

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
GENIE MECANIQUE

PROJET

DE

FIN D'ETUDES

soumis comme condition partielle à l'obtention
du diplôme d'ingenieur

TITRE: OPTIMISATION DE LA

COMMANDE ET DU CONTROLE DU

BROYEUR UNIDAN3 DE LA

SOCOCIM-INDUSTRIES



ecole polytechnique
de thies

Presenté par: BABA DIANKHA

Directeur: PIERRE MARKON professeur à L'E.P.T

Codirecteur: A.DIOUF ing. SOCOCIM-INDUSTRIES

JUIN 1985

A
mon père,
ma mère,
et mon frère défunt.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout d'abord le Directeur d'Exploitation de la SOCOCIM-INDUSTRIES d'avoir accepté de proposer ce sujet de projet de fin d'études dans le but de participer à la formation scientifique et technique des étudiants de l'Ecole Polytechnique.

Je remercie également mon Directeur de projet, en l'occurrence M^r Pierre Markon, professeur d'électricité à L'E.P.T. de sa disponibilité et des suggestions qui m'ont permis de mener cette étude dans de bonnes conditions.

Je remercie M^r Alioune Diouf, ingénieur électricien pour le parrainage, et pour sa disponibilité.

Mes remerciements vont également à tous les travailleurs de la SOCOCIM-INDUSTRIES pour leur disponibilité et les moyens apportés.

J'adresse mes derniers remerciements aux autorités de l'Ecole Polytechnique, à mes collègues étudiants et à tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à cette étude.

SOMMAIRE

L'optimisation de la commande et du contrôle du broyeur UNIDAN 3 de la SOCOIM-INDUSTRIES vise le fonctionnement efficace des machines de l'atelier de ciment. L'implantation rationnelle du tableau de commande à laquelle s'ajoute une bonne protection des moteurs électriques, assurent la performance du contrôle et de la surveillance des moteurs. Ils permettent également d'accroître la durée de vie de l'équipement.

Le développement actuel des appareillages électrotechniques a permis de réaliser une bonne protection des moteurs électriques. Avec les techniques d'implantation rationnelle (S.L.P) nous avons établi l'emplacement du tableau de commande. Une description succincte des appareils choisis et des travaux à faire facilitera la réalisation du projet.

A travers cette étude, nous avons essayé de réaliser la commande de la séquence d'asservissement de l'atelier de broyage du ciment selon les critères définis par l'entreprise, tout en tenant compte des normes et recommandations des constructeurs d'appareils électriques.

Tableau des matières

Remerciements	i
Sommaire	ii
Table des matières	iii
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vi
Introduction	1
Etude préliminaire	
I - Commande et protection des moteurs	4
1 - protection du personnel	4
2 - protection du réseau par rapport au moteur	6
3 - protection contre l'échauffement exagéré	8
Réalisation	
II Elaboration de la commande	15
1 - aperçu schématique sur la production du ciment	15
2 - critères de design	17
3 - Calcul de la section des câbles	21
4 - choix de l'équipement	31
III. Devis technique	
1 - appareillage électrique	43
2 - implantation détaillée de la salle de contrôle	44
3 - Construction du pupitre de commande	45
4 - Estimation du prix de l'équipement	46

Conclusion	49
Recommandations	50
Références et bibliographie	51
Annexe	
A.1. Principe et fonctionnement des appareils de protection et de commande	53
1. Les fusibles	53
2. Les relais thermiques	59
3. Les relais ampèremétriques	63
4. Les thermo-sondes	64
5. Les contacteurs	67
6. Les sectionneurs	71
7. Les relais de temporisation	72
8. Les contrôleurs de rotation	74
9. Autres organes de commande	75
A.2. Démarrages de moteurs	76
a) démarrage direct	76
b) démarrage automatique par résistances rotoriques	77
A.3. Principe des électro-aimants	84
A.4. Théorie des asservissements	87
A.5. Analyse séquentielle	90
1. notion de logique binaire	90
2. notion de phase	92

LISTE DES FIGURES

	Page
I.1. Diagramme schématique de commande et de contrôle	5
I.2. Diagramme synoptique de commande	7
I.3. Courbes de vieillissement d'isolants	10
I.4. Marche en monophasé	12
II.1. Schéma synoptique du broyeur UNIDAN 3	16
II.2. Diagramme d'asservissement	20
A.1.1 Temps de fusion de certains fusibles gI	57
A.1.2 Pouvoir de limitation de quelques fusibles	57
A.1.3 Courbes de fonctionnement des fusibles aM.	58
A.1.4. Principes des bilames utilisées dans les relais thermiques	62
A.1.5 Courbes de réponse d'une bilame	62
A.1.6 coupe schématique d'une thermo. sonde	66
A.1.7 schéma de principe d'un contacteur	70
A.1.8 schéma de réalisation d'un contact temporisé	73
A.2.1 Caractéristique de démarrage d'un moteur	81
A.2.2 schéma électrique d'un moteur asynchrone à rotor bobiné.	82
A.2.3 Caractéristique couple/vitesse d'un moteur à rotor bobiné	83
A.2.4. Caractéristique Intensité/vitesse d'un moteur à rotor bobiné.	83

LISTE DES TABLEAUX

	page
II.1 Facteurs de correction pour la température	24
II.2 Facteurs de correction pour pose sur chemin de câbles	24
II.3 Facteurs de correction pour pose dans des conduits	24
II.4 Températures admissibles des isolants	24
II.5, II.6 choix des courants admissibles	25
II.8 caractéristiques des différents moteurs	29
II.9 Section des câbles	30
II.10 choix de l'appareillage	31
III.1 Estimation des prix	47

INTRODUCTION

Cette étude nous a été proposée par le Directeur d'Exploitation de la SOCOIM-INDUSTRIES. Elle vise l'optimisation de la commande et du contrôle du broyeur UNIDAN 3.

Le processus d'élaboration du ciment comporte cinq ateliers:

- Le concassage ;
- L'homogénéisation ;
- La ligne de cuisson ;
- Le ciment ;
- et l'ensachage-expédition .

A la suite de l'implantation de la nouvelle usine de 800.000T/an, la SOCOIM-INDUSTRIES dispose de deux ateliers de ciment. L'ancien est actuellement affecté à la production de ciment laitier pour la construction des barrages.

Les pupitres de commande de ces deux ateliers se trouvent actuellement séparés. On se propose de les réunir, et d'améliorer la protection des moteurs pour accroître leur durée de vie et améliorer les performances des machines.

Dans l'atelier de ciment, le processus d'élaboration du ciment comprend le dosage du clinker, du gypse et du laitier. Le mélange obtenu est broyé pour donner le ciment qui sera ensuite stocké dans des silos.

Le déroulement est continu. Les opérations sont ainsi effectuées par

des machines distinctes mais suivant une séquence préalable. Les moteurs entraînant ces machines fonctionnent ainsi en mode asservi, de sorte que le fonctionnement d'un moteur commande le fonctionnement du moteur suivant dans la séquence. De même, l'arrêt accidentel ou désiré d'un moteur doit être suivi de l'arrêt du moteur suivant, jusqu'à l'arrêt total de toute la séquence.

La protection de chacun des moteurs permet ainsi de révéler chaque défaut et d'arrêter tout le système. Cette protection est réalisée grâce à des relais électromagnétiques qui ont connu des évolutions leur assurant une grande sensibilité et une bonne fidélité.

ETUDE
PRELIMINAIRE

I - COMMANDE ET PROTECTION DES MOTEURS

La commande industrielle désigne l'ensemble des méthodes qui permettent de contrôler les performances d'un appareil électrique, d'une machine ou d'un système. La commande industrielle des moteurs assure la protection du personnel et de l'équipement.

1. - Protection du personnel

Les règles d'installation NFC 15100 des moteurs interdisent le démarrage automatique après manque de tension à cause des dangers qu'il engendre. Lorsque le moteur s'arrête accidentellement par exemple en cas de panne du réseau, il ne doit pas pouvoir se remettre en route seul, même si l'opérateur n'a pas eu le temps, ou n'a pas pensé, de remettre le dispositif de commande en position ARRÊT. Seule la commande par contacteur commandé lui-même par deux boutons-poussoirs à impulsion et muni d'un contact d'auto-alimentation répond à cette exigence.

Alors qu'un contacteur manuel reste en position MARCHÉ en cas de coupure accidentelle de courant, et renvoie imperturbablement celui-ci en aval, dès qu'il revient en amont, regardons comment fonctionne un contacteur automatique.

Tel que désigné figure I.1, l'appareil est en position d'arrêt. Pour lancer le moteur, l'opérateur donne une impulsion sur le bouton MARCHÉ, et, ce faisant, ferme le circuit auxiliaire. La bobine A du contacteur mise sous tension appelle l'armature et ferme

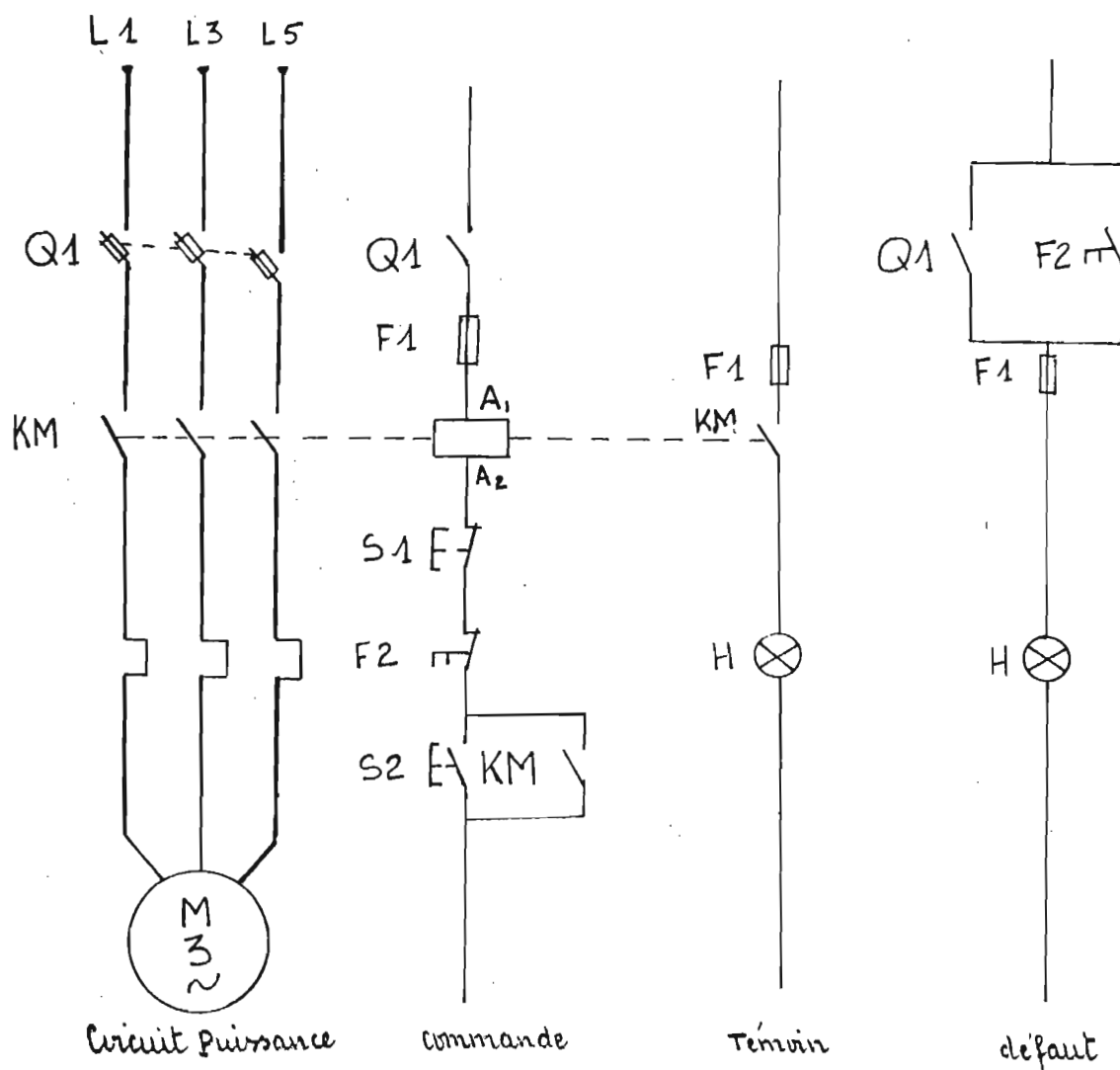


FIGURE : I.1 . Diagramme schématique de commande et de contrôle

- L1 , L3 , L5 : lignes du réseau
 Q1 : sectionneur porte fusibles
 KM : Contacteur tripolaire
 F2 : Relais de protection thermique
 F1 : Fusibles
 S2 : Bouton-poussoir Marche
 S1 : Bouton-poussoir Arrêt
 H : voyant lumineux .

le circuit puissance par le jeu des contacts KM. En même temps, elle ferme le relais auxiliaire KM, contact de réalimentation qui se substitue au bouton-poussoir MARCHE pour l'alimentation de la bobine A. L'opérateur peut lâcher le bouton-poussoir, le contacteur restera enclenché.

Pour stopper le moteur, il faut appuyer sur le bouton ARRÊT ce qui coupe l'alimentation, à la fois de la bobine A et du contact de réalimentation.

Supposons maintenant que, par suite d'une panne, le réseau ne produise plus de tension. Immédiatement, la bobine non excitée, cessera de jouer son rôle de maintien du contacteur, ce dernier s'ouvrira mettant le moteur hors-circuit. En même temps va, s'ouvrir le contact auxiliaire et rien ne se passera si le courant revient. Seule une nouvelle impulsion sur le bouton MARCHE pourra fermer le contacteur.

En plus de cette sécurité, le contacteur automatique assure la commande à distance et les asservissements. Les figures I.1 et I.2 illustrent les diverses composantes d'une commande de moteur.

2.- Protection du réseau par rapport au moteur.

