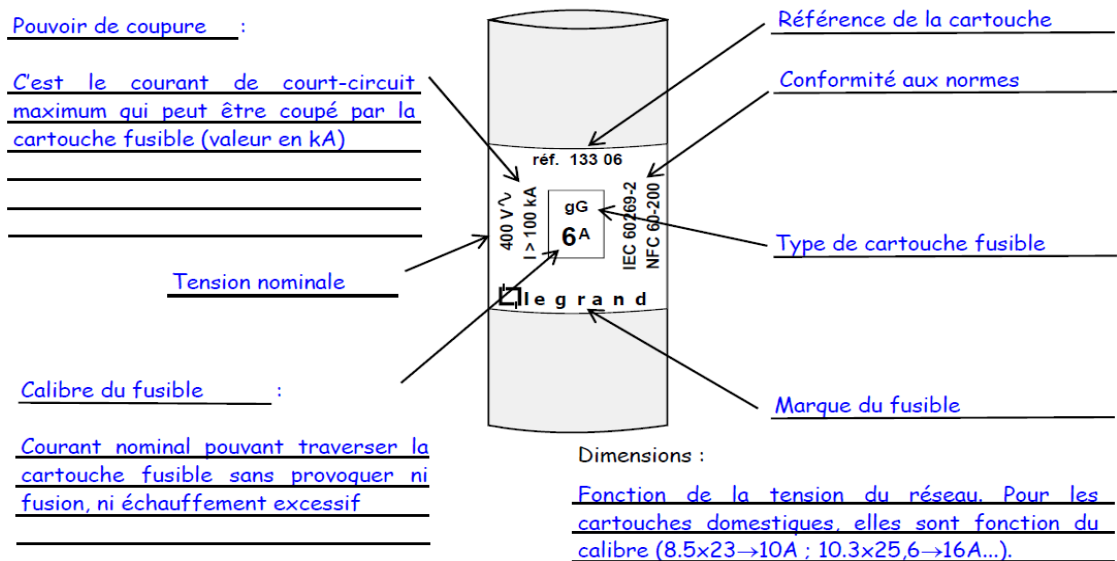


Figure III.8. Différentes caractéristiques des fusibles

d- Choix des fusibles

Le choix d'un dispositif à base de fusibles nécessite de définir au préalable les grandeurs caractéristique suivantes :

- **La classe** de fusible gF ; aM ; gG
- **Le calibre In** : c'est le courant nominal qui peut traverser le fusible en permanence sans provoquer la fusion ou un échauffement anormal.
- **La tension nominale Un** : c'est la tension maximale pour laquelle le fusible est utilisé.
- **Le pouvoir de coupure pdc** : Le pouvoir de coupure pdc des fusibles doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit I_{cc} susceptible de se produire.

$$pdc_{\text{fusible}} \geq I_{cc_{\text{max}}}$$

- **La forme du fusible** : cartouche cylindrique ou à couteau.
- **La taille du fusible**

e- Avantages et inconvénients des fusibles

- **Avantages** : simple, peu coûteux, facile à installer et encombrement réduit.
- **Inconvénients** : l'inconvénient majeur vient du fait qu'il faut remplacer le fusible après usage.

III.4.1.2. Protection par disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil mécanique de connexion, placé en tête de l'installation pour la protéger contre les court-circuits, les surcharges et les défauts d'isolement, par ouverture rapide du circuit contenant le défaut. Le disjoncteur remplit aussi la fonction de sectionnement. En cas de court-circuit, un bobinage détecte le champ électromagnétique généré par le courant traversant le disjoncteur. Le disjoncteur doit déclencher pour une valeur minimum du courant de court-circuit c'est-à-dire pour un défaut franc situé en bout de la ligne

$$I_{\text{mag}} < I_{\text{cc min}}$$

Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit susceptible de se produire juste en dessous de lui.

$$p_{\text{dc disjoncteur}} \geq I_{\text{cc max}}$$

La figure III.9. Représente le disjoncteur et son symbole

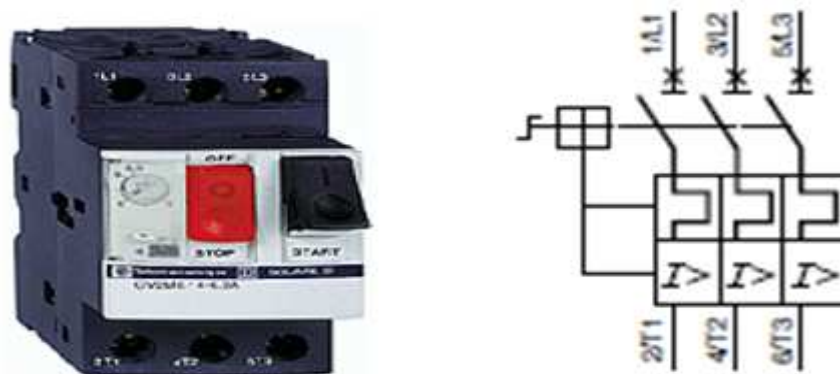


Figure III.9. Disjoncteur et son symbole

a- Différents types de disjoncteur

- **Disjoncteur magnétique**

Les disjoncteurs de type magnétique assurent, dans la limite de leur pouvoir de coupure et par l'intermédiaire de leurs déclencheurs magnétiques (un par phase), la protection des installations contre les court-circuits. Les disjoncteurs magnétiques réalisent une coupure

omnipolaire, c'est à dire le fonctionnement d'un seul déclencheur magnétique suffit à commander l'ouverture simultanée de tous les pôles. Pour des courants de court-circuit peu élevés, le fonctionnement des disjoncteurs est plus rapide que celui des fusibles.

- **Disjoncteur magnéto-thermique**

Le disjoncteur magnétothermique (disjoncteur moteur) réalise à la fois la protection contre les court-circuits et contre les surcharges par ouverture rapide du circuit en défaut. Il est la combinaison du disjoncteur magnétique et du relais de surcharge. Dans les disjoncteurs magnéto-thermiques (figure III.10), les dispositifs magnétiques ont un seuil de déclenchement non réglable, en général d'environ 10 fois le courant de réglage maximal des déclencheurs thermiques. Leurs éléments thermiques (protection contre les surcharges) sont compensés contre les variations de la température ambiante. Le seuil de protection thermique est quant à lui réglable.