Un court-circuit d'un moteur ne devrait avoir des suites sur le matériel placé en amont tels que l'appareillage de commande, autres moteurs, secondaire du transformateur, etc... Le courant considérable appelé sur le réseau en cas de court-circuit traverse le contacteur. Cet appel de courant génère une chute de

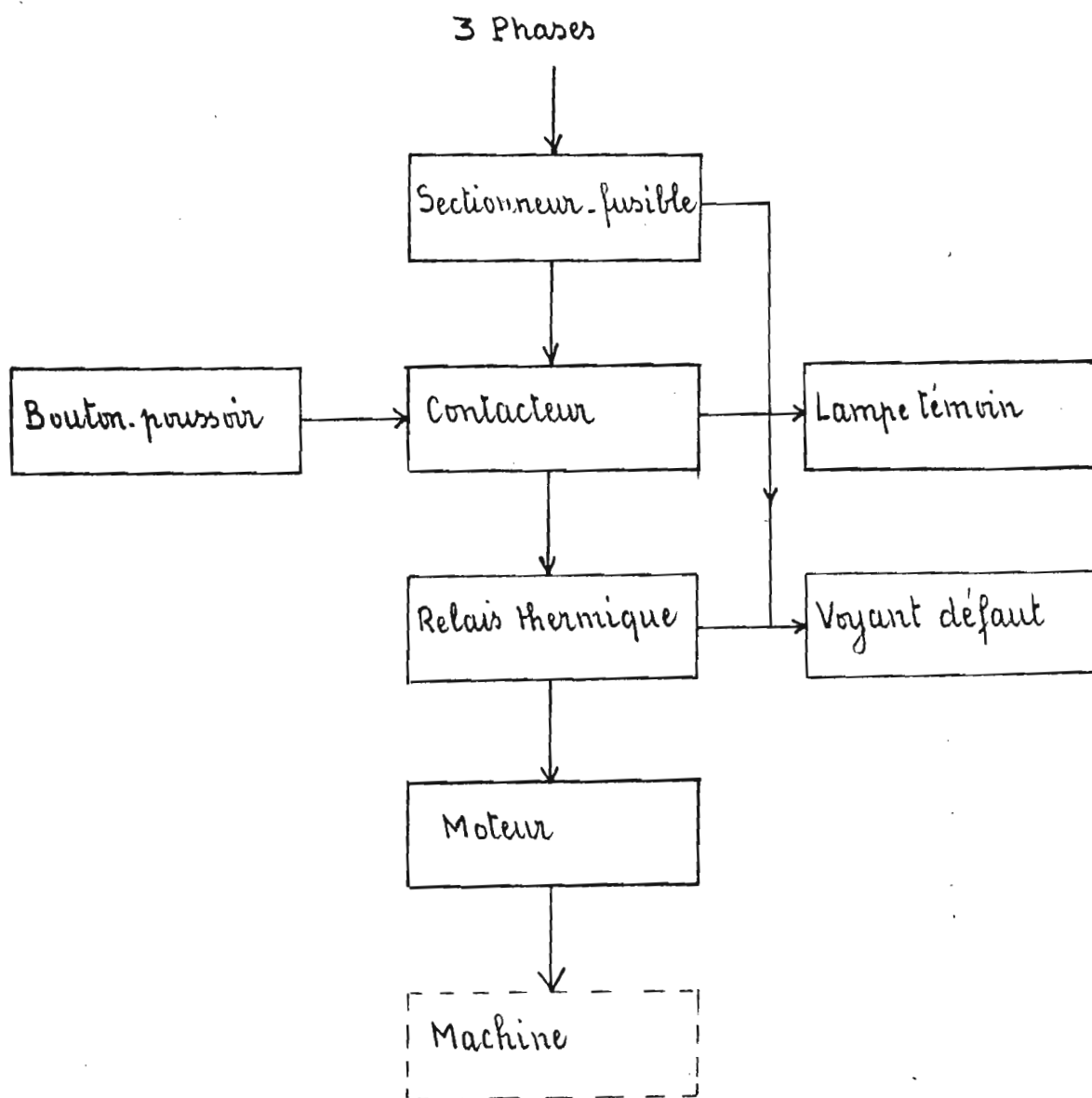


FIGURE I.2 : Diagramme synoptique de commande
(Les flèches indiquent la direction de la puissance)

tension de façon que le contacteur n'exerce plus de pression sur ses contacts, au moment même où ceux-ci sont traversés par un courant hors de proportion avec leur dimensionnement. Si cette intensité n'est pas immédiatement interrompue par un organe approprié, elle va irrémédiablement conduire à la destruction du contacteur relatif au moteur.

De graves perturbations seront également introduites dans le fonctionnement des appareils et machines placés en amont, jusqu'au transformateur lui-même et, aucun système de protection n'est valable s'il ne prémunit pas le réseau contre ce risque.

Les organes élémentaires qui sont chargés d'assurer cette protection sont les fusibles, les déclencheurs et les relais ampèremétriques.

3.- Protection contre l'échauffement exagéré

Les surcharges d'un moteur sont d'origine mécanique, et touchent la machine entraînée ou le moteur lui-même.

La surintensité qui en résulte risque de dégrader l'isolement des enroulements du moteur, et de provoquer le vieillissement prématuré des isolants. En effet, sous l'action de la chaleur, les isolants perdent peu à peu leur souplesse initiale et se détériorent en raison des efforts électrodynamiques et des vibrations auxquels ils sont soumis. Cela se traduit par une diminution de leur qualité diélectrique d'autant plus

rapidement qu'ils sont soumis à une température élevée.

La figure 1 3 donne les courbes de vieillissement moyen en fonction des températures de travail, et des matériaux isolants.

On peut voir l'intérêt que l'utilisateur trouve d'éviter qu'un moteur travaille à une température supérieure à celle pour laquelle il a été conçu. Or, les causes d'échauffement exagéré sont nombreuses. La plus fréquente est le manque de tension, bien plus dangereux qu'un excès. En effet, si la tension d'alimentation d'un moteur baisse de 10%, par exemple, il continuera à fournir la puissance qui lui est demandée au prix d'une surintensité de 10% et des pertes internes supérieures notamment dans le rotor, puisque son couple ayant diminué, il glissera davantage. Certes les pertes fer sont réduites, mais les pertes cuivre qui sont proportionnelles au carré de l'intensité, seront accrues de 20%, et, les pertes totales augmenteront finalement de 15% environ, d'où un échauffement.

$$\text{Pertes Joule: } P_J = \frac{3}{2} Ra I^2 = KI^2 \quad [2]$$

Ra = résistance mesurée entre bornes.

$$\text{Si on a } (I_1 - I_2) / I_1 = 10\%$$

$$\text{et que } P_{J1} = KI_1^2$$

$$P_{J2} = KI_2^2$$

$$(P_1 - P_2) / P_1 = K(I_1^2 - I_2^2) / KI_1^2$$

$$(P_1 - P_2) / P_1 = (I_1 + I_2) / I_1 \times (I_1 - I_2) / I_1$$

$$(P_1 - P_2) / P_1 \approx 2 \times 10\% = 20\%$$

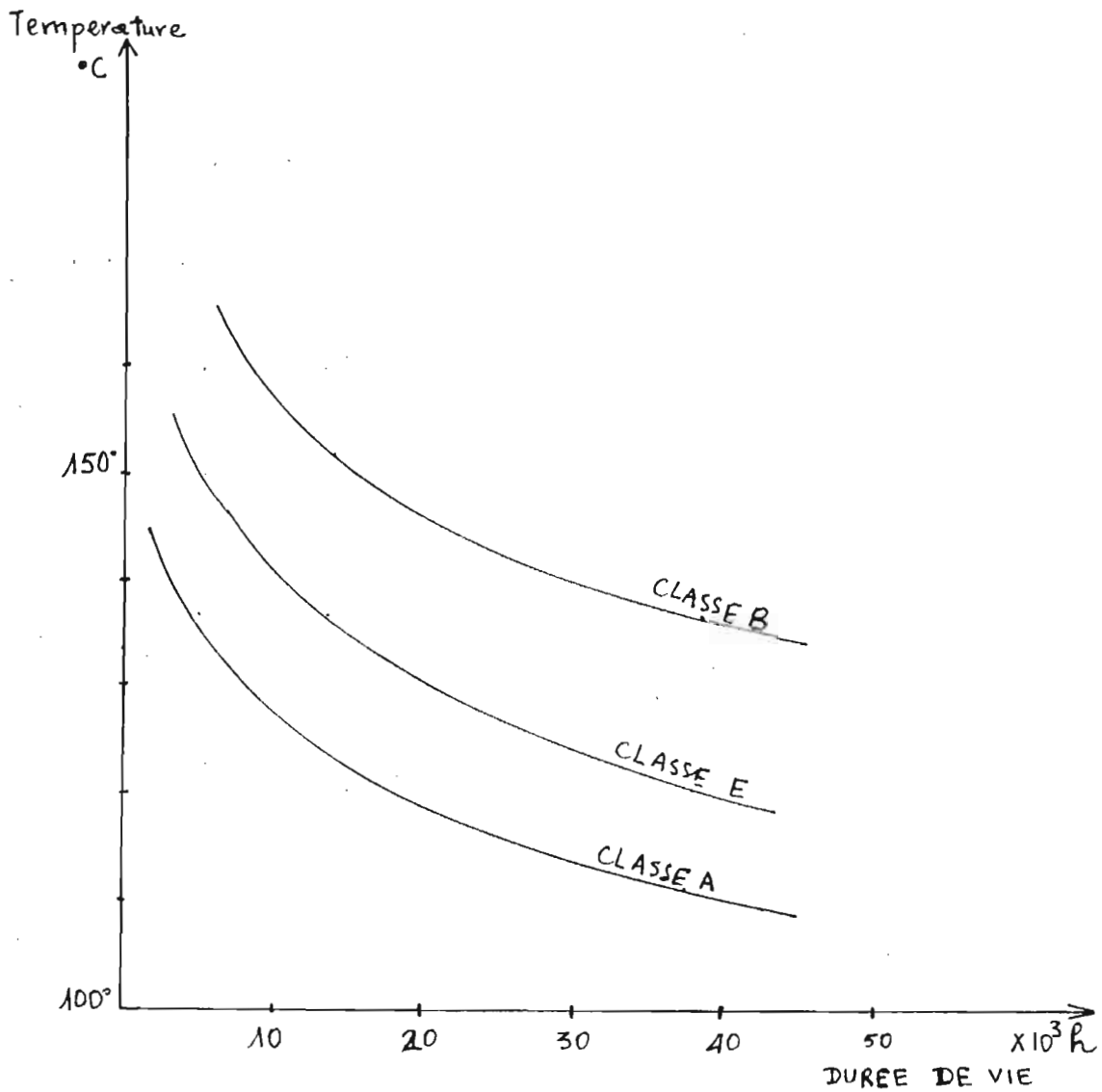


FIGURE I. 3. Courbes de vieillissement d'isolants en fonction de leur température moyenne de travail [2]

- classe A : matériaux organiques imprégnés d'huile
- classe B : produit à base de mica, amiante, fibres de verre
- classe E : composés d'émaux aux résines, formol, polyvinyle, polyesters

note: Pertes fer: $P_F = k_F (f B_m)^2$

La seconde cause d'échauffement exagéré des moteurs est la surcharge mécanique. Si un moteur dimensionné pour fournir un couple nominal C_n est obligé en réalité, de fournir un couple C_r supérieur à C_n , il continuera de tourner, mais son glissement ayant augmenté, ses pertes rotoriques seront plus fortes, de même que ses pertes statoriques puisque l'excès de puissance fournie se traduit par un surcroît d'intensité absorbée. Une surcharge mécanique se traduit par un échauffement supplémentaire double.

La troisième cause d'échauffement exagéré des moteurs électriques triphasés, est leur marche accidentelle en monophasé absolue ou relative. La figure I-4 montre deux moteurs A et B, A étant couplé en étoile, B en triangle. Sur le réseau d'alimentation s'est produit un accident, telle que la fusion d'un fusible, de telle sorte que la phase Z est interrompue, X et Y continuant à délivrer leur tension normale. La phase 1 du moteur A est hors service, tandis que les phases 2 et 3 fonctionnent, tout se passe comme si le moteur était branché sur un réseau monophasé. Pour pallier à la défaillance sur la phase 1 et continuer à fournir sa puissance, le moteur absorbe sur les deux phases en service, une surintensité très puissante. Dans le moteur B, l'intensité délivrée, par les phases X et Y du réseau, se partage entre les deux branches constituées, l'une par la phase 1 du moteur, l'autre par les phases 2 et 3

en série, mais la phase 1 sera, là aussi, le siège d'une très forte surintensité. Dans cet exemple, la marche en monophasé est absolue.

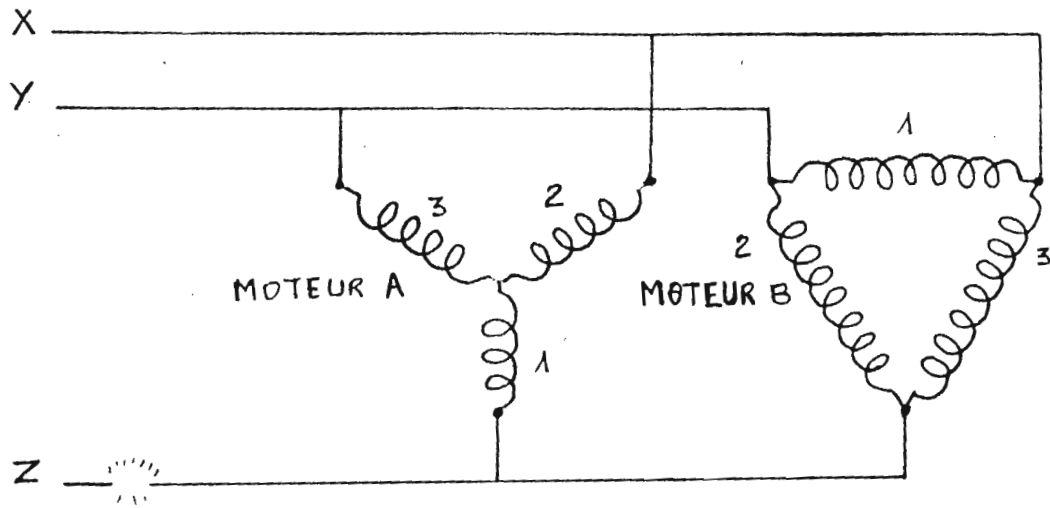


FIGURE I.4 [2]

En cas de marche en monophasé relative, une des phases du réseau ne fournit qu'une partie de sa tension nominale, par exemple en raison d'un déséquilibre causé par des alimentations monophasées mal équilibrées, et situées en amont du moteur. Le phénomène, moins visible n'en est pas moins dangereux pour la durée de vie des moteurs électriques.

Il existe encore d'autres causes de suréchauffement, telles que: démarrages trop fréquents ou trop longs, sources de chaleur rayonnant sur les moteurs, obturation des circuits de ventilation etc.

Les organes chargés d'assurer la protection des moteurs contre un échauffement dû à une surcharge sont:

- Les relais thermiques ;
- Les thermo-sondes.

Ils se combinent avec les fusibles ou les déclencheurs ampèremétriques pour assurer une protection des moteurs lorsque leur choix est judicieux.

II. - ELABORATION DE LA COMMANDE

II. 1 - Aperçu schématique sur la production du ciment

La fabrication du ciment comporte les opérations ci-après :
On concasse, mélange et broie en une fine poussière, une matière argileuse et une matière calcaire.

On maintient constante, dans les limites étroites, la composition du mélange. Le mélange passe ensuite dans des fours rotatifs, où il est chauffé progressivement jusqu'au point de clinkérisation.