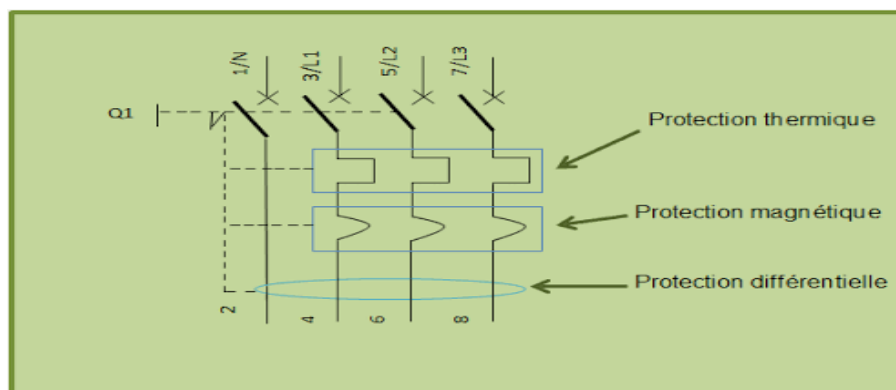


Figure III.10. Les différents types de protection de disjoncteur

b- Caractéristiques des disjoncteurs

- **Tension nominale** : C'est la tension maximale d'utilisation en courant continu ou alternatif. C'est également la tension à laquelle se rapporte le pouvoir de coupure et de fermeture du disjoncteur. Un disjoncteur peut avoir plusieurs tensions nominales, chacune d'elle correspondant à un pouvoir de coupure différent.

- **Courant nominal** : C'est le courant que le disjoncteur est capable de supporter dans des conditions d'essais spécifiés en service ininterrompu, tout en respectant les limites

d'échauffement (température ambiante de 30°). Le courant nominal est déterminé en fonction de l'intensité du courant admissible passant dans la section du conducteur à protéger.

- **Pouvoir de coupure** : c'est la plus grande valeur du courant présumé de court-circuit, qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée et dans certaines conditions. Il s'exprime en kA.

c- Choix des disjoncteurs

Le choix d'un disjoncteur s'effectue en fonction :

- De la norme d'installation : exemple NF C 15-100. Cette norme prend en compte :
 - le type d'installation
 - le type de récepteur
 - l'intensité d'emploi
 - la courbe de fonctionnement
- Des caractéristiques du réseau (tension, fréquence).
- De l'environnement (type de local, température, section et nature des câbles en aval).
- Des impératifs d'exploitation (sélectivité, auxiliaires de commande).

III.4.2. Dispositifs de protection contre les surcharges

III.4.2.1. Relais thermique

Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en aval contre les surcharges et les coupures de phase. Pour cela il surveille en permanence le courant dans le récepteur. En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur qui coupe le courant dans le récepteur. La figure III.11 représente le symbole d'un relais thermique

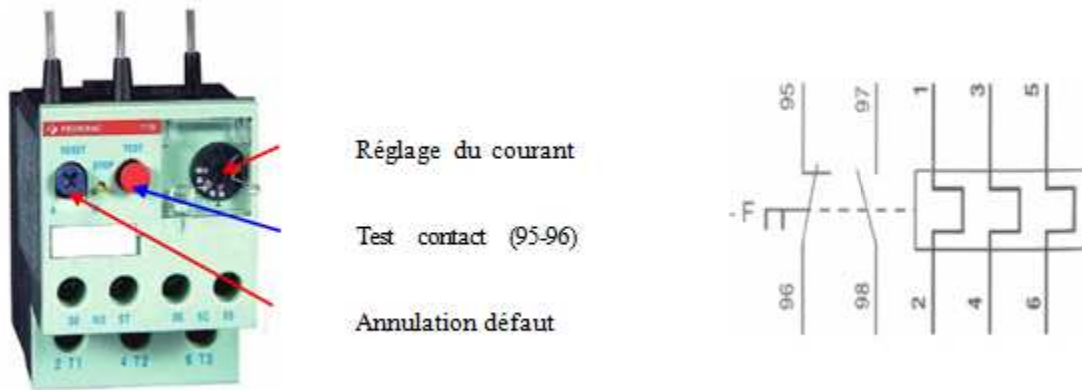


Figure III.11. Relais thermique et son symbole

Il existe trois bilames (une par phase) à l'intérieur qui sont formées de deux métaux différents chauffés par le courant du moteur et par effet joule, ces bilames se déforiment. Au-delà d'une certaine déformation, les bilames agissent sur un contact interne (NF 95-96) même si le courant du moteur passe toujours dans le circuit. Ce contact NF interne, placé en série avec la bobine du contacteur s'ouvre et reste accroché en position ouverte, ce qui mène à l'arrêt du moteur. Pour libérer ce contact NF et autoriser le redémarrage du moteur, il faut une action sur le bouton de réarmement bleu (rouge pour les anciens modèles) du relais thermique. La figure III.12. Montre la courbe de fusion des bilames en fonction de temps.

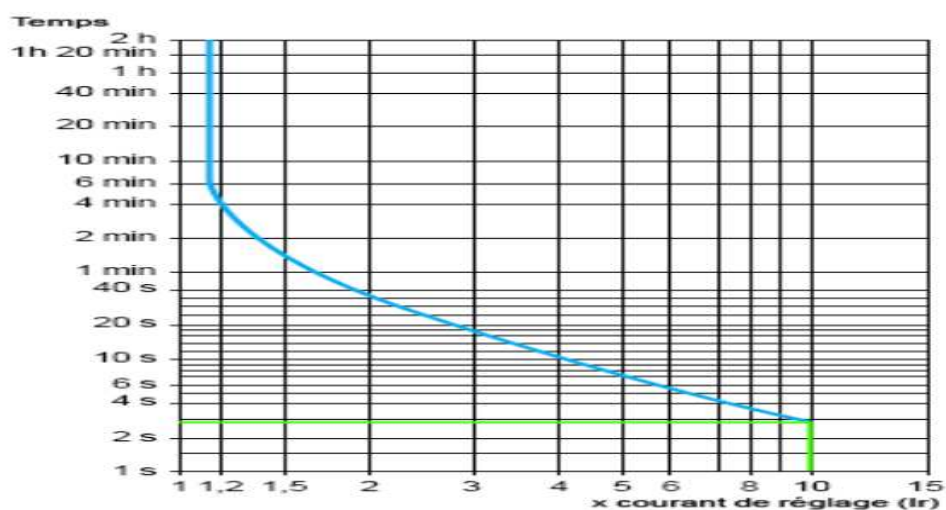


Figure III.12. Temps de fusion des bilames en fonction de l'intensité de courant.

III.4.3. Dispositifs de protection contre le manque de phases

III.4.3.1. Contacteurs

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail. L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance. Le contacteur fait partie de la famille des pré-actionneurs puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies.

a- Symbole

Le contacteur est symbolisé selon le schéma de la figure III.13.

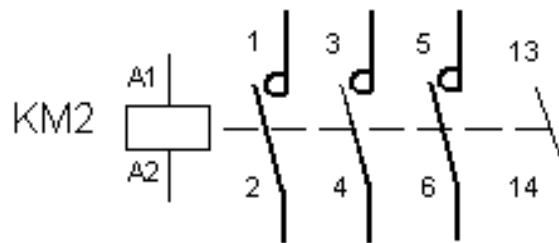


Figure III.13. Symbole d'un contacteur

b- Choix d'un contacteur

Pour choisir un contacteur, il faut définir les valeurs les éléments suivants :

- Courant d'emploi
- Tension d'emploi
- Catégorie d'emploi : elle fixe la valeur du courant que le contacteur doit acheminer et qui dépend de la nature du récepteur.

III.4.4. Dispositifs de protection multiples

Ils sont utilisés pour réaliser la protection contre les court-circuits et les surcharges par l'association de différents dispositifs.

a- Fusible-contacteur

C'est une association de deux dispositifs : un contacteur pour faciliter la commande et un fusible situé en amont du contacteur, assurant la protection contre le court-circuit.

b- Fusible-relais thermique-contacteur

C'est une association de trois dispositifs qui assurent la protection contre le court-circuit et contre la surcharge.

c- Relais thermique-contacteur

C'est une association de deux dispositifs qui permet de protéger le moteur contre les surcharges, ce qui facilite la commande du moteur.

Chapitre IV

IV.1. Introduction

Les entreprises industrielles demandent toujours une protection permanente de toutes les machines des différentes installations et des systèmes de production d'une part, et la sécurité de son personnel d'autre part. Notre étude consiste à dimensionner les dispositifs de protection des moteurs asynchrones triphasés assurant le fonctionnement de la presse décrite au chapitre I. Nous donnons dans ce qui suit les détails de calcul pour le moteur principal, pour les trois autres moteurs nous donnons les résultats finaux, les calculs se faisant de la même manière. Les grandeurs nominales du moteur principales sont consignées dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1. Grandeurs nominales du moteur principal

Tension d'alimentation (V)	Puissance nominale (kW)	Courant nominal (A)	Facteur de puissance	Rendement
380	37	72	0.87	0.89

Les conditions qui déterminent les différentes étapes à respecter lors du dimensionnement de la protection d'une installation sont :

- Calcul des sections des conducteurs
- Détermination de la chute de tension par rapport au maximum admissible
- Calcul des courants de court-circuit

Après l'étude nous allons choisir les dispositif de protection

IV.2. Détermination des sections des conducteurs

On détermine le courant maximal d'emploi I_B et on déduit le courant assigné I_r du dispositif de protection auquel on appliquera des corrections selon des facteurs soit du type de protection ou du mode de pose et d'influence extérieure. On obtiendra un courant admissible I_z dans les différentes canalisations, auquel on associe le type d'isolation et la nature de la matière du conducteur pour déterminer les sections des conducteurs. Le choix de la section des conducteurs obéit à l'organigramme de la figure IV.1.

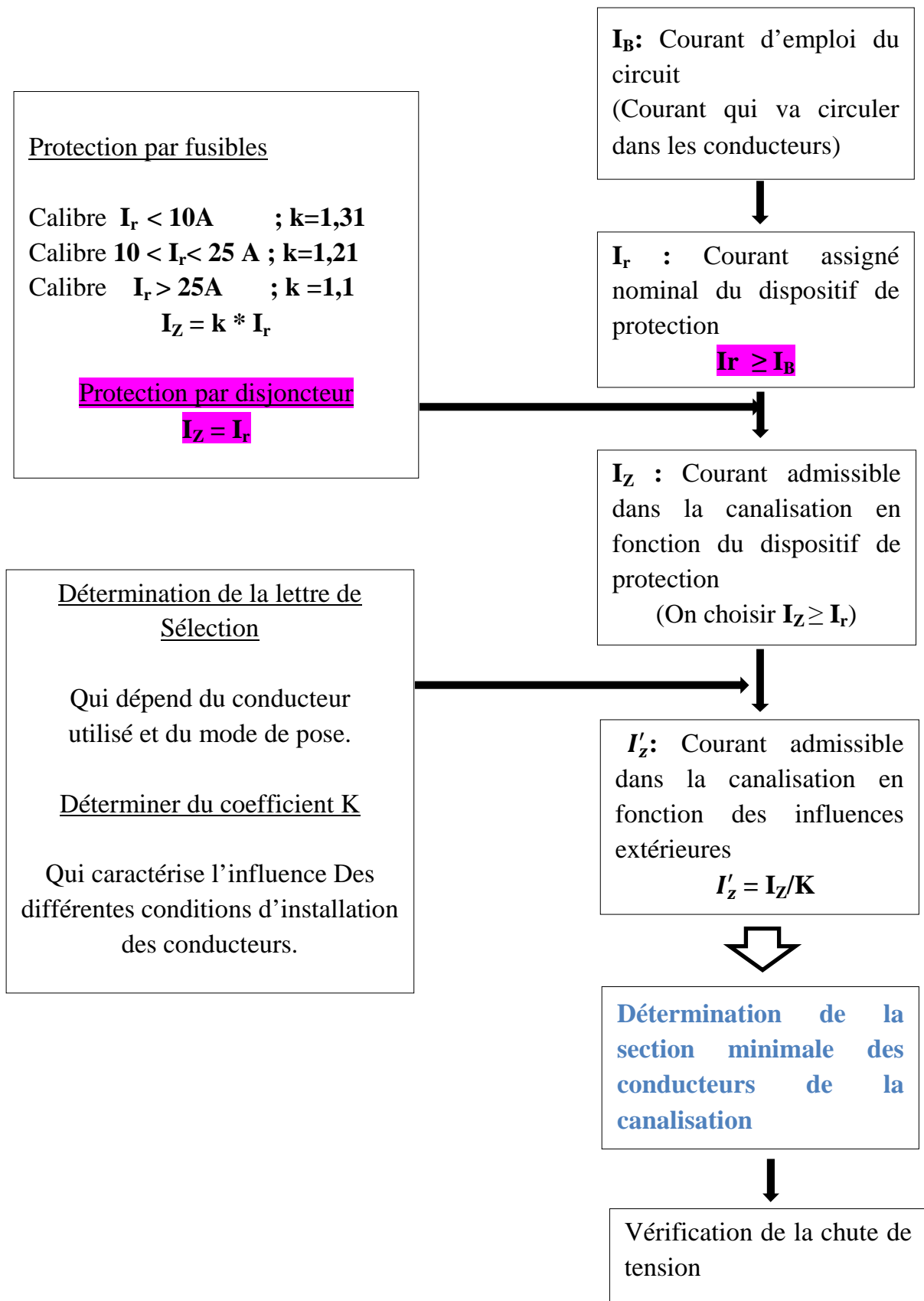


Figure IV.1. Organigramme du choix de la section des conducteurs [4].