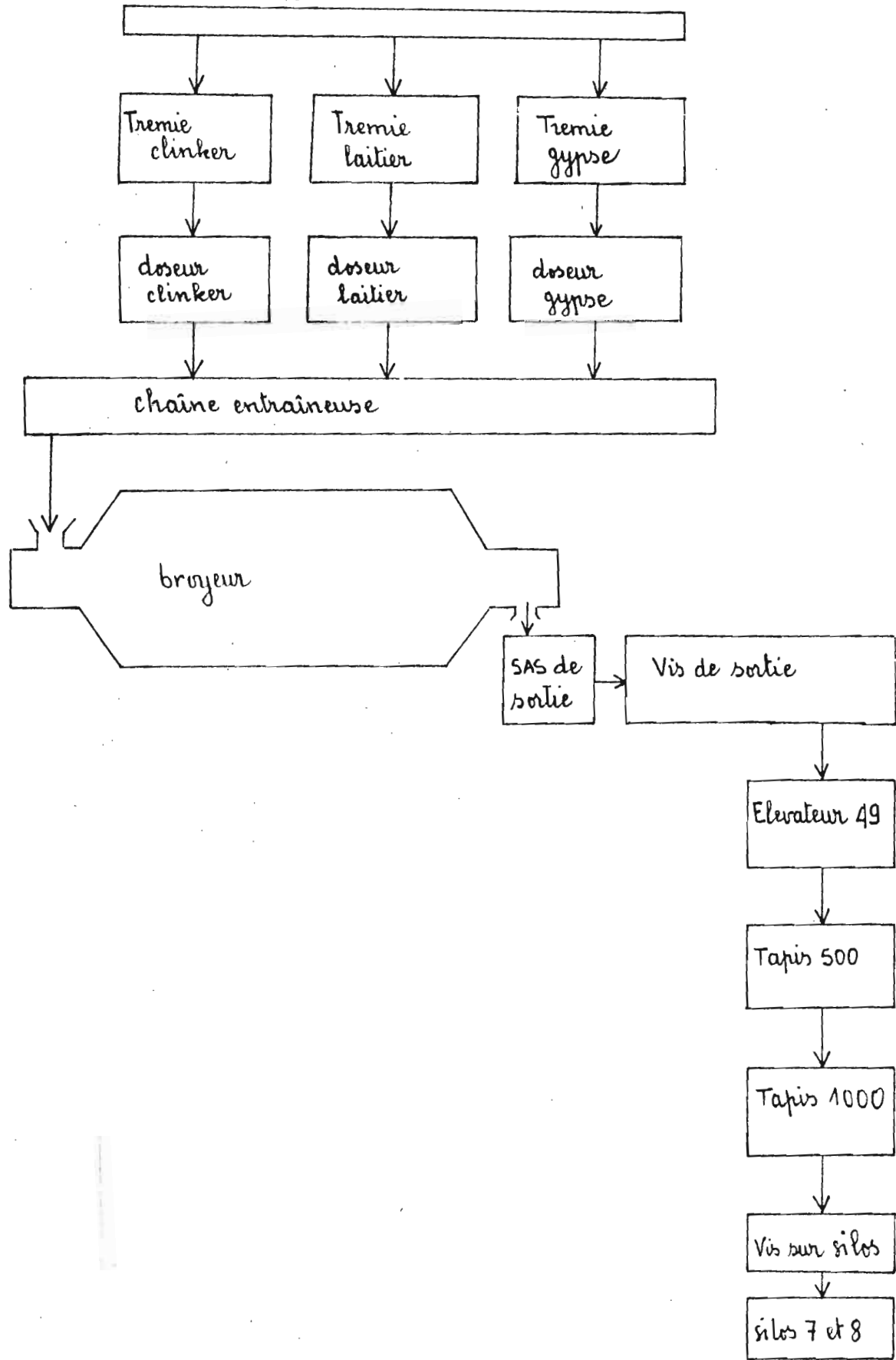
Le clinker obtenu est mélangé à une quantité soigneusement dosée de gypse et de laitier. Le mélange broyé en une fine poudre donne le ciment laitier qui sert à la construction des barrages.

Le ciment broyé est transporté dans des silos où il est conservé jusqu'à l'expédition.

L'atelier de ciment débute avec le dosage du mélange, et se termine à la mise en silos. C'est cette partie qui nous intéresse. Le diagramme synoptique est donné à la figure. II. 1

REALISATION

FIGURE II. 1 - schéma synoptique du broyeur UNIDAN 3
Ponts roulants



II.2 Critères de design

- Le démarrage des moteurs doit se faire sans charge pour éviter un appel de courant excessif; et éviter un couple de démarrage trop élevé pour engendrer des malaises mécaniques. De plus, le fonctionnement doit se faire suivant l'enchaînement des opérations. C'est pour satisfaire à ces deux exigences que le démarrage ou l'arrêt des moteurs se fait à partir de l'élément de queue de la synoptique pour aboutir à l'élément de tête.

- La commande d'un moteur par un autre moteur est assurée grâce à l'alimentation des bobines de commande avec les relais temporisés.

- L'établissement des schémas de commande de ces bobines est élaboré en deux étapes successives:

a) Alimentation de ces bobines à partir des organes de commande essentiels, qu'ils soient actionnés manuellement ou par relais, poussoirs avec ou sans auto-alimentation;

b) Le schéma est complété par l'adjonction dans les portions de circuits convenables de contacts qui assurent les sécurités, les verrouillages, ou qui participent à des commandes complémentaires.

La figure II.2 donne le diagramme d'asservissement qui illustre l'ordre de commande des différents moteurs.

- Une temporisation de 10 secondes est établie à l'aide de blocs additifs des contacteurs, pour assurer que chaque moteur

ait atteint sa vitesse normale avant de commander le moteur suivant. Cette temporisation évite un appel excessif de courant pouvant surcharger le réseau.

- Une signalisation Marche à la tête et à la queue de la séquence permet de visualiser le fonctionnement normal.

La marche est signalée par des voyants verts.

- Les contacts à ouverture des dispositifs de sécurité mettent sous tension des voyants rouges en cas de défauts. Ainsi l'opérateur peut localiser le défaut avant d'arrêter le système -

- L'arrêt total du système se fait par un bouton-poussoir de la tête de séquence. Chaque moteur dispose cependant d'un bouton-poussoir d'arrêt pour les urgences.

- La chaîne entraîneuse est commandée par le broyeur, mais elle peut arrêter ce dernier en cas de défaut d'alimentation. L'arrêt du broyeur par défaut d'alimentation ne doit se faire que si le défaut persiste pendant plus d'une minute.

- La mise en marche du broyeur est assujétie à certaines conditions préalables :

. Le positionnement normal du broyeur donné par le contact de fin de course ;

. Les protections du réducteur ;

. La circulation d'eau dans les paliers

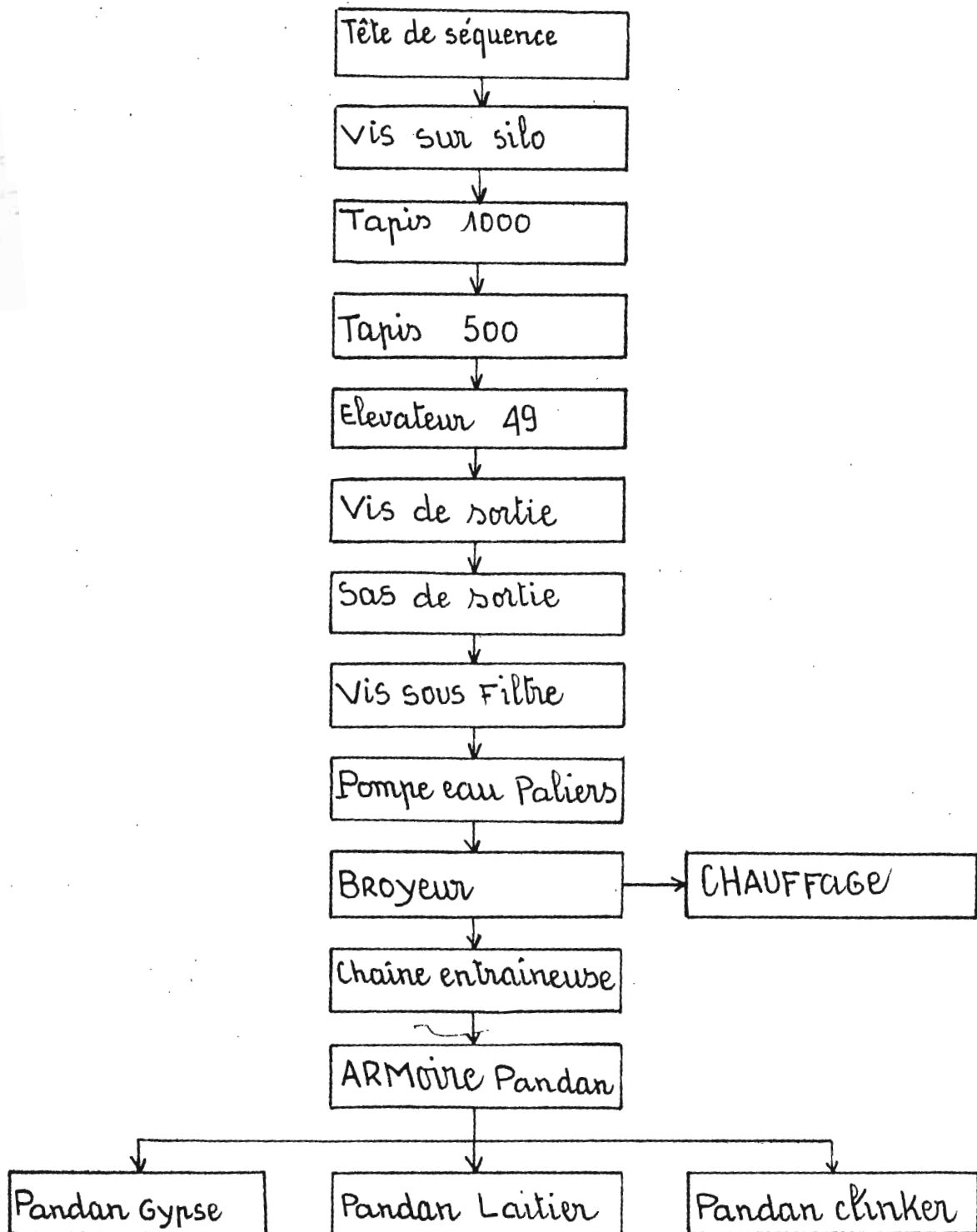
- La mise en marche du broyeur nécessite l'action sur le bouton-poussoir même en mode asservi.

- La marche en mode non asservi est prévue pour tous les moteurs.

- Le contrôle des deux broyeur devra se faire dans la même salle.
- Les travaux de maçonnerie, d'électricité, de tôlerie seront effectués par les services concernés de l'usine.



FIGURE II.2 Diagramme d'asservissement



II-3 Calcul de la section des câbles [5]

$$S \gg \text{Max} \{S_i, S_u, S_c\}$$

avec S_i = section due à l'intensité transitée.

S_u = section due à la chute de tension.

S_c = section due à l'intensité de court-circuit.

Procédure à suivre :

1-calcul de S_i

- déterminer l'intensité transitée: I_b
- choisir le calibre du fusible: I_n ($I_n \gg I_b$)
- choisir le mode de pose du câble et en déduire le facteur de déclassement f (Tableaux 1 à 4)
- calculer l'intensité admissible $I'_z = KI_n/f$
- choisir le câble à partir de I'_z (Tableau 5, 6)

2-calcul de S_u

- Estimer la chute de tension en V/A.km

$$\Delta U = \frac{U \cdot x}{1000 I_b}$$

$x\%$ = chute de tension admissible

U = tension nominale entre phases

l = longueur des câbles en km

- En déduire S'_u (Tableau 7)

On doit vérifier si une section S''_u inférieure à S'_u ne conviendrait pas.

- Calculer la température atteinte par le câble

$$\theta_c = \left(\frac{I_b}{I_a}\right)^2 (\theta_M - \theta_a) + \theta_a$$

θ_a = température ambiante.

θ_m = température admissible de l'âme.

I = intensité admissible pour S'' .

$I_a = I_f$: intensité admissible de S'' à la température θ_m .

- calculer la résistance à θ_e

$$R_{\theta_e} = R_{20} [1 + \alpha (\theta_e - 20)]$$

$$\alpha = 0,004$$

$$R_{20} = \rho_{20} \times \frac{l}{S''} \quad \rho_{20} = 1,8 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

- calculer la réactance

en triphasé : $X = 0,08 \Omega/\text{km}$ en BT

$X = 0,13 \Omega/\text{km}$ en MT

câble unipolaire : $X = 0,15 \Omega/\text{km}$

- calculer la chute de tension

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

- calculer $\frac{\Delta U}{U}$

Si $\frac{\Delta U}{U} < x$ on prend la section S'' , sinon la section à considérer sera la première calculée S'' .

3. Calcul de S_c

- choisir la plus grande valeur entre S_u et S_i .

- calculer la température normale du câble θ_e comme plus haut avec S_u .

- calculer l'échauffement supplémentaire :

$$\Delta \theta = \theta_{cc} - \theta_e$$

θ_{cc} = température maximale de l'âme en court-circuit.

- calculer la densité admissible de courant en court-circuit

$$j = K \sqrt{\frac{\Delta\theta}{t}}$$

où t = durée de court-circuit en secondes.

$K = 13$ pour le cuivre

$K = 8,5$ pour l'aluminium.

- calculer $S_c \rightarrow \frac{I_{cc}}{j}$

I_{cc} étant l'intensité de court-circuit

La section minimale à choisir sera la plus grande des valeurs entre S_i , S_u et S_c .

Choix des câbles et modes de Pose

Les câbles à choisir doivent avoir une enveloppe isolante en PRC avec une gaine de protection en PVC.

Les câbles doivent être dans des conduits encastrés à l'intérieur des constructions, et fixés par colliers à l'extérieur.

Tableau II.1

Facteurs de correction pour des températures ambiantes différentes de 30 °C à appliquer aux valeurs de courants admissibles

f₁

TEMPÉRATURES AMBIANTES °C	ISOLATION				
	Caoutchouc	Polychlorure de vinyle	Butyle éthylène propylène polyéthylène réticulé	Minéral	
				(a) accessible ou avec gaine PCV	(b) non accessible
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
10	1,25	1,22	1,17	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,13	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,07	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,95	0,91	0,98
40	0,82	0,87	0,90	0,85	0,96
45	0,71	0,73	0,85	0,76	0,94
50	0,58	0,71	0,84	0,66	0,92
55	—	0,61	0,74	0,59	0,87
60	—	0,50	0,67	0,46	0,84
65	—	—	0,70	—	0,82
70	—	—	0,52	—	0,81
75	—	—	0,43	—	0,72
80	—	—	—	—	0,61

Tableau II.2

Facteurs de correction pour pose jointive sur chemins de câbles ou tablettes

Facteurs de correction à appliquer aux valeurs des tableaux	NOMBRE DE CABLES (*)				
	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Disposition dans un plan horizontal	0,85	0,78	0,75	0,72	0,70
Disposition dans un plan vertical	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

f₂
f₃

(*) Une seule couche, aucun espacement entre les câbles (si $d < a < 2d \Rightarrow f_2 = f_3 = 0,9$)

Tableau II.3

Facteurs de correction pour pose jointive dans des conduits, alvéoles ou gouttières

Facteurs de correction à appliquer f ₄	NOMBRE DE CABLES MONO. OU TRI PHASES.											
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
	0,80	0,69	0,62	0,59	0,55	0,51	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,36

Tableau II.4 Température admissibles

Température	T _{ca}
60 °C pour le caoutchouc (C)	200
70 °C pour le polychlorure de vinyle (PCV)	160
85 °C pour le butyl (B)	120
85 °C pour le polyéthylène réticulé (PRC)	250
85 °C pour l'éthylène-propylène (EPR et FPT)	350
70 °C pour l'isolant minéral ou caoutchouc silicone, avec gaine en PCV ou gaine nue et accessible	
90 °C pour gaine nue et non accessible.	

Tableau II. T		T _{approx}		T _{approx}		T _{approx}		T _{approx}		T _{approx}		T _{approx}		T _{approx}		T _{approx}	
sur sol	sur sol	ext	massa	enterré	tablette	caniveau	chute tens	sur sol	ext	massa	enterré	tablette	caniveau	chute tens	sur sol	ext	massa
mm	mm	mm	kg/km	20 °C	30 °C	30 °C	cos φ 0,8 V.A/km	mm	mm	kg/km	20 °C	30 °C	30 °C	cos φ 0,8 V.A/km	mm	mm	kg/km
CUIVRE									ALUMINIUM								
1 x 25	20,1	27,1	1020	170	165	140	1,42										
1 x 35	23,7	27,7	1130	205	200	170	1,07	20,7	27,7	900	160	155	130	1,67			
1 x 50	21,5	28,5	1270	245	245	210	0,81	21,5	28,5	970	190	190	160	1,26			
1 x 70	23,2	30,2	1530	300	305	260	0,60	23,2	30,2	1100	235	235	200	0,90			
1 x 95	25	32	1850	360	375	320	0,46	25	32	1250	280	290	245	0,68			
1 x 120	26,4	33,4	2140	410	425	360	0,39	26,4	33,4	1380	320	330	280	0,56			
1 x 150	27,9	35,3	2490	460	485	410	0,33	27,9	35,3	1560	355	375	320	0,48			
1 x 185	29,7	37,1	2910	520	555	470	0,28	29,7	37,1	1750	405	430	365	0,40			
1 x 240	32,2	40,1	3600	600	655	560	0,24	32,2	40,1	2070	470	510	435	0,33			
1 x 300	34,8	42,8	4300	680	750	640	0,21	34,8	42,8	2380	530	590	500	0,28			
1 x 400	38,9	47,3	5350	770	870	740	0,19	38,9	47,3	2900	610	680	580	0,24			
1 x 500	43,1	50,1	6360	865	995	845	0,17	43,1	50,1	3250	690	790	670	0,21			
1 x 630	49,9	57,8	8190	980	1150	980	0,15	49,9	57,8	4060	790	930	790	0,18			

MODES DE POSE	ISOLATION	COLONNES DU TABLEAU			
		CAOUTCHOUC, POLY- CHLORURE DE VINYLE		BUTYL, P.E.C. STYRÈNE-PROPYLÈNE	
		3 AMPS	2 AMPS	3 AMPS	2 AMPS
A	Conduits apparents	2	3	4	5
B	Conduits encastrés	2	3	4	5
C	Mouleurs, plinthes	2	3	4	5
D	Fixation aux parois	(1) 4	5	6	7
		(2) 3	4	5	6
E	Fixation aux plafonds	(1) 4	5	6	7
		(2) 3	4	5	6
F	Chemins de câbles, tablettes	(1) 4	5	6	7
		(2) 3	4	5	6
G	Corbeaux	3	4	5	6
H	Goulottes	2	3	4	5
J	Gouttières	3	4	5	6
K	Gaines	2	3	4	5
L ₁	Conduits dans caniveaux ouverts	1	2	3	4
L ₂	Conduits dans caniveaux fermés	1	2	3	4
L ₃	Caniveaux ouverts	2	3	4	5
L ₄	Caniveaux fermés	2	3	4	5
L ₅	Caniveaux remplis de sable	(3)			
M	Vides de construction	2	3	4	5
N	Alvéoles	2	3	4	5
P	Blocs alvéolés	2	3	4	5
Q	Huisseries	(1) 3	4	5	6
		(2) 2	3	4	5
R	Encastrement direct	(3)			
S ₁	Enterré directement	} voir norme.			
S ₂	Enterré avec protection				
S ₃	Enterré dans fourreau				
T	Canalisations préfabriquées	(3)			
U	Sur isolateurs	(1) 2	3	4	5
		(2) 4	5	6	7
V	Lignes aériennes	5	6	7	8
W	Immergé	(3)			

- (1) Pour câbles unipolaires.
- (2) Pour câbles multipolaires.
- (3) A l'étude.

TABLEAU II.5. Choix des courants admissibles en fonction des modes de pose. Les chiffres indiquent les colonnes à utiliser dans le tableau II. 6

Les colonnes à utiliser suivant le mode de pose et la nature de l'isolation sont indiquées dans le tableau :

	SECTION NOMINALE DES AMES (mm ²)	COLONNES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Ames en cuivre	0.19		4,5	5	6	6,5			
	0.28		6	6,5	7	8			
	0.5		8	9	10	12			
	0.65		9	11	12	14			
	0.75		10,5	12	13,5	15			
	1	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23
	1,5	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29
	2,5	19	21	24	28	30	33	37	40
	4	25	28	32	35	40	45	50	55
	6	32	36	41	46	52	58	64	70
	10	44	50	57	63	71	80	88	97
	16	59	68	78	85	96	107	119	130
	25	75	89	101	112	127	142	157	172
	35	97	111	125	138	157	175	194	213
	50		134	151	168	190	212	235	257
	70		171	192	213	242	270	299	327
	95		207	232	258	293	327	362	396
	120		239	269	299	339	379	419	458
	150		275	309	344	390	435	481	527
	185		314	353	392	444	496	549	602
240		369	415	461	522	584	645	707	
Câbles unipolaires seulement	300		420	472	525	595	665	735	805
	400		490	552	613	695	779	859	940
	500		550	618	687	780	870	960	1 050
	630		635	705	782	885	995	1 095	1 200
	800		700	790	875	990	1 145	1 235	1 350
	1 000		790	890	990	1 120	1 250	1 380	1 510
Ames en aluminium	35	76	86	97	108	125	138	151	166
	50		105	118	131	151	168	183	200
	70		133	150	166	192	213	234	256
	95		161	181	200	232	258	282	309
	120		186	210	236	269	299	327	357
	150			240	268	309	344	375	411
	185			275	305	353	392	428	469
	240			325	360	415	461	503	551
Câbles unipolaires seulement	300			370	410	472	525	575	628
	400			432	479	552	613	670	732
	500			485	537	618	687	750	822
	630			550	610	705	782	855	935
	800			620	685	790	875	955	1 050
	1 000			700	772	890	990	1 075	1 180

Exemple de calcul: câble de la vis sur silo 7/8.

Puissance $P = 6,6 \text{ kw}$

Intensité transitée $I_b = 13,5 \text{ A}$

Facteur de puissance : $\cos \varphi = 0,75$

conducteur de cuivre

température ambiante $\theta_a = 35^\circ \text{C}$

durée de court-circuit $t = 0,08 \text{ s}$

Longueur du câble $l = 0,300 \text{ km}$

chute de tension admissible $x = 10\%$

1/ calcul de S_i

calibre du fusible : $I_n = 16 \text{ A}$

$$K = 1,21$$

Isolant en P.V.C

$$f = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5$$

$$f = 0,93 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,93$$

$$I_z' = \frac{1,21 \times 16}{0,93} = 20,82 \text{ A}$$

$$\text{d'où } S_i = 2,5 \text{ mm}^2$$

2. calcul de S_u

$$\Delta U = \frac{U \cdot x}{100 \cdot l \cdot I_b} = \frac{220 \times 5}{100 \times 0,300 \times 13,5} = 5,4 \text{ V}$$

$$S_u' = 25 \text{ mm}^2$$

vérifions si $S_u' = 2,5 \text{ mm}^2$ me conviendrait pas

$$I = 24 \text{ A}$$

$$I_a = I \cdot f = 24 \times 0,93 = 22,32 \text{ A.}$$

Tableau II.8 Caractéristiques des différents moteurs

Designation	P_N (kw)	U_N (volt)	I_N (A)
Vis sur silo	6,6	380	13,5
Tapis 1000	11	380	22
Tapis 500	4	380	8,5
Elevateur 49	6,6	380	15,5
Vis de sortie	4	380	8,5
SAS de sortie	0,75	380	2
Vis sous filtre	4	380	8,5
Pompe eau paliers	2,2	380	5
Chauffage broyeur	7,5	380	5
Chaine entraineuse	5,5	380	11,5
Armoire Pندان		380	
Pندان gypse	0,75	380	2
Pندان clinker	0,75	380	2
Pندان laitier	0,75	380	2
Pompe de pulvérisation	2,2	380	5
Ventilateur filtre	11	380	22
Ventilateur cabine	0,48	380	1,76
Ventilateur local	0,48	380	1,76
Compresseur copco	7,5	380	15,5

Tableau II.9 . Section des câbles

Designation	Section des câbles (Puissance)		Sections câbles Unipolaires de commande et signalisation (mm ²)
	Val. calculée	Val. pratique	
Vis sur silo	2,5	2,5	2,5
Tapis 1000	4	4	2,5
Tapis 500	1,5	2,5	2,5
ELEVATEUR 49	2,5	2,5	2,5
Vis de sortie	1,5	2,5	2,5
SAS de sortie	1	2,5	2,5
Vis sous filtre	1,5	2,5	2,5
Pompe eau paliers	1	2,5	2,5
chauffage broyeur	2,5	2,5	2,5
chaîne entraîneuse	2,5	2,5	2,5
Armoire PANDAN	1	2,5	2,5
PANDAN gypse	1	2,5	2,5
PANDAN clinker	1	2,5	2,5
PANDAN laitier	1	2,5	2,5
Pompe pulvérisation	1	2,5	2,5
Ventilateur filtre	2,5	2,5	2,5
Ventilateur cabine	1	2,5	2,5
Ventilateur local	1	2,5	2,5
Compresseur copco	2,5	2,5	2,5

$$\theta_e = \left(\frac{I_b}{I_a} \right)^2 (\theta_M - \theta_a) + \theta_a$$

$$\theta_e = \left(\frac{13,5}{22,3} \right)^2 (70 - 36) + 36 = 48^\circ\text{C}$$

Résistance

$$R_{\theta_e} = R_{20} [1 + \alpha (\theta_e - 20)] = \frac{1,810^{-8} \times 300}{2,5 \cdot 10^{-6}} [1 + 0,004 (48 - 20)]$$

$$R_{\theta_e} = 2,16 \Omega$$

Réactance

$$X = 0,08 \times 0,300 = 0,024 \Omega$$

Chute de tension

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

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 13,5 (2,16 \times 0,75 + 0,024 \times 0,66)$$

$$\Delta U = 38,25 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta U}{U} = 10\% \quad \Rightarrow \quad S_{\mu} = 2,5 \text{ mm}^2$$

L'intensité de court-circuit n'étant pas disponible nous nous contentons de tenir en compte de S_i et S_{μ} seulement. La section du câble tripolaire sera alors de $2,5 \text{ mm}^2$.

II.4 Choix de l'équipement
 Tableau II.10 Choix de l'appareillage

Désignation	References	nbre	Constructeur
Commutateurs d'asservissement	RHK-411M	3	TELEMECANIQUE
<u>TÊTE DE SEQUENCE</u>			"
Bouton-poussoir Marche	XB2-BA31	1	"
Bouton-poussoir Arrêt	XB2-BA42	1	"
Contacteur auxiliaire	CA2-DN1319A60	1	"
Contacts auxiliaires additifs	LA2-D22	1	"
fusible gI	10A	2	"
Voyant Marche	XB2-BV73	1	"
Sirène de sécurité type 41539	2811034.9	1	LEGRAND
Phare lumineux		1	TELEMECANIQUE
<u>Vis SUR silo 7/8</u>			
Sectionneur	BK1-EB13	1	"
Contracteur tripolaire	LC1-D163M	1	"
Relais thermique	LR1-D16321	1	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
Bouton poussoir Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Bouton poussoir Arrêt	XB2-BA42	1	"
"	XAF-A11	1	"
Cartouches-fusibles CM	16A 14x51	3	"

Désignation	References	nbre	constructeur
fusible gI	10A	2	TELEMECANIQUE
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>TAPIS 1000</u>			
Sectionneurs	DK1-EB13	1	"
Relais de protection thermique	LR1-D25322	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D253M	1	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
cartouches-fusibles aM	25A 14x51	3	"
fusible gI	10A	2	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Bouton poussoir Arrêt	XB2-BA31	1	"
	XAF-A11	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
Coup de point	XB2-BC42	1	"
Contrôleur de rotation	SX2-DV100	1	"
Détecteur de proximité	XSD-C607	1	"

Designation	References	nbre	constructeur
<u>TAPIS 500</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	TELEMECANIQUE
cartouches-fusibles aM	10A 14x51	1	"
Relais de protection thermique	LR1-D25322	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D093M	1	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
fusibles gI	10A	2	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
"	XAF-A11	1	"
Coup de point	XB2-BC42	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
Contrôleur de vitesse	SX2-DV100	1	"
détecteur de proximité	XSD-C60	1	"
<u>ELEVATEUR 49</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
Cartouches-fusibles	16A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D16321	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D163M	1	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
fusibles gI	10A	2	"

Designation	References	nbre	constructeur
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	TELEMECANIQUE
"	XAF-A10	1	"
Contrôleur de vitesse	SX2-DV100	1	"
détecteur de proximité	XSD-C607	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
"	XAF-A11	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
coup de point	XB2-BC42	1	"
<u>VIS DE SORTIE</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
Cartouches-fusibles AM	10A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D09314	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D093M	1	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
fusibles gI	10A	2	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
"	XAF-A11	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"

Designation	References	nbre	constructeur
détecteur de vitesse	SX2 - DV100	1	TELEMECANIQUE
détecteur de proximité	XSD - C607	1	"
<u>SAS DE SORTIE</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
cartouches-fusibles aM	2 A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D09307	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D093M	1	"
contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
fusibles gI	10A	2	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
"	XAF-A11	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>VIS SOUS FILTRE</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
cartouches-fusibles	10A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D09314	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D093M	1	"
contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
fusibles gI	10 A	2	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"

DESIGNATION	References	nbre	constructeur
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	TELEMECANIQUE
"	XAF-A11	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
Détecteur de vitesse	SX2-DV100	1	"
Détecteur de proximité	XSD-C607	1	"
<u>POMPE EAU PALIERS</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
Relais de protection thermique	LR1-D09310	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D093M	1	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
"	XAF-BA42	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
Cartouches-fusibles aM	6A 14x51	3	"
fusibles gI	10A	2	"
Contrôleur de niveau d'eau	XL1-AB12	1	"
<u>SECURITE EAU PALIERS</u>			
Contacteur auxiliaire	CA2-DN122.A60	1	"
Contact auxiliaire additif	LA3-D22	1	"
Contrôleurs eau paliers	Fisher controlsA	2	

Designation	References	nbre	constructeur
fusibles gI	10 A	2	TELEMECANIQUE
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>Alimentation Pandan</u>			
Contacteur auxiliaire	CA2-DN122.A60	1	"
contacteur auxiliaire additif	LA2D22	2	"
fusibles gI	10 A	2	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>ALIMENTATION BROYEUR</u>			
contacteur auxiliaire	CA2-DN122.A60	1	"
fusibles gI	10 A	2	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>POSITIONNEMENT BROYEUR</u>			
contacteur auxiliaire	CA2-DN122.A60	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
fusibles gI	10 A	2	"
<u>PROTECTIONS MOTEUR BROYEUR</u>			
contacteurs auxiliaires	CA2-DN122.A60	2	"
voyants défauts	XB2-BV74	2	"
fusibles gI	10 A	4	"
<u>PROTECTION REDUCTEUR</u>			
contacteur auxiliaire	CA2-DN122.A60	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"

DESIGNATION	References	nbre	constructeur
fusibles gI <u>PROTECTION DEMARRAGE</u>	10 A	2	TELEMECANIQUE
contacteurs auxiliaires	CA2-DN1319A60	2	"
voyant fin demarrage	XB2-BV74	1	"
fusibles gI	10 A	2	"
Contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
<u>CHAUFFAGE BROYEUR</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
cartouches fusibles aM	16A 14x51	3	"
fusibles gI	10 A	2	"
contacteur tripolaire	LC1-D163M	1	"
Relais de protection thermique	LR1-D16321	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>CHAÎNE ENTRAÎNEUSE</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
cartouches fusibles aM	16A 14x51	3	"
fusibles gI	10A	2	"
Relais de protection thermique	LR1-D123 16	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D123 M	1	"
contact auxiliaire additif	LA3-D22	2	"