IV.2.1. Calcul du courant d'emploi I_B

Le courant d'emploi I_B est le courant véhiculé dans les circuits pour alimenter les différentes charges. La méthode de détermination du courant maximal d'emploi s'appuie sur la connaissance de la puissance de chaque circuit d'utilisation pour lequel sont attribués différents coefficients.

$$I_B = P_u * a * K_c * K_s * K_u * K_e \quad (IV.1)$$

Avec

P_u : Puissance utile en (kW)

a : Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement

K_c : Facteur de conversion des puissances en intensités

K_s : Facteur de simultanéité

K_u : Facteur d'utilisation des appareils

K_e : Facteur tenant compte des prévisions d'extension

[4]

a- Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement (a)

Le facteur (a) est calculé à base du rendement et du facteur de puissance du circuit considéré

$$a = \frac{1}{\eta * \cos \varphi} \quad (IV.2)$$

Nous obtenons dans notre cas : $a = \frac{1}{0.89 * 0.87} = 1.29$

b- Facteur de conversion des puissances en intensités (K_c)

Le facteur de conversion de la puissance en intensité est le courant absorbé par un récepteur de 1 kW de puissance en triphasé sous 400 V.

$$P = U * I_b * \sqrt{3} \quad (IV.3)$$

Avec : $I_b = \frac{P}{U * \sqrt{3}}$ P en (W) et I_b en (A)

Donc : $I_b = \frac{1000}{400 * \sqrt{3}} = 1.44 \text{ A}$

D'où : $I_b = K_c = 1.44 \text{ A}$

$$K_c = 1.44 \text{ A / kW}$$

c- Facteur de simultanéité (K_s)

Dans une installation industrielle, les récepteurs alimentés par une même canalisation, ne fonctionnent pas simultanément dans tous les cas. Pour tenir compte de ce phénomène, qui reste lié aux conditions d'exploitation de l'installation, dans le dimensionnement des liaisons, on applique à la somme des puissances des récepteurs le facteur de simultanéité, qui représente le rapport des charges globales et les charges maximales simultanées. Le tableau IV.2 Représente les valeurs du facteur de simultanéité qui peuvent être utilisées.

Tableau IV.2. Facteur de simultanéité

Utilisation	Le facteur de simultanéité (K_s)
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0.1 à 0.2 (pour un nombre > 20)
Autres cas	1

Dans notre cas, nous prenons $K_s = 1$.

d- Facteur d'utilisation des appareils (K_u)

Dans une installation industrielle, on suppose que les récepteurs ne seront jamais utilisés à pleine puissance, on introduit alors un facteur d'utilisation (K_u) qui varie généralement entre 0.3 et 1.

$K_u = 0.75$ pour les moteurs

$K_u = 1$ pour l'éclairage et le chauffage

Dans notre cas on prend $K_u = 0.75$

e- Facteur tenant compte des prévisions d'extension (K_e)

La valeur du facteur K_e doit être estimée selon les conditions prévisibles d'évolution de l'installation, la valeur 1.2 est souvent utilisée. Ainsi, pour notre calcul nous prenons $K_e=1.2$, ce qui nous permet d'avoir $I_B = 61.85 A$.

IV.2.2. Courant assigné nominal du dispositif de protection (I_r)

Le courant assigné d'emploi I_r est la valeur maximale du courant ininterrompu que peut supporter un disjoncteur à une température ambiante précise en respectant les limites d'échauffement prescrites, on l'assimile souvent au courant thermique noté I_{th} . Les déclencheurs amovibles sont en général réglables, ce réglage permet d'assurer la protection contre les surcharges. Il faut que le dispositif de protection ne se déclenche pas pour les courants d'intensité normale, mais détecte les courants d'ordre supérieur, il doit donc avoir un courant assigné (calibre ou réglage) tel que :

$$I_b \leq I_r \leq I_z \quad (IV.4)$$

En prend : $I_r = 80 A$

IV.2.3. Courant admissible I_z

Comme la montre l'organigramme de la figure IV.1, le courant admissible dans la canalisation dépend du type de protection appliquée au circuit considéré, notre protection est faite par un disjoncteur. La valeur du courant admissible est obtenue par la multiplication du courant de réglage par des coefficients standards déterminés selon la valeur I_r .

$$I_z = k * I_r \text{ avec } k = 1$$

Donc : $I_z = I_r = 80 A$.

IV.2.4. Courant admissible I'_z en fonction des Influences extérieures

Le courant admissible dans la canalisation en fonction des influences extérieures, représente le courant admissible dans la canalisation adapté aux contraintes caractérisant l'influence des différentes conditions d'installation sur les protections des circuits électriques. Ce courant est calculé à partir de la relation suivante :

$$I'_z = \frac{I_z}{K} \quad (IV.5)$$

avec :

$$K = K_1 * K_2 * K_3 \quad (IV.6)$$

K_1 : Facteur qui prend en compte le mode de pose

K_2 : Facteur qui prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés cote à cote

K_3 : Facteur qui prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant

Avant de désigner la valeur que va prendre chaque facteur, on doit choisir une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose, le tableau IV.3 illustre quelques cas qui sont les plus rencontrés dans le domaine industriel.

Tableau IV.3. Différent types de conducteurs, mode de pose et la lettre de sélection [4].

Type d'élément conducteur	Mode de pose	Lettre de sélection
Conducteurs et câbles multiconducteur	- sous conduit, profilé ou goulotte, apparent ou encastré - sous vide de construction, faux plafond - sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	B
	- en apparent contre mur ou plafond - sur chemin de câble ou tablettes mon perforées	C
Câbles multiconducteurs	- sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforé - fixé en apparent, espacés de la paroi - câbles suspendus	E
Câbles monoconducteur	- sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforé - fixé en apparent, espacés de la paroi - câbles suspendus	F

Pour le dimensionnement des sections de nos conducteurs, on choisira le type E avec un mode de pose fixé en apparent.

a- Facteur qui prend en compte le mode de pose K_1

On le détermine selon le tableau IV.4 qui représente les différentes valeurs de K_1 selon la lettre de sélection.