DESIGNATION	References	nbre	Constructeur
contacteur auxiliaire additif	LA3-D22	2	TELEMECANIQUE
contacteur auxiliaire	CA2-DN1319.A60	2	"
détecteur de vitesse	SX2-DV100	1	"
détecteur de proximité	XSD-C607	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A11	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>ARMOIRE PANDAN</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
contacteur tripolaire	LC1-D253M	1	"
contact auxiliaire additif	LA2-D22	1	"
fusibles gI	10 A	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A10	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA31	1	"
"	XAF-A11	1	"
cartouches-fusibles	25A-14x51	3	"
<u>PANDAN</u>			
contacteur tripolaire	LC1-D093M	3	"
Voyant MARCHE	XB2-BV73	3	"

DESIGNATION	References	nbre	constructeur
Voyant défaut	XB2-BV74	3	TELEMECANIQUE
fusibles gI	10A	6	"
Relais de protection thermique	LR1-D09307	3	"
<u>VENTILATEUR FILTRE</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	"
cartouches-fusibles	25A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D253M	1	"
contacteur tripolaire	LC1-D253M	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
fusible gI	10A	2	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
<u>POMPES de PULVERISATION</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	2	"
cartouches-fusibles aM	6A	6	"
Relais de protection thermique	LR1-D09310	2	"
contacteur tripolaire	LC1-D093M	2	"
Thermostat		1	"
Bouton tournant à crosse	XB2-BJ25	1	"
"	XB2-BJ21	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	2	"
fusible gI	10A	4	"

Designation	References	nbre	constructeur
<u>Compresseur COPCO</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	TELEMECANIQUE
Cartouches fusibles	16A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D16321	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D163M	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	
fusible gI	10A	2	
<u>VENTILATEUR CABINE</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	
cartouches fusibles	2A 14x51	1	
Relais de protection thermique	LR1-D09307	1	
Contacteur tripolaire	LC1-D093M	1	
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	
Voyant défaut	XB2-BV74	1	
fusible gI	10A	2	

DESIGNATION	references	nbre	constructeur
<u>VENTILATEUR LOCAL</u>			
Sectionneur	DK1-EB13	1	TELEMECANIQUE
Cartouches fusibles	16A 14x51	3	"
Relais de protection thermique	LR1-D16321	1	"
Contacteur tripolaire	LC1-D163M	1	"
Boutons-poussoirs Marche	XB2-BA31	1	"
Boutons-poussoirs Arrêt	XB2-BA42	1	"
Voyant défaut	XB2-BV74	1	"
fusible gI	10 A	2	"
Bouton-poussoir Marche (pour commutateurs)	XB2-BA31	6	"
Manostat (compresseur)	XMG.	1	"

III. - DEVIS TECHNIQUE

III.1 - L'appareillage électrique

- Les appareils électriques sélectionnés sont disponibles au Sénégal et sont de la nouvelle technologie disponible chez le concessionnaire de TELEMECANIQUE. Ainsi, sauf mention spéciale les références sont celles de TELEMECANIQUE. Une meilleure coordination de la protection est ainsi établie par le choix de l'appareillage chez le même constructeur ;
- Les appareils de commande et de contrôle fonctionnent sous une tension de 220V à 50Hz ;
- Les appareils de mesures et les relais magnétiques restent inchangés, de même que les auxiliaires de sécurité et de protection du broyeur ;
- Chaque moteur est protégé par :
 - . Un sectionneur à fusibles muni d'un dispositif contre la marche en monophasé ;
 - . Un relais de protection thermique contre les surcharges ;
 - . Un contacteur tripolaire ;

La liste complète des composants de chaque élément est donnée dans les tableaux II.10 ;

- Les contacts locaux doivent être enfermés dans des coffrets étanches aux intempéries, et placés près des moteurs ;
- Les moteurs et les appareils auxiliaires devront être mis à la terre .

III.2 - Implantation détaillée de la salle de contrôle

Le tableau de commande du broyeur UNIDAN III sera placé dans la salle de contrôle du broyeur 1631C pour permettre leur commande simultanée.

La procédure nationale de préparation de l'implantation (SLP) nous permet de choisir une disposition judicieuse des deux pupitres. Selon cette procédure, un espacement de 45 cm sur les 3 côtés et de 60 cm du côté de l'opérateur sera nécessaire pour chaque pupitre.

Ainsi pour chaque pupitre, l'espace nécessaire sera :

$$A = (180 + 45 + 45) \text{ cm} \times (112 + 45 + 60) \text{ cm}$$

$$A = 270 \text{ cm} \times 217 \text{ cm}$$

D'autre part la surface de la salle vaut :

$$B = 427 \text{ cm} \times 427 \text{ cm}$$

$$B - 2A = 65149 \text{ cm}^2$$

La salle est suffisamment étendue pour contenir deux pupitres avec une surface excédentaire de 65149 cm^2 , facilitant ainsi les conditions de manoeuvre.

La disposition des deux pupitres devra en plus permettre leur surveillance simultanée.

Le schéma en annexe donne l'implantation détaillée de la salle de contrôle.

3. Construction du pupitre

Le pupitre doit être construit au moyen de cadre rigide en acier profilé. Les portes et les panneaux seront fabriqués à partir de tôles d'acier d'épaisseur 3mm.

Les panneaux doivent être boulonnés au cadre pour pouvoir être démontés. Chaque panneau devra présenter des orifices de ventilation pour prévenir contre les distorsions.

Pour la forme et les dimensions se reporter à la figure folio 15.

4. Estimation du coût de l'équipement

Nous n'avons pas la prétention de donner le coût exact de réalisation du projet parce que nous ne disposons pas de tous les coûts nécessaires. Il nous faudrait connaître entre autre avec exactitude le volume de travail, le coût d'arrêt de production pendant les travaux.

Ainsi nous nous limitons à donner le coût de l'appareillage et de la main-d'oeuvre. Le coût de l'appareillage sera majoré de 20% pour tenir compte des accessoires non quantifiés.

	coût horaire	durée	Prix F.CFA
Matériels			4321733
main-d'oeuvre électricité			
2 ouvriers	402,38	160	64380
1 agent de maîtrise	544,34	160	87095
1 cadre	2500	160	400000
Maçonnerie			
2 ouvriers	402,38	40	16095
Tolerie			
2 ouvriers	402,38	20	8050
1 agent de maîtrise	544,34	20	10890
		Total :	4908.243 F

Tableau III.1 Estimation des prix

DESIGNATION	REFERENCE	Nbre	PRIX
Sectionneur	DK1 - EB13	16	272.640
Relais de protection thermique	LR1 - D16321	4	79.680
"	LR1 - D25322	2	42.480
"	LR1 - D09314	3	65.720
"	LR1 - D09307	6	130.320
"	LR1 - D09310	2	43.440
Contacteur tripolaire	LC1 - D163 M	4	83.520
"	LC1 - D253 M	3	79.920
"	LC1 - D093 M	11	139.920
cartouche - fusible aM	16A 14 x 51	15	8535
"	25A 14 x 51	9	5121
"	10A 14 x 51	9	5121
"	2A 14 x 51	9	5121
"	6A 14 x 51	6	3414
Contacteur auxiliaire	CA2 - DN1319.A60	5	67200
"	CA2 - DN1229.A60	6	80640
Contact auxiliaire additif	LA2 - D25	13	396240
"	LA2 - D22	3	76680
Bouton-poussoir Marche	XB2 - BA31	16	60480
"	XAF - A10	10	23160
Bouton-poussoir Arrêt	XB2 - BA42	16	60480

DESIGNATION	REFERENCES	NBRE	Prix
Bouton -poussoir	XAF-A11	10	23160
Coup de point	XB2-BC42	2	12696
Bouton tournant à crosse	XB2-BJ25	2	13488
"	XB2-BJ21	1	6744
Voyant Marche (vert)	XB2-BV73	5	16380
Voyant défaut (rouge)	XB2-BV74	26	85176
Détecteur de vitesse	SX2-DV100	6	113040
Détecteur de proximité	XSD-C607	6	144720
Interrupteur de contrôle niveau eau	XL1-AB12	2	241440
Contrôleur de circulation d'eau	Fisher Controls	2	70008
Interrupteur de position	XCK-M121	1	19200
Interrupteur thermique (Thermostat)		1	11196
Sirène de sécurité type 415.39	281.1034.9	1	27000
Phare lumineux		1	29328
fusible 9I	10A	59	28084
câbles	U1000R02V		
	3 x 2,5 mm ²	10x100m	887000
	5V 1 x 2,5 mm ²	3x100m	63000
	02V 3 x 4 mm ²	2x100	177400
Manostat	XMG	1	19.840
TOTAL			3601444

CONCLUSION

Les informations recueillies permettent de conclure du bien fondé de la nécessité de réviser l'implantation de la commande du broyeur UNIDAN 3.

En effet, même si la réalisation semble coûteuse, elle sera vite comblée par une meilleure utilisation du personnel de surveillance et une bonne protection des équipements dont la durée de vie sera prolongée.

Des améliorations ont été apportées dans le contrôle des machines par l'utilisation de la nouvelle technologie.

Cependant le fonctionnement dans son principe reste maintenu.

En plus des buts visés, l'exécution du projet donnera l'occasion de l'entretien mécanique et le redressement du facteur de puissance par l'adjonction de batteries de condensateurs.

La correction des facteurs de puissance permettra de gagner les coûts de pénalités facturés par la SENELEC.

RECOMMANDATIONS

- 1 - Elaborer un planning de travail pour l'exécution du travail.
- 2 - Réunir le matériel et les outils nécessaires avant le début des travaux.
- 3 - Prévoir un stock de sécurité pour le matériel non périssable par l'entreposage.
- 4 - Elaborer un planning d'entretien pour l'ensemble de l'équipement.
- 5 - Permettre une bonne ventilation des moteurs en les dépoussiérant régulièrement.
- 6 - Mettre au point le document d'instruction des différents appareils.
- 7 - Vérifier le facteur de puissance des moteurs et les redresser si nécessaire.
- 8 - Régler la fréquence des contrôleurs de rotation à la vitesse de rotation de l'appareil contrôlé.
- 9 - Faire une évaluation de la résistivité du sol pour déterminer les résistances de prise de terre assurant une bonne protection des personnes et des matériels.

REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

- [1] MAURICE MILSANT; automatismes à séquences;
1^{re} édition; p 19, 35, 47, 70; Editions Eyrolles 1971.
- [2] GEORGES QUADRI; technique d'emploi des moteurs
asynchrones industriels et de leur appareillage; 1^{re} édition
p 47, 107 éditions Eyrolles 1965.
- [3] CLAUDE POLGAR; technique d'emploi des relais
dans les machines automatiques; 3^e édition, p 12, 275
Edition Eyrolle 1968
- [4] I. TAEV appareils électriques d'automatisme et de commande
1^{re} édition, p 73, 113, 140; Edition Mir.
- [5] ROGER MARTIN, note de cours installations électriques,
édition 83, 84. E.P.T p IV. 14
- [6] J. CH. GILLE; P. DECAULNE; M. PELEGRIN; théorie
et calcul des asservissements linéaires; 5^e édition
P 3, 19; DUNOD 1971.
- [7] J. MAINGUENAUD, cours d'automatique, systèmes asservis;
1^{re} édition, p 3, 11; Masson et cie, éditeurs, 1972
- Document technique SOCOCIM-INDUSTRIES, 1980
- SNC. CARTIER, devis technique, octobre 1979
- TELEMECANIQUE, catalogue général, 1981-82
- MUTHER . R ; systématique layout planning, 2^e édition,
CBI Publishing, Boston 1973.

ANNEXE

A 1 PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT DES APPAREILS DE PROTECTION ET DE COMMANDE

Comme nous l'avons souligné plus haut, la commande de moteurs, au sens large, englobe la protection du personnel, du réseau de distribution électrique, des moteurs et appareils associés. Nous donnons dans la suite le principe de base des principaux dispositifs de commande utilisés dans la séquence d'asservissement du broyeur.

A1.1 - Les fusibles

Les fusibles sont des conducteurs destinés à fondre, et par conséquent à interrompre le circuit sur lequel ils sont placés, lorsqu'une certaine intensité les traverse.

En période de fonctionnement normal, il y a un équilibre thermique à température relativement basse entre les calories produites par les pertes Joule et les calories que le fusible est capable d'évacuer par radiation dans le milieu ambiant. Mais si l'intensité, I , augmente, la température monte et, à une certaine valeur de I , elle atteint la température de fusion du métal. Le circuit est alors interrompu.

Un jeu de fusibles est capable de protéger un réseau contre les courts-circuits. Mais ils ne peuvent pas protéger un moteur contre les surcharges mécaniques. En effet les fusibles placés dans le circuit d'alimentation d'un moteur doivent être dimensionnés pour admettre sans fondre, la surintensité

due au démarrage. Dès lors, les fusibles resteront sans réaction devant une surintensité moins importante, mais capable cependant d'attenter à la vie du moteur. De plus, il arrive qu'un seul fusible fonde, ce qui conduit à la marche en monophasé qui engendre un suréchauffement du moteur. On voit ainsi la nécessité d'adjoindre aux fusibles d'autres dispositifs pour la protection contre les surcharges.

Les fusibles généralement en argent ou en alliage de plomb sont logés dans un canal en forme de boucle, aménagé dans un corps en porcelaine ou en matière plastique d'un porte-fusible, dont les deux moitiés sont maintenues par serrage. Une matière d'extinction de l'arc est ajoutée, permettant d'augmenter le pouvoir de coupure. Il existe des fusibles dits calibrés, dont le conducteur fusible est enfermé dans une cartouche cylindrique constituée d'un corps isolant et de deux calottes d'extrémités, conductrices, faites habituellement en métal argenté.

La tendance actuelle est d'insérer les fusibles soit au sectionneur soit dans un interrupteur.

Les fusibles sont définis par leur calibre, leur pouvoir de coupure, leur temps de fusion et leur courant d'alimentation. Le calibre d'un fusible, ou intensité nominale définit le courant qui peut le traverser sans produire son échauffement exagéré. Il s'exprime en ampères et dépend de la section du fusible et du métal qui le compose.

Le pouvoir de coupure d'un fusible définit l'intensité qu'il peut couper sans manifestation dangereuse pour le personnel et le matériel qui l'entoure. Les fusibles ont un pouvoir de coupure très important, de l'ordre de 30.000 à 100.000 ampères pour les tensions inférieures à 500 volts.

Le temps de fusion d'un fusible est le temps exprimé en secondes, qui s'écoule entre le moment où l'intensité augmente au-delà de la nominale et celui où le circuit est interrompu par la fusion du métal. Pour un fusible donné, ce temps dépend de l'importance de l'intensité qui le traverse; pour un métal donné et une section donnée, le temps de fusion sera d'autant plus court que l'intensité sera grande comme le montre la figure A.1.

Le courant de limitation d'un fusible est une caractéristique très importante: c'est la valeur maximum que, grâce au fusible, peut atteindre l'intensité de court-circuit dans le réseau protégé.

Le pouvoir de limitation d'un fusible n'est pas une valeur fixe, en effet il dépend, non seulement des caractéristiques du fusible mais aussi de la vitesse de montée de l'intensité pendant le court-circuit. Il se traduit par des courbes semblables à celles de la figure A.2.