Tableau IV.4. Facteur K_1 [4].

Lettre de sélection	Cas d'installation	K_1
B	- câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	- conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	- câbles multiconducteurs	0,90
	- vide de construction et caniveaux	0,95
C	- sous plafond	0,95
B, C, E, F	- autres cas	1

Selon le mode de pose des conducteurs et leurs isolations, on déterminera le facteur K_1 mais à défaut de précision comme dans notre cas, nous prenons $K_1=1$.

b- Facteur qui prend en compte l'influence des circuits placés côte à côte K_2

Dans notre cas, on essaie toujours de séparer le câblage des circuits de commande de ceux de la puissance, afin de limiter l'influence des courants transportés dans les conducteurs les uns contre les autres.

Tableau IV.5. Facteur K_2 [4].

Lettre de sélection	Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
B, C	encastré ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45
C	simple couche sur les murs ou sur les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78

Dans notre cas on prend $K_2 = 0.80$

c- Facteur qui prend en compte la température et la nature de l'isolant K_3

Il est déterminé en fonction du type d'isolant et de la température à partir du tableau IV.6.

Tableau IV.6. Facteur K_3 [4].

température ambiante en °C	Nature de l'isolant		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55		0,61	0,76
60		0,50	0,71

On supposera que la température peut atteindre 35°C avec la ventilation et que l'isolation des conducteurs est en caoutchouc, ce qui nous permet de prendre $K_3 = 0.93$. Ainsi l'équation IV.6 nous permet d'obtenir $K = 0.75$ d'où le courant admissible dans la canalisation en fonction des influences extérieures :

$$I'_z = 106.66 \text{ A}$$

En tenant compte du courant I'_z , la lettre de sélection, la nature de l'isolation, la matière des conducteurs ainsi que le nombre des conducteurs chargés, on détermine la section exacte ou approchée des conducteurs grâce à un tableau des grandeurs standard IV.7 utilisé dans le domaine industriel.

Tableau IV.7. Tableau de détermination des sections des conducteurs [4].

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
Lettre de sélection	B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2			
	C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2		
	E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
	F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
Section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1083	
630					855	1005	1088		1254	
Section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
	400					526	600	663		740
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

Ainsi, la section nominale des conducteurs en cuivre de la canalisation est de 35mm².

IV.3. Vérification de la section des conducteurs

Elle est vérifiée en fonction du courant admissible, de la nature du réseau et de la longueur du câble. La norme C 15-100 limite les valeurs de chutes de tension admissibles selon le type du réseau et la nature du récepteur (Tableau IV.8).

Tableau IV.8. Chutes de tension admissibles

	Eclairage	Autres usages
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3 %	5 %
Alimentation propriétaire de son poste HTA / BT	6 %	8 %

IV.3.1. Calcul de la chute de tension

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

L : longueur de la ligne en (m)

ρ : Résistivité : pour le cuivre $0.0225 \Omega \text{mm}^2 / \text{m}$;

Pour l'aluminium $0.0360 \Omega \text{mm}^2 / \text{m}$;

S : section des conducteurs en mm^2 ;

X : réactance linéique des conducteurs ;

Leur moyenne : $0.08 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{m}$ pour les câbles multipolaires ;

$0.12 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{m}$ pour les câbles unipolaires ;

$0.15 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{m}$ pour les jeux de barres ;

I_B : courant d'emploi en (A)

Dans notre cas nos conducteurs sont en cuivre et de 25m de longueur.

$$R = 0.0225 \frac{25}{35} = 0.016 \Omega$$

$$X = 0.08 * 10^{-3} * 25 = 0.002 \Omega$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * (R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \sqrt{3} * 61.85 * (0.016 * 0.87 + 0.002 * 0.49) = 1.59 \text{ V}$$

$$\Delta U = 1.59V$$

$$\Delta U (\%) = 100 * \frac{\Delta U}{U_n} = 100 * \frac{1.59}{380} = 0.41\%$$

$$\Delta U (\%) = 0.41\%$$

La chute de tension est inférieure à 5%, la section retenue sera donc $S = 35\text{mm}^2$.

Les différentes sections des conducteurs à utiliser pour les circuits de puissance sont données dans le tableau IV.9.

Tableau IV.9. Différentes sections des conducteurs à utiliser

	Moteur principal	Moteur de lubrification	Moteur de sécurité hydraulique	Moteur de réglage du coulisseau	
Pu (kW)	37	1.5	1.1	5.5	
a	1.29	1.60	1.55	1.35	
I _{abs} (A)	72.60	3.65	2.59	11.31	
I _B (A)	61.85	3.11	2.21	9.62	
I _r (A)	80	4	4	14	
Type de protection	Disjoncteur	Disjoncteur	Disjoncteur	Disjoncteur	
I _z (A)	80	4	4	14	
K1	1	1	1	1	
K2	0.80	0.80	0.80	0.80	
K3	0.93	0.93	0.93	0.93	
K	0.75	0.75	0.75	0,75	
I' _z (A)	106.66	5.33	5.33	18.66	
S _{min} (mm ²)	35	1.5	1.5	2.5	
ΔU	(V)	1.59	1.58	1.25	3.13
	(%)	0.41	0.41	0.33	0.82

Le courant d'emploi total est tel que :

$$I_{B \text{ total}} = 2.21 + 3.11 + 61.85 + 9.62 = 76.79 \text{ A}$$

$$I_{r \text{ total}} = 80 \text{ A}; I'_z (\text{A}) = 106.66 \text{ A}, S = 35 \text{ mm}^2$$

Notons que $I_{r \text{ total}}$ est le courant de réglage du disjoncteur principal et S la section des câbles du disjoncteur principal.

IV.4. Calcul du courant de court-circuit (I_{cc})

Le principe de la méthode estime que le courant maximum de court-circuit en tout point est exprimé par la formule :

$$I_{cc} = \frac{m \cdot c \cdot u}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad (\text{IV.7})$$

Avec

- $R_t = R_1 + R_2$
- $X_t = X_1 + X_2$
- U : la tension de réseau utilisé
- m : facteur de charge à vide qui égal à 1.05
- C : facteur de tension qui égal à 1.05

[4]

Le tableau IV.10 donne les formules utilisées pour la détermination des résistances et des réactances des parties d'une installation électrique de manière générale.