Types de fusibles:

Pour la protection des moteurs, on utilise les types aM, dont le calibre correspond au courant de pleine charge du moteur. Pour ces fusibles, il n'est pas fixé de courants conventionnels

de fusion et de non fusion. Seule la contrainte thermique définie par $\int i^2 dt$ doit rester inférieure à $16 I_n^2$ pour une tension nominale de 380V (à $24 I_n^2$ pour $U_n = 500V$). Leur courbe de fonctionnement est donnée à la figure A.3

Les fusibles de type gT sont destinés à la protection temporisée contre les surcharges et les courts-circuits.

Les fusibles de type gF sont destinés à la protection contre les courts-circuits et les surcharges.

Les études des commissions internationales tendent à remplacer les fusibles de type gT et gF par un seul type dénommé gI.

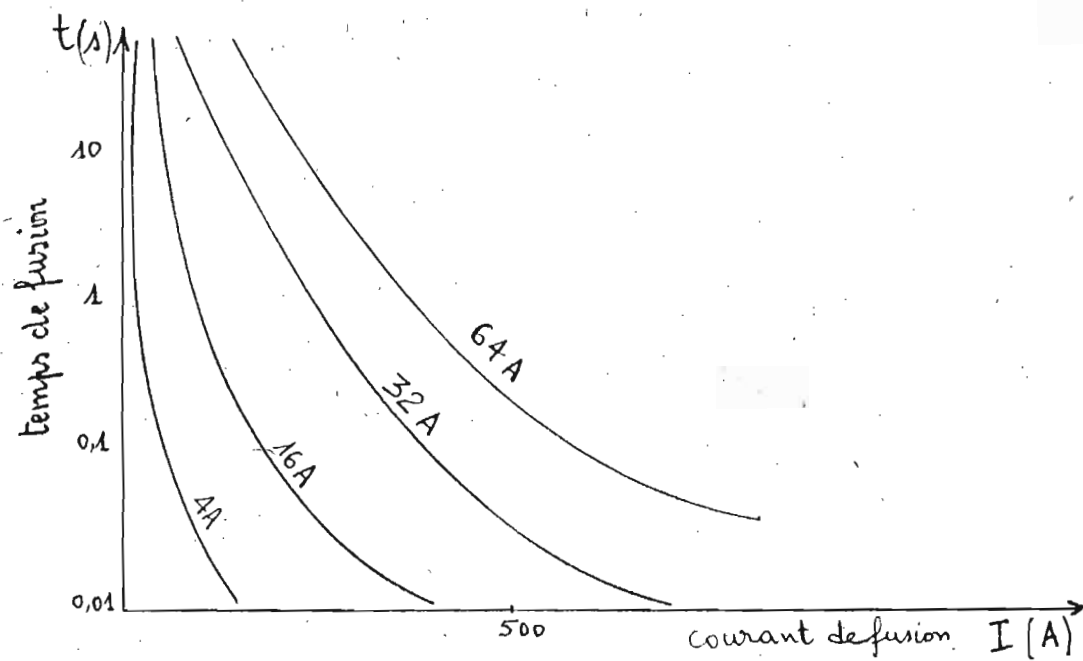


FIGURE : A.1 Temps de fusion de certains fusibles gI [2]

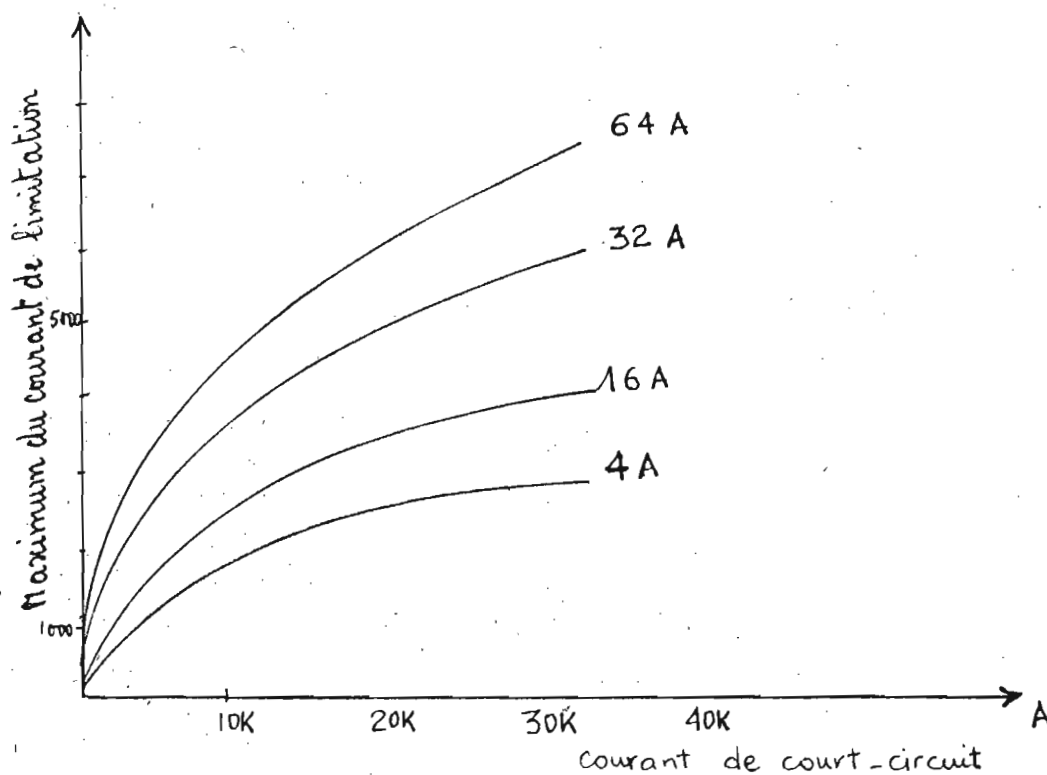


FIGURE A.2 - Pouvoir de limitation des quelques fusibles [2]

58

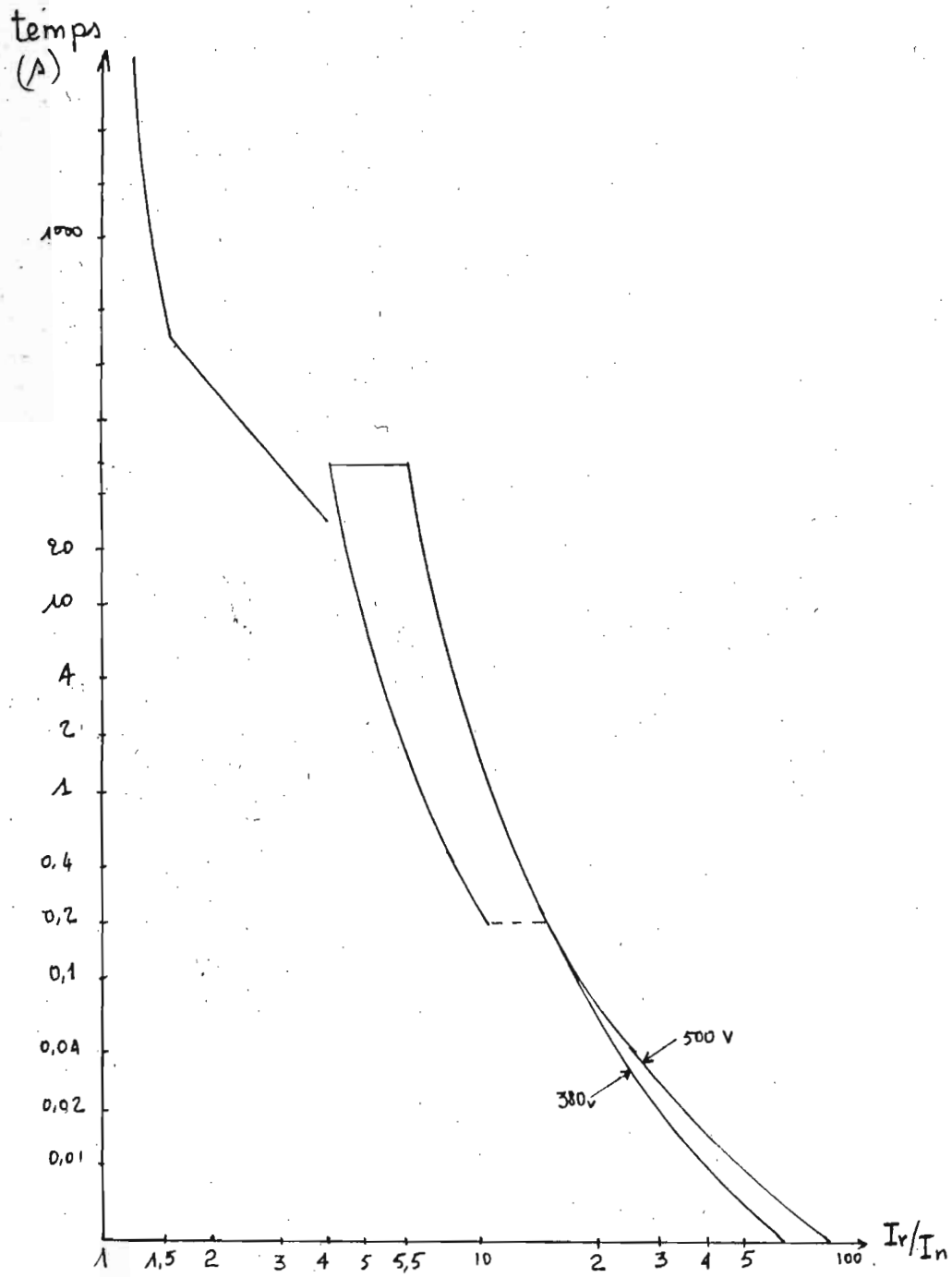


FIGURE : A.3 Courbe de fonctionnement des fusibles aM [5]

A I.2 - Les relais thermiques

Les relais thermiques utilisent le principe de la bilame constituée par l'assemblage de deux lames M et N soudées entre elles sur toute leur longueur. La lame M en acier ou en laiton, a un coefficient de dilatation très élevé, tandis que la lame N est en invar de coefficient de dilatation nul, de sorte que, pour une même élévation de température la lame M s'allongera davantage que la lame N. Si, à froid la bilame est rectiligne comme sur le schéma 1 de la figure A.4, une élévation de température se traduira par une déformation de la bilame qui prendra l'allure d'une courbe, comme sur le schéma 2 de la même figure. D'une position à une autre, l'extrémité de l'appareil s'est déplacée de la longueur C , et ce déplacement est mis à profit pour commander des contacts électriques. La bilame est chauffée par le courant du circuit à protéger avec lequel elle est reliée en série - bornes X et Y.

La longueur C donne ainsi une image de l'intensité qui traverse le circuit contrôlé, et, par conséquent, de sa température. En adjoignant à la bilame un dispositif qui coupe le circuit contrôlé lorsque la longueur C atteint une certaine valeur, nous aurons réalisé un dispositif de protection, agissant cette fois, non plus en fonction de la valeur instantanée de l'intensité, mais en raison de l'échauffement produit, c'est-à-dire en tenant compte de la valeur moyenne de l'intensité.

Le système agira en particulier en cas de surcharges faibles mais de longue durée, puisque la bilame aura un échauffement lent certes, mais constant qui lui fera atteindre une déformation suffisante.

La courbe de réponse d'une bilame indique le temps mis pour atteindre la déformation provoquant la rupture du circuit, en fonction de l'intensité qui la traverse, et que l'on exprime par le rapport I/I_r , I étant l'intensité dans le circuit, et I_r l'intensité réglée sur la bilame. La figure A5 constitue un exemple d'une telle courbe. Les courbes de réponse d'une même bilame sont différentes selon que l'on considère son état froid ou son état chaud. De plus, pour l'état froid, il faut tenir compte de la température ambiante: si l'on se reporte à l'exemple de la figure A5, on constate qu'un courant égal à deux fois l'intensité réglée provoque la coupure du circuit dans un délai compris entre 28 et 50s. Mais à chaud, c'est-à-dire lorsque la bilame est à sa température de fonctionnement normale, parcequ'elle a été traversée par l'intensité réglée pendant un temps suffisant, son intervention se produira au bout de 8 secondes seulement, pour une même surcharge.

Un relais thermique est dit simple, lorsqu'il possède autant de bilames que de phases à contrôler, et que son rôle se limite à couper toutes les phases du circuit, dès qu'une seule bilame atteint la déformation voulue.

Il est dit compensé s'il est muni d'une bilame supplémentaire qui n'est influencée que par la température ambiante et qui modifie en conséquence la déformation à laquelle les bilames principales provoquent l'ouverture du circuit contrôlé. Tandis qu'un relais thermique simple se borne à contrôler un échauffement agissant dès que celui-ci atteint la valeur théoriquement dangereuse, le relais compensé agit lorsque la température des enroulements devient dangereuse, c'est-à-dire qu'il tolère des surcharges d'autant plus importantes que la température ambiante est basse.

Un relais thermique est dit différentiel s'il possède un dispositif le faisant agir en cas de déséquilibre entre les intensités absorbées dans chaque phase du circuit, même si la plus forte d'entre elles n'atteint pas la cote dangereuse. Puisque ce déséquilibre, -marche en monophasé-, provoque des échauffements très importants, bien qu'il se produise autour d'intensités apparemment peu dangereuses, le relais différentiel réalise une meilleure protection.

Le réglage de l'intensité se fait avec un bouton moleté agissant sur la course que doivent effectuer les extrémités des bilames pour provoquer le déclenchement. Le relais dispose également d'un bouton de réarmement, sur lequel il est nécessaire d'agir pour pouvoir rétablir le circuit après une disjonction. ce qui oblige ainsi l'opérateur à se rendre compte de la nature de l'incident.