Tableau IV.10. Formules utilisées pour la détermination des résistances et des réactances des parties d'une installation électrique

Partie de l'installation	Résistances en (mΩ)	Réactances en (mΩ)
Liaisons		
Câble	$R = \frac{\rho l}{s}$	$X = 0.09 * L$ (câble uni-jointifs) $X = 0.08.L 10^{-3} \Omega$ (câbles multipolaires)
Jeux de barre ou répartiteur	$R = \frac{\rho l}{s}$	$X = 0.15 * L$
Disjoncteur		
Rapide ou sélectif	R négligeable	X négligeable

Après avoir calculé les différentes résistances et les réactances des lignes, nous avons calculé les courants de court-circuit susceptibles de se produire au niveau des différents points de l'installation. Les valeurs des résistances, des réactances et des courants de court-circuit sont consignées dans le tableau IV.10.

Tableau IV.11. Valeurs des résistances, des réactances et des courants de court-circuit

Résistances m Ω	Réactances m Ω	Courants de court-circuit kA
$R_1 = 0.225$	$X_1 = 0.04$	$I_{CC1} = 761.27$
$R_2 = 0.0112$	$X_2 = 0.002$	$I_{CC2} = 27$
$R_3 = 0.22$	$X_3 = 0.002$	$I_{CC3} = 1.09$
$R_4 = 0.367$	$X_4 = 0.002$	$I_{CC4} = 0.65$
$R_5 = 0.367$	$X_5 = 0.002$	$I_{CC5} = 0.65$

IV.5. Choix des dispositifs de protection

La solution la plus courante pour l'alimentation des moteurs en toute sécurité (figure IV.2) est de type :

- Disjoncteur à moteur magnétique
- Contacteur
- Relais thermique

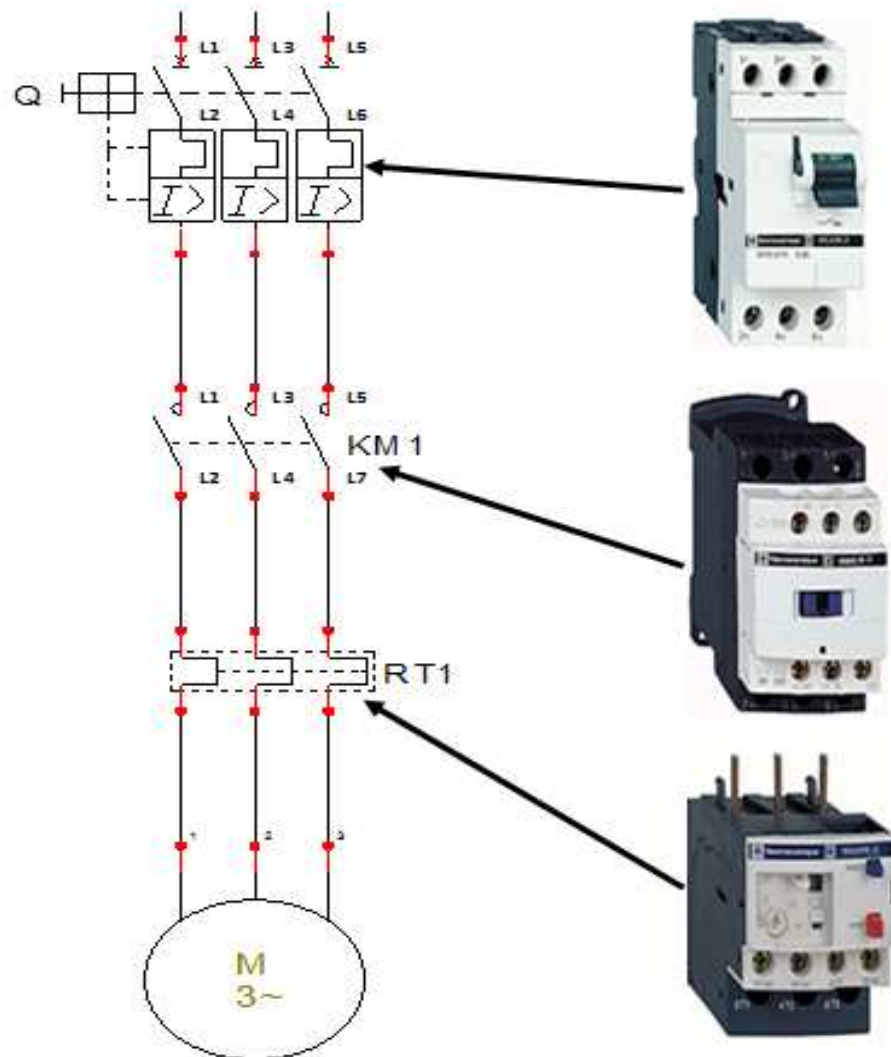



Figure IV.2. Alimentation d'un moteur asynchrone

IV.5.1. Choix des disjoncteurs

Le tableau IV.12 donne les différentes caractéristiques des disjoncteurs en fonction de la tension d'alimentation et de la puissance du moteur.

Tableau IV.12. Choix des disjoncteurs [5].



puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3									calibre de la protection magnétique (A)	courant de déclenchement $I_d \pm 20\%$ (A)	associer avec le relais thermique	référence
400/415 V			500 V			690 V						
P (kW)	I _{cu} (kA)	I _{cs} (t) (%)	P (kW)	I _{cu} (kA)	I _{cs} (t) (%)	P (kW)	I _{cu} (kA)	I _{cs} (t) (%)				
Commande par bouton tournant												
Raccordement par vis-étriers												
0,09	(3)	(3)	-	-	-	-	-	-	0,4	5	LRD 03	GV2 L03
0,12	(3)	(3)	-	-	-	0,37	(3)	(3)	0,63	8	LRD 04	GV2 L04
0,18	(3)	(3)	-	-	-	-	-	-	0,63	8	LRD 04	GV2 L04
-	-	-	-	-	-	0,55	(3)	(3)	1	13	LRD 05	GV2 L05
0,25	(3)	(3)	-	-	-	-	-	-	1	13	LRD 05	GV2 L05
-	-	-	-	-	-	0,75	(3)	(3)	1	13	LRD 06	GV2 L05
0,37	(3)	(3)	0,37	(3)	(3)	-	-	-	1	13	LRD 05	GV2 L05
0,55	(3)	(3)	0,55	(3)	(3)	1,1	(3)	(3)	1,6	22,5	LRD 06	GV2 L06
-	-	-	0,75	(3)	(3)	-	-	-	1,6	22,5	LRD 06	GV2 L06
0,75	(3)	(3)	1,1	(3)	(3)	1,5	4	100	2,5	33,5	LRD 07	GV2 L07
1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LRD 09	GV2 L08
1,5	(3)	(3)	1,5	(3)	(3)	3	4	100	4	51	LRD 08	GV2 L08
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LRD 08	GV2 L08
2,2	(3)	(3)	3	(3)	(3)	4	4	100	6,3	78	LRD 10	GV2 L10
3	(3)	(3)	4	10	100	5,5	4	100	10	138	LRD 12	GV2 L14
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LRD 14	GV2 L14
-	-	-	-	-	-	7,5	4	100	10	138	LRD 14	GV2 L14
-	-	-	-	-	-	9	4	100	14	170	LRD 16	GV2 L16
5,5	50	50	7,5	10	75	11	4	100	14	170	LRD 16	GV2 L16
7,5	50	50	9	10	75	15	4	100	18	223	LHD 21	GV2 L20
9	50	50	11	10	75	18,5	4	100	25	327	LRD 22	GV2 L22
11	50	50	15	10	75	-	-	-	25	327	LRD 22	GV2 L22
15	35	50	18,5	10	75	22	4	100	32	416	LRD 32	GV2 L32
Raccordement par connecteur Everlink®, à vis à 6 pans creux												
11	100	50	15	12	50	18,5	6	50	25 (2)	350	LRD 22	GV3 L25
15	100	50	18,5	12	50	22	6	50	32 (2)	448	LRD 32	GV3 L32
18,5	50	50	22	10	50	37	5	60	40 (2)	560	LRD 3355	GV3 L40
22	50	50	30	10	50	47	5	60	50 (2)	700	LRD 3357	GV3 L50
30	50	50	37	10	50	55	5	60	65 (2)	910	LRD 3359	GV3 L65
Raccordement par vis-étriers												
37	35	25	55	15	30	-	-	-	80 (2)	1040	LRD 3363	GK3 EF80
Raccordement par cosses fermées												
Pour commander ces disjoncteurs avec raccordement par cosses fermées, ajouter le chiffre 6 à la fin de la référence choisie ci-dessus. Exemple : GV2 L32 devient GV2 L326.												

IV.5.2. Choix des contacteurs

Le tableau IV.13 nous permet de choisir les contacteurs à associer aux différents moteurs en fonction de la puissance et de la tension.

Tableau IV.13. Choix du contacteur [5].

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3 ($\theta \leq 60^\circ\text{C}$)								courant assigné d'emploi en AC-3 jusqu'à A	contacts auxiliaires instantanés	référence de base à compléter par le repère de la tension (1) fixation (2)				
220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V	vis			ressort	tensions usuelles			
230 V	400 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V			~	=	BC			
								(3)						
2,2	4	4	4	5,5	5,5	5,5	9	→	LC1 D09** (4)	LC1 D09** (4)	B7	P7	BD	BL
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	7,5	12	→	LC1 D12** (4)	LC1 D123** (4)	B7	P7	BD	BL
4	7,5	9	9	10	10	10	18		LC1 D18** (4)	LC1 D183** (4)	B7	P7	BD	BL
5,5	11	11	11	15	15	15	25		LC1 D25** (4)	LC1 D253** (4)	B7	P7	BD	BL
7,5	15	15	15	18,5	18,5	18,5	32		LC1 D32** (4)	LC1 D323** (4)	B7	P7	BD	BL
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	38		LC1 D38** (4)	LC1 D383** (4)	B7	P7	BD	BL
11	10,5	22	22	22	30	22	40		LC1 D40** (4)		B7	P7	BD	
15	22	25	30	30	33	30	50		LC1 D50** (4)		B7	P7	BD	
18,5	30	37	37	37	37	37	65		LC1 D65**		B7	P7	BD	
22	37	45	45	55	45	45	80	→	LC1 D80**		B7	P7	BD	
25	45	45	45	55	45	45	95		LC1 D95**		B7	P7	BD	
30	55	59	59	75	80	75	115		LC1 D115**		B7	P7	BD	
40	75	80	80	90	100	90	150		LC1 D150**		B7	P7	BD	

(1) Tensions du circuit de commande préférentielles.							
Courant alternatif							
volts	24	48	115	230	400	440	500
LC1 D09... D150 (boîtes D115 et D150 antiparasitées d'origine)							
50/60 Hz	B7	E7	FE7	P7	V7	F7	
LC1 D40... D115							
50 Hz	B5	E5	FE5	P5	V5	F5	S5
60 Hz	B6	E6				F6	


Pour les moteurs dont les puissances sont de 1.1 kW et 1.5 kW, nous avons pris les références correspondant à un moteur de 4 kW, cette puissance étant la plus proche figurant sur le tableau.

IV.5.3. Choix des relais de protection thermique


Le tableau IV.14 permet de choisir les relais thermiques des différents moteurs. Ce choix stipule que le courant nominal de chaque moteur doit se trouver dans une plage de réglage se trouvant sur le tableau.

Tableau IV.14. Choix des relais thermiques selon les zones de réglages [5].


Lecture du tableau des relais de protection thermique



LRD 08**



LRD 21**



LRD 33**

Relais de protection thermique différentiels Triphasés à associer à des fusibles

- relais compensés à réarmement manuel ou automatique
- avec visualisation du déclenchement
- pour courant alternatif ou continu.

zone de réglage du relais (A)	fusibles à associer au relais choisi		pour association avec contacteur LC1	réf.
	aM (A)	gG (A)		
classe 10 A (I) avec raccordement par vis-étriers ou connecteurs				
0,10... 0,16	0,25	2	D09... D38	LRD 01
0,16... 0,25	0,5	2	D09... D38	LRD 02
0,25... 0,40	1	2	D09... D38	LRD 03
0,40... 0,63	1	2	D09... D38	LRD 04
0,63... 1	2	4	D09... D38	LRD 05
1... 1,6	2	4	D09... D38	LRD 06
1,6... 2,5	4	6	D09... D38	LRD 07
2,5... 4	6	10	D09... D38	LRD 08
4... 6	8	16	D09... D38	LRD 10
5,5... 8	12	20	D09... D38	LRD 12
7... 10	12	20	D09... D38	LRD 14
9... 13	16	25	D12... D38	LRD 16
12... 18	20	35	D18... D38	LRD 21
16... 24	25	50	D25... D38	LRD 22
23... 32	40	63	D25... D38	LRD 32
30... 38	40	80	D32 et D38	LRD 35
17... 25	25	50	D40... D95	LRD 3322
23... 32	40	63	D40... D95	LRD 3353
30... 40	40	100	D40... D95	LRD 3355
37... 50	63	100	D40... D95	LRD 3357
48... 65	63	100	D50... D95	LRD 3359
55... 70	80	125	D50... D95	LRD 3361
63... 80	80	125	D65... D95	LRD 3363
80... 104	100	160	D80 et D95	LRD 3365

La plage de réglage la mieux adaptée est de **63...80A**

Indication sur le type et la valeur des fusibles à choisir
80 A (aM)

Cette colonne nous indique que le relais de protection choisi doit se monter sous un contacteur dont la référence comporte les indications suivantes :
D65 jusqu'à D95

La référence de relais de protection thermique est donc :
LRD 3363

Le tableau IV.15. Résume les références des appareils de protection et de commande choisis pour les quatre moteurs de la presse.