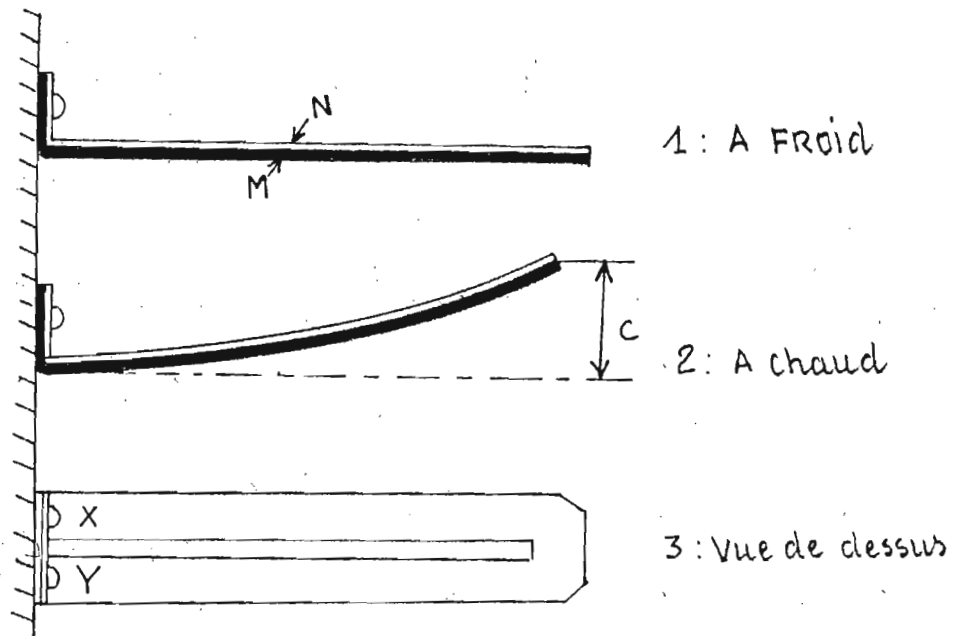


FIGURE A.4 _ Principe des bilames utilisées dans les relais thermiques [2]

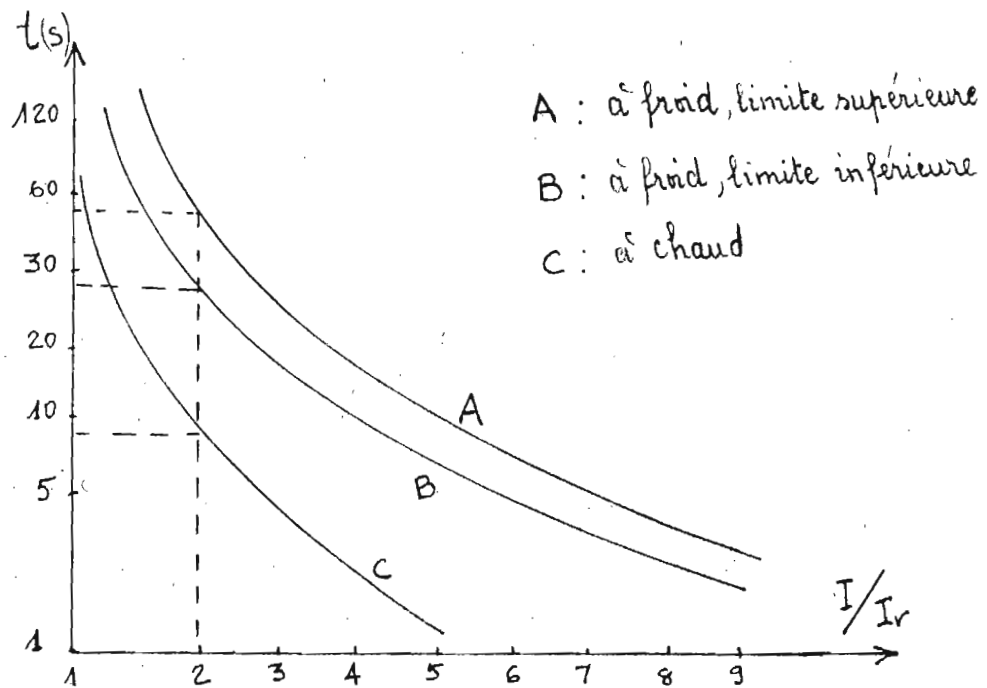


FIGURE A.5 . Courbes de réponse d'une bilame [2]

A.1.3 - Les relais ampèremétriques

Les relais ampèremétriques sont des appareils chargés de provoquer l'ouverture des appareils de commande d'un circuit de Puissance, lorsque l'intensité qui les traverse est trop élevée.

Lorsque le courant traversant la bobine du relais atteint une certaine valeur, il provoque dans son circuit magnétique un champ capable d'attirer la palette en dépit de son poids qui a tendance à la maintenir écartée du circuit. La palette pivote et, ouvre un contact électrique, ce qui coupe le circuit auxiliaire alimentant la bobine du contacteur. La valeur de l'intensité de déclenchement est réglée en faisant varier l'entrefer entre la palette et l'armature.

Le bouton de réarmement doit être ré-enclenché après le fonctionnement du relais. Mais le ré-enclenchement ne peut se faire qu'après un refroidissement préalable.

Les relais ampèremétriques sont équipés de plusieurs contacts agissant sur plusieurs appareils lorsque la palette est attirée et ses contacts peuvent être à fermeture ou à ouverture.



A I.4 - Les Thermo-sondes

Les relais thermiques contrôlent la température d'un moteur à partir de l'intensité qui les traverse; ils n'ont donc aucune action contre une élévation de température qui ne serait pas causée par une surintensité, cas relativement rare; il est vrai, mais qui se rencontre cependant: obturation du circuit de ventilation, his de ventilateur, rayonnement de sources de chaleur...

Les thermo-sondes sont au contraire, des éléments de contrôle agissant directement d'après la température des bobinages dans lesquels elles doivent être incorporées à la construction du moteur, par le fabriquant. De sorte que, si l'on désire les inclure dans le système de protection, il faut en prévenir le constructeur, avant qu'il ne fabrique le moteur.

La figure A.6 - montre la coupe très agrandie d'une thermo-sonde. C'est encore le principe de la bilame qui est utilisé ici; le disque bimétallique argenté logé dans le boîtier est constitué de telle façon que le métal à fort coefficient de dilatation se trouve du côté concave lorsque l'appareil est froid. Une élévation de température a alors pour résultat d'inverser la concavité du disque en raison des dilatations différentes; ce qui provoque la fermeture du circuit branché d'un côté au boîtier électriquement relié au disque, et de l'autre côté au contact fixe, normalement isolé du boîtier.

De par son principe même, une thermo-sonde ne permet pas

le réglage de sa température de fonctionnement: celle-ci est définie lors de la construction, et ne peut ensuite être modifiée. D'autre part, son boîtier métallique fait obligation de l'utiliser en milieu isolant, ce qui est le cas généralement des têtes de bobinages. Mais, en dépit de leur faible dimension, les thermo-sondes ne peuvent être logées dans les encoches des moteurs, du moins pour les faibles puissances.

La thermo-sonde représentée est à fermeture de circuit: une élévation de température établit le courant dans le circuit auxiliaire. On peut l'utiliser soit pour commander un circuit d'alerte sonore ou lumineux. Elle peut être reliée à un capteur permettant d'indiquer la température.

Il existe aussi des thermo-sondes à ouverture de circuit, dans lesquelles une élévation de température se traduit par l'ouverture d'un circuit auxiliaire, et avec lesquelles on peut réaliser des schémas de protection ou de signalisation.

Généralement il y a une thermo-sonde par phase, mais puisque une surcharge sur une phase se répercute nécessairement sur une autre, on n'en dispose que deux.

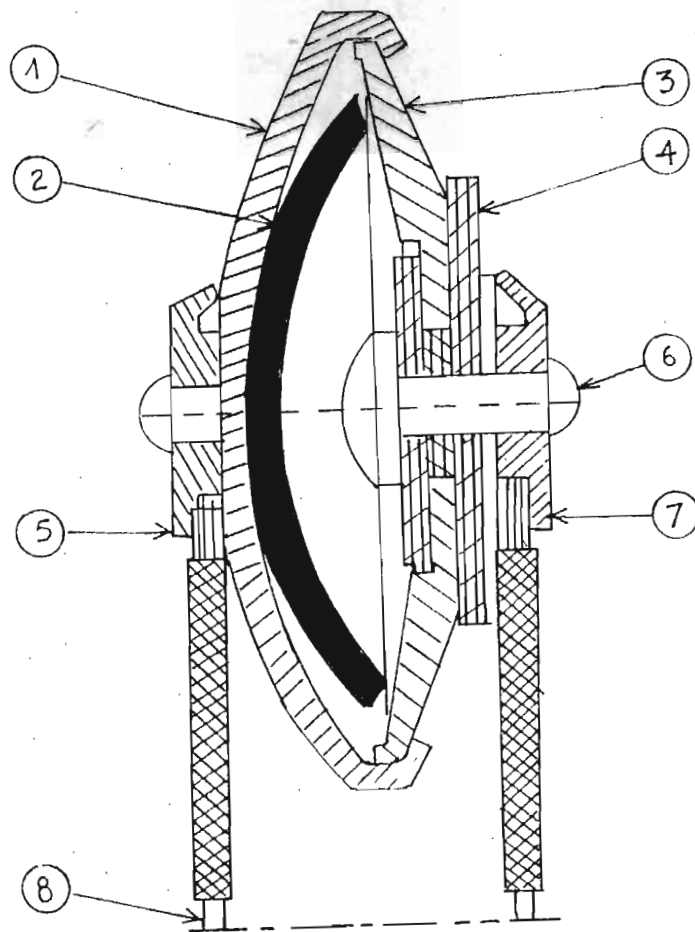


FIGURE A 6 [2]. Coupe schématique d'une thermo-sonde

- 1 Couvercle de boîtier (Laiton décollété)
- 2 disque bimétallique argenté
- 3 Fond de boîtier (Laiton décollété)
- 4 Isolant (Mica)
- 5 Rondelle de serrage (Laiton)
- 6 Contact fixe (argent)
- 7 Rondelle de serrage (Laiton)
- 8 Connexions

A.I.5. - Les contacteurs

Un contacteur est un mécanisme activé par électromagnétisme servant à établir et à rompre un courant électrique. Un contacteur est constitué par un électro-aimant et des pôles. A ces deux éléments de base s'ajoutent en nombre plus ou moins important des contacts auxiliaires instantanés ou temporisés. L'électro-aimant est chargé de provoquer la fermeture du contacteur, puis de le maintenir fermé avec une pression de contact convenable. Il se compose d'un circuit magnétique fixe, d'une armature solidaire d'une palette, d'un ressort de rappel (10), d'une bobine (12) et d'une chambre d'extinction d'arc (5) montrés dans la figure A.7. Dans le circuit du courant principal est mise en série une bobine (1) placée sur le noyau d'acier (2). Les plaques d'acier, pôles (3) disposées de deux côtés du noyau (2), conduisent le champ magnétique produit par la bobine (1) vers la zone de l'arc dans la chambre. L'interaction de ce champ avec le courant de l'arc fait naître les forces qui déplacent l'arc dans la chambre.

Le contacteur ferme le circuit du courant I , si l'on applique une tension U sur la bobine (12) de l'électro-aimant de commande. Le flux Φ produit par le courant parcourant la bobine de l'électro-aimant engendre une force portante et attire l'armature (9) de l'électro-aimant au noyau en surmontant les forces antagonistes du ressort de rappel (10) et les forces du ressort de contact (8).

L'électroaimant (9) et sa bobine (12) sont alimentés en

courant alternatif grâce au subterfuge constitué par une bague de déphasage dont le rôle est de séparer en deux, le flux magnétique produit dans le fer, en déphasant l'un des deux flux produits par rapport à l'autre, de façon à ce que l'attraction entre l'armature fixe et l'armature mobile ne s'annule jamais, ce qui, autrement se produirait deux fois par période.

Cependant, ce procédé ne permet pas d'obtenir des forces d'attraction aussi importantes que dans les électro-aimants alimentés en courant continu, auxquels on recourt pour des calibres plus importants ou bien pour assurer des conditions de marche difficiles. On produit alors un courant continu par redressement du courant de l'une des phases du réseau alternatif.

L'application la plus fréquente des contacteurs est le contrôle de moteurs électriques. Les contacteurs sont alors activés par divers dispositifs témoins, manuels ou automatiques, déclenchés par des signaux se rapportant au temps, au mouvement, à la pression ou à la température. Les contacteurs ont comme fonctions, le démarrage, l'arrêt, l'inversion, la mise en marche, les secousses et la routine du moteur, et conjointement avec les relais de surcharge, ils protègent les moteurs contre les surcharges dommageables.

Le contacteur doit répondre à certaines exigences, dont:

- Il doit pouvoir supporter continuellement le courant de pleine charge du moteur ;

Cette exigence, est un facteur déterminant dans le choix de la matière des contacts et de la pression retenant les contacts fermés. Les pôles sont en cuivre, protégés par étamage ou argenture;

- Le contacteur doit supporter un courant 8 fois celui du courant de pleine charge du moteur. Lors du démarrage du moteur, il s'établit un courant transitoire pouvant atteindre 8 fois le courant nominal. Il est donc essentiel que les contacts soient bien fixés avant d'atteindre ce courant élevé, sinon ils doivent rompre et établir ce courant, et détruiront ainsi les contacts. Le rebond des contacts est causé par l'énergie cinétique produite, $E = \frac{1}{2} m v^2$. Il faut donc limiter cette énergie -

- Le contacteur doit pouvoir rompre le courant du moteur sous n'importe quelle condition de charge.

Cette capacité de rupture est assurée par l'extinction et le refroidissement de l'arc assez rapide pour éviter les pertes de matières de contact par combustion.

- Enfin les contacteurs appropriés assureront ces fonctions pour un nombre garanti de fonctionnements sans changer les contacts ni aucun entretien. Ce nombre est compris entre 500 000 et plusieurs millions.

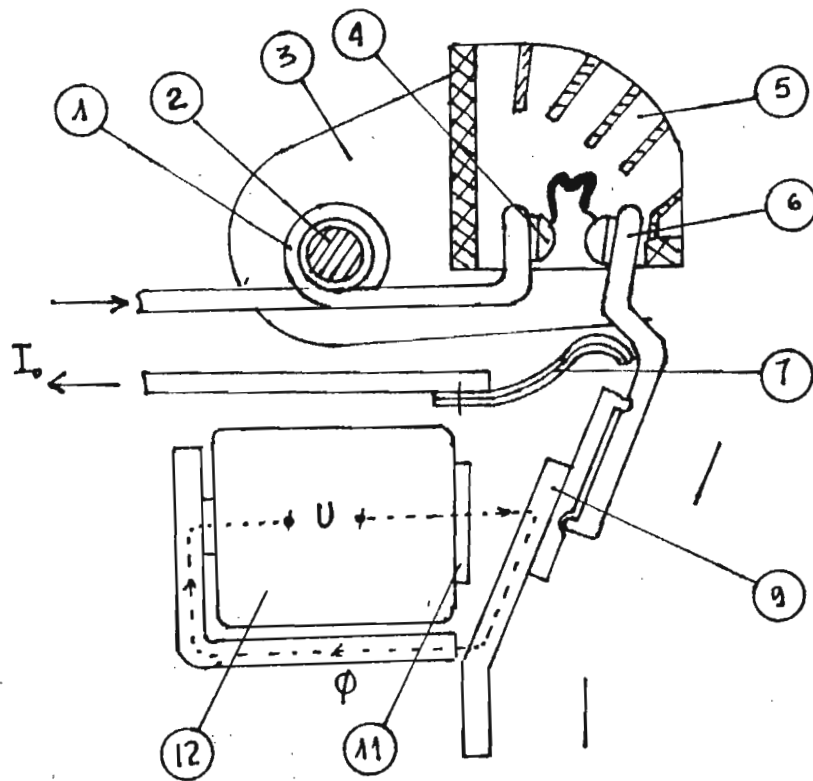


FIGURE A.7. Schéma de principe d'un contacteur [4]

- 1 : bobine de soufflage
- 2 : noyau d'acier
- 3 : plaque d'acier
- 4 : Contact fixe
- 5 : chambre d'extinction
- 6 : Contact mobile
- 7 : liaison souple
- 8 : Ressort de contact
- 9 : Armature
- 10 : Ressort de rappel
- 11 : Epanouissement
- 12 : bobine de commande

A.1.6 Les sectionneurs

Les sectionneurs sont des appareils destinés à isoler un réseau pour permettre d'effectuer des travaux sur celui-ci. Ils n'ont en principe aucun pouvoir de coupure et doivent être manoeuvrés hors de toute intensité.

Ils sont toujours à commande manuelle car d'une part ils ne doivent pas isoler le réseau en cas de coupure accidentelle de courant, et d'autre part leur manoeuvre peut se faire hors-tension sans jamais être involontaire.

Dans un but d'économie, on a tendance à grouper le sectionneur avec des fusibles calibrés pour assurer ainsi la protection du réseau contre les courts-circuits.

Le sectionneur peut aussi être équipé d'un dispositif contre la marche en monophasé. Les sectionneurs que nous utilisons sont de type, équipés de fusibles.

Le choix se fait en fonction de la puissance du moteur et de la tension d'alimentation.