Tableau IV.15. Références des appareils de protection et de commande

		Références			
Appareils	Disjoncteur	GK3 EF80	GV2 L08	GV2 L16	GV2 L08
	Contacteur	LC1 D150B5	LC1 D09B5	LC1 D25B5	LC1 D09B5
	Relais thermique	LRD 3363	LRD 08	LRD 16	LRD 08
Moteurs		Principal	De lubrification	De réglage du coulisseau	De Sécurité hydraulique

La figure IV.3 résume l'emplacement des différentes protections et des courants de court-circuit.

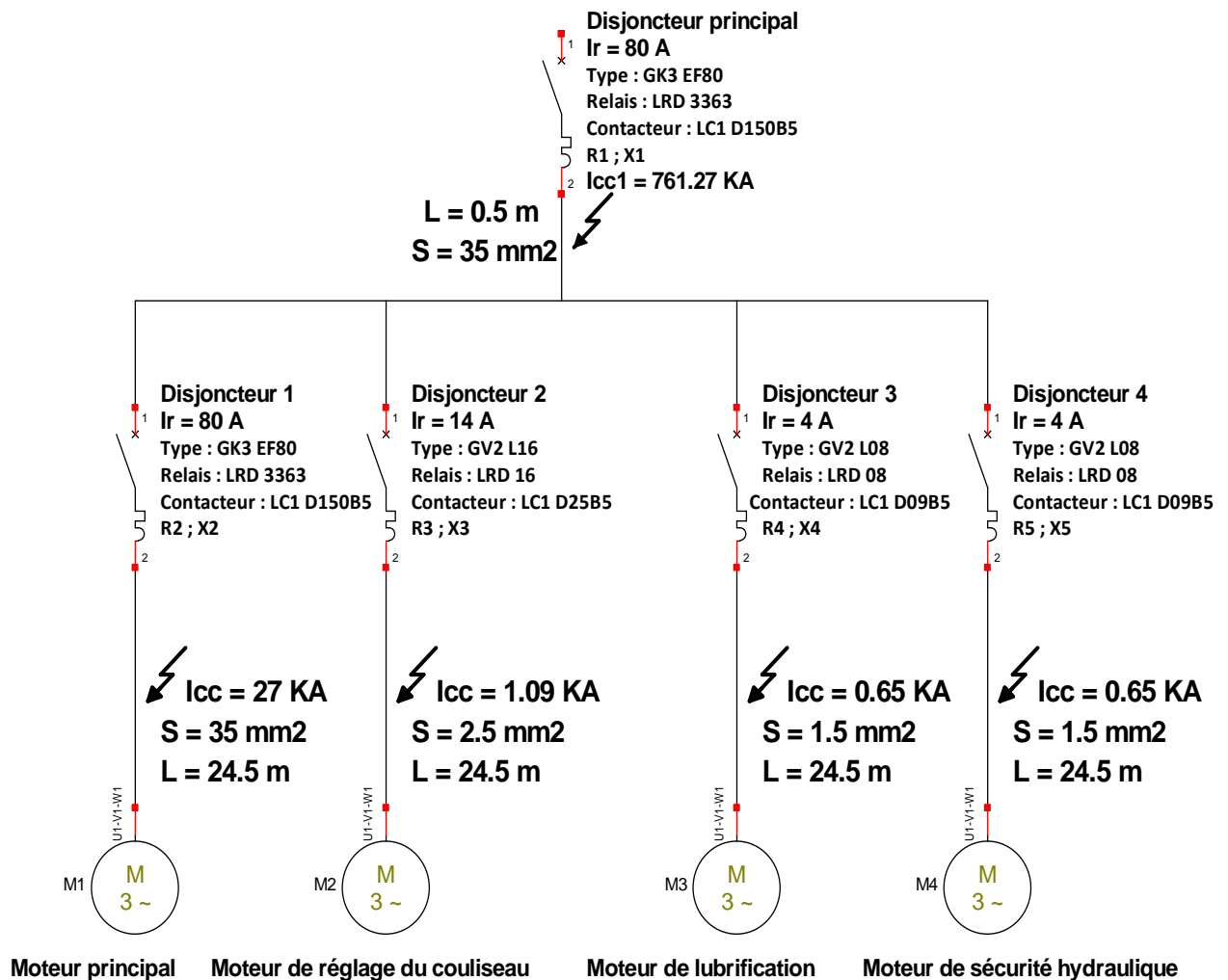


Figure IV.3. Emplacement des disjoncteurs et des courants de court-circuit

IV.6. Conclusion

Le choix des organes de protection ainsi que le dimensionnement des sections des conducteurs dépendent principalement de la puissance des moteurs et de leur tension d'alimentation. Le choix de ces organes est nécessaire pour la protection des moteurs contre les surcharges et les court-circuits.

Conclusion générale

Dans ce mémoire de fin d'étude nous avons traité un sujet proposé par l'unité de production des cuisinières « unité cuisson » de l'ENIEM. L'étude concerne la protection électrique des moteurs asynchrones d'une presse mécanique T200 2MATR ITEM 31A

L'étude que nous avons réalisée nous a permis de découvrir l'environnement industriel et de mettre en application nos connaissances acquises durant notre formation en électrotechnique industrielle. C'est ainsi que nous avons proposé une solution pour assurer le bon fonctionnement des quatre moteurs asynchrones associés au fonctionnement de la presse étudiée. Cette protection permettrait le fonctionnement des moteurs en toute sécurité loin des court-circuits et d'éventuels échauffements.

Références bibliographiques

- [1] Manuel de la presse, « ITEM 31-A 2MATR, Manzoni presse » documentation interne de l'ENIEM.
- [2] R. Bourgois, D. Cogniel « les moteurs électriques et les commandes associées » Paris : Casteilla, 2012
- [3] H. Ney, « Schémas d'électrotechnique » Paris : Nathan, 2002.
- [4] Guide de conception des réseaux électriques industriels, Schneider Electric.
- [5] Catalogue départ moteur SCHNEIDER ELECTRIC, année 2001(Pdf).