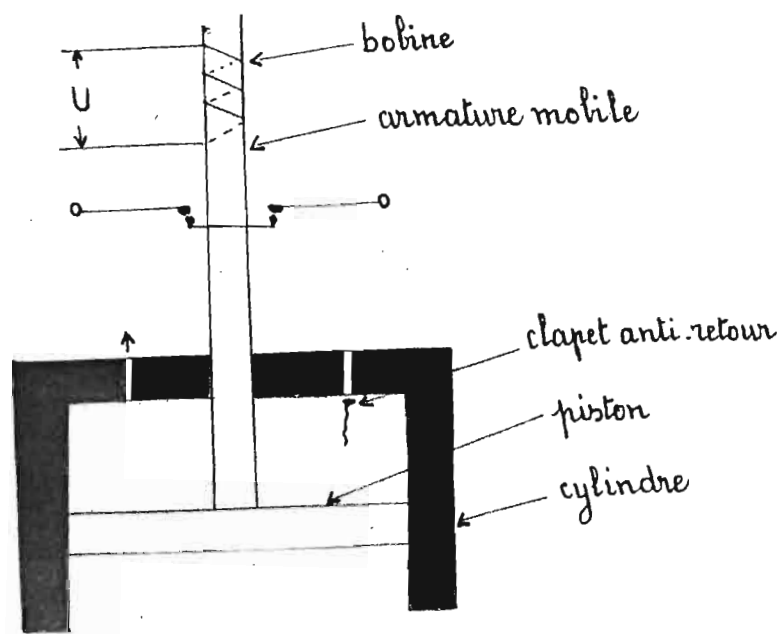
A 1.7- Les relais de temporisation

Les relais temporisés servent à obtenir un retard de temps réglable entre le moment d'application du signal de fonctionnement et celui de fermeture ou d'ouverture des contacts. Cette notion de durée devient importante lorsque on veut par exemple qu'un moteur démarre un temps t_1 après un autre ou après que l'on ait coupé l'excitation d'un appareil.

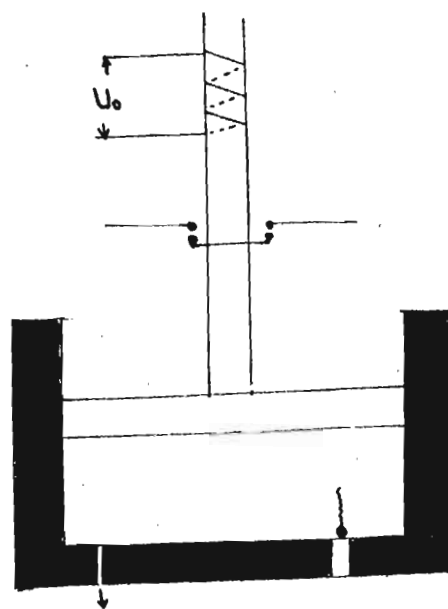
La temporisation des contacts est réalisée actuellement par un dispositif pneumatique. En fonction directe, la mise sous tension de la bobine B, provoque l'attraction de l'armature A; mais sur cette armature est fixé un piston coulissant dans un cylindre. L'air contenu dans la partie supérieure du piston doit s'échapper dans un orifice étroit C, il ralentit ainsi la montée du piston et par conséquent la fermeture du contact. Ainsi le relais permet la fermeture du circuit auxiliaire un certain temps après que le courant a été mis sur sa bobine, et il se réarme pour un nouveau fonctionnement dès que celle-ci n'est plus sous tension.

En fonction inverse la temporisation s'effectue à partir de la retombée du circuit mobile, c'est-à-dire au moment où la bobine n'est plus sous tension. Dans les deux fonctions, c'est le réglage du débit d'entrée ou de sortie de l'air enfermé dans la chambre pneumatique ^{qui} détermine la durée de temporisation.

La figure A.8 illustre le principe des relais temporisés à fonction directe et à fonction inverse.



a) temporisation à l'appel.



b) temporisation à l'action

Figure A8 : schéma de réalisation d'un contact temporisé [3]

A.1.8 Les contrôleurs de rotation

Il s'agit d'un dispositif permettant le contrôle de sous-vitesses de rotation ou de vitesses de défilement par rapport à un seuil pré-réglé. Ils sont particulièrement adaptés aux transporteurs à bandes, aux élévateurs à godets, et aux vis d'Archimède.

Le franchissement d'un seuil bas de vitesse doit provoquer l'arrêt de l'installation. La baisse de vitesse peut être causée par le glissement anormal ou la rupture de bande, par une surcharge.

Le principe de fonctionnement est basé sur une prise d'information de la vitesse par l'intermédiaire d'un capteur tel que un détecteur de proximité inductif, capacitif, ou par une barrière photo-électrique ou encore par un interrupteur de contrôle. Une sortie à relais visualisée permet le pilotage de tous les types d'actionneurs. Les réglages sont simplifiés par l'utilisation d'un commutateur de gammes, de vitesses et de potentiomètres gradués fixés sur la face avant de l'appareil.

A I.9 Autres organes de commande

1. Contact à palpeur

C'est un appareil qui permet l'ouverture ou la fermeture d'un circuit par une pièce mécanique en balancier. Il permet de contrôler l'épaisseur d'un produit sur une bande transporteuse. Il arrête la bande lorsqu'il n'y a plus de produit sur celle-ci.

2. Contact de fin de course

Il permet d'arrêter le mouvement d'une pièce parvenue à la limite de son déplacement. Il réalise également la commutation de circuits de commande sur un tronçon donné de la course, parcouru par un mécanisme commandé.

3. Contact à flotteur

Le contact à palpeur permet de contrôler sans surveillance le niveau d'un réservoir; il le maintient constamment entre un niveau minimum et un niveau maximum définis par réglage. Un flotteur suit le déplacement du liquide en montant et baissant avec lui. Lorsque le liquide est parvenu au niveau minimum il fait démarrer le dispositif d'alimentation, jusqu'à ce que, parvenu au niveau maximum, il coupe le dispositif de commande qui arrête le remplissage.

A2 DEMARRAGES DE MOTEURS

Ils consistent à la commutation des charges en régimes normaux de fonctionnement. Le démarrage d'un moteur nécessite un couple suffisant à assurer la mise en vitesse de l'installation. Lorsqu'on établit le courant, la vitesse est pratiquement nulle, le moteur fournit un couple C_d . Au fur et à mesure de la montée en vitesse, le point figuratif du couple suit la courbe C_m sur la figure A2. 1. Mais la machine entraînée oppose un couple résistant, qui varie en fonction de la vitesse et suit la courbe C_r . L'arbre moteur est ainsi sollicité par un couple résultant: $C_m - C_r$. Lorsque cette différence est positive, le couple résultant, appelé couple accélérateur est la cause de l'accroissement de vitesse de l'arbre. Cette vitesse cesse d'augmenter dès que $C_m - C_r = 0$ c'est-à-dire lorsque les deux courbes se coupent au point de fonctionnement en régime établi F. Ce point correspond à la vitesse de rotation en charge.

L'existence d'un courant accélérateur est nécessaire pendant tout le démarrage. La nécessité d'éviter un appel important de courant lors du démarrage a amené le développement de plusieurs systèmes de démarrage.

a) démarrage direct

Les boutons-poussoirs d'ouverture et de fermeture sont soit sur le démarreur, soit logés dans une boîte de commande séparée

permettant la commande à distance. Le contacteur est situé près du moteur de façon à réduire la longueur des câbles de forte section tandis que la boîte de commande est à proximité de l'opérateur. C'est ce système de commande que nous utilisons dans l'unité de broyage.

b) démarrage automatique par résistances notoriques

Il constitue le second type de démarrage, utilisé pour le broyeur en ce qui nous concerne.

Le rotor de ce type de moteur est bobiné en triphasé, et ses phases sont couplées en étoile. Chaque branche est ainsi connectée à une bague B sur laquelle flotte un balai C, fait d'un charbon spécial et permettant de re fermer le circuit notorique par l'intermédiaire des résistances. A la limite lorsque toutes les résistances sont éliminées, le rotor se trouve court circuité.

Ce type de démarrage est utilisé dans les moteurs à rotor bobiné pour pallier à l'insuffisance des performances de démarrages avec les moteurs à cage.

Constitution du moteur à rotor bobiné

Souvent appelé moteur asynchrone d'induction, il possède une carcasse munie intérieurement d'un circuit magnétique constitué d'un empilage de tôles en fer au silicium dont les encoches contiennent des spires de fil de cuivre composant les enroulements de la bobine. Ce bobinage est relié au réseau d'alimentation par l'intermédiaire des bornes du moteur.

De part et d'autre du stator sont montés deux paliers qui permettent par l'intermédiaire de roulements à billes, la rotation d'un arbre sur lequel est calé le rotor. Le rotor est constitué d'un empilage de tôles magnétiques de même nature que celles du stator et, munies également d'encoches.

Dans les moteurs à cage, ces encoches sont occupées par des barreaux en aluminium ou en cuivre dont les extrémités sont courts-circuitées.

Dans les moteurs asynchrones à rotor bobiné les encoches sont occupées par des spires en fil de cuivre isolé constituant des enroulements ouverts couplés en étoile. Les extrémités libres sont connectées à des bagues calées sur l'arbre et tournant avec lui. C'est sur ces trois bagues que frottent les balais par l'intermédiaire desquels on relie les résistances de démarrage.

La figure A2.2 montre le schéma électrique du moteur avec les résistances de démarrage.

Le démarrage direct consiste à brancher en un seul temps, le moteur sur la pleine tension. Les courbes caractéristiques sont données par les figures A2.3 et A2.4. Le système est peu coûteux, mais impose un appel de courant important. Le courant de démarrage peut évaluer 8 fois le courant nominal. Cet appel de courant important, pouvant causer des perturbations sur le réseau limite son utilisation aux faibles puissances.

Le démarreur peut être manuel ou automatique.

Le démarreur manuel permet d'établir ou de couper la tension sur le moteur, par la manœuvre d'un levier. Pour l'essentiel, il est composé d'un interrupteur tripolaire destiné au moteur triphasé mais utilisable également en diphasé. L'interrupteur est placé dans un coffret de protection. La pression des contacts est assurée par des ressorts. Entre la manette de commande et les contacts, est interposé un dispositif mécanique qui produit l'enclenchement et le déclenchement brusque de l'appareil. Les contacts sont disposés dans des chambres de soufflage qui assurent l'extinction de l'arc à l'établissement et à la rupture du courant. Les démarreurs automatiques sont munis d'un contacteur tripolaire ou tétrapolaire commandé par un électro-aimant, ce dernier étant soumis à des impulsions envoyées à l'aide de boutons-poussoirs.

démarrage

L'action de l'opérateur sur le bouton Marche produit l'enclenchement du contacteur C_1 qui met sous tension les enroulements statiques, tandis que les enroulements rotatifs se referment à travers la totalité des résistances $R_1 R_2 R_3 R_4$. La caractéristique couple/vitesse est représentée par R_4 , que l'on retrouve pour la caractéristique Intensité/vitesse sur les figures A2.3 et A2.4 respectivement.

Le contact temporisé de C_1 ferme le contacteur C_5 au bout de quelques secondes.

La résistance R_4 est éliminée du circuit rotorique. cet état est illustré par les courbes R_3 sur les figures.

Un contact temporisé de C_5 ferme le contacteur C_4 , au bout de quelques secondes, ce qui élimine les résistances R_4 et R_3 du circuit rotorique.

Le contact temporisé de C_4 ferme le contacteur C_3 , au bout de quelques secondes éliminant les résistances R_4 , R_3 et R_2 .

Enfin C_3 provoque la fermeture de C_2 par son contact temporisé, il n'y a plus aucune résistance additionnelle dans le circuit rotorique.

Les caractéristiques couple/vitesse et intensité/vitesse mettent en évidence les avantages d'une insertion de résistances rotoriques lors du démarrage en réduisant considérablement le couple et l'appel de courant.

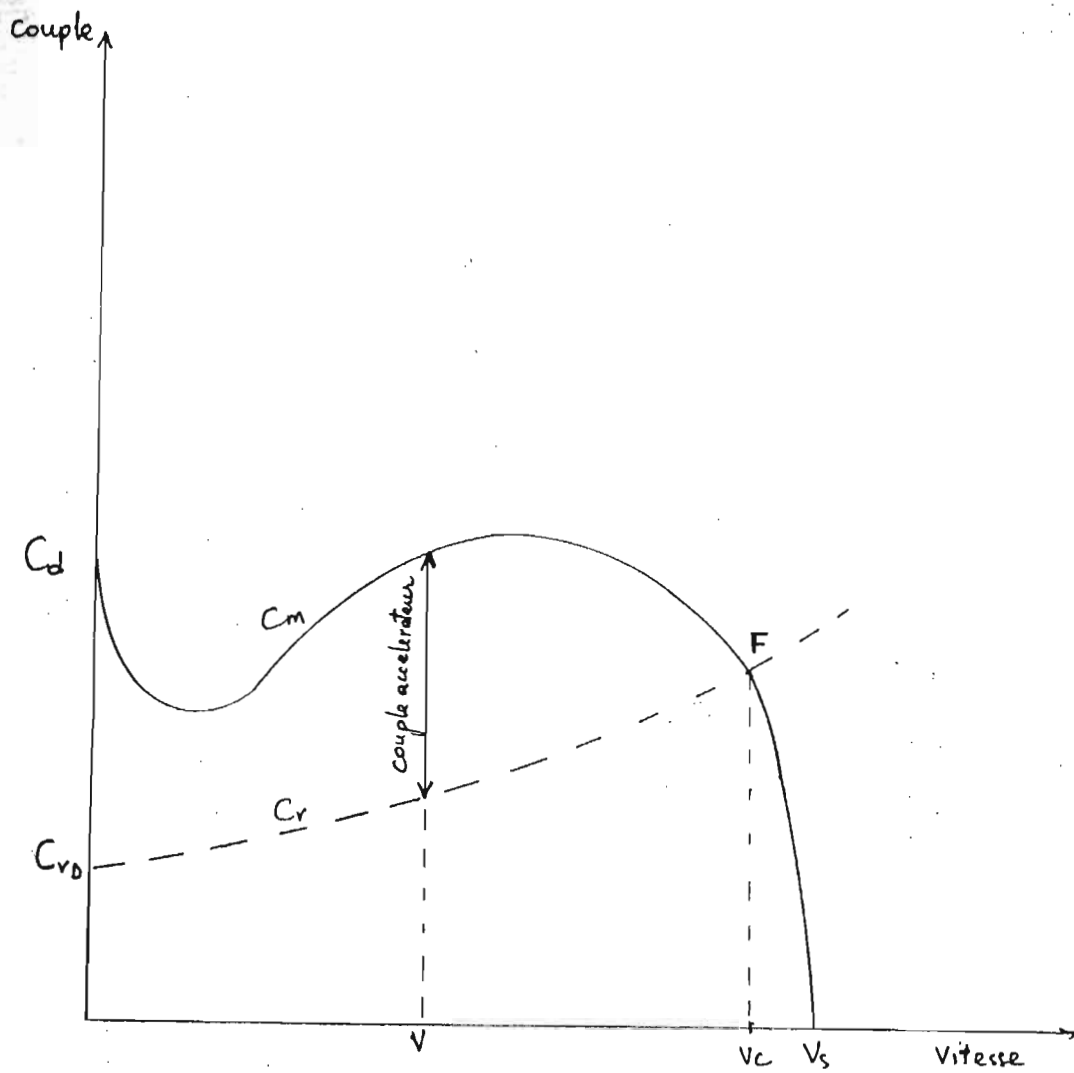


FIGURE A.2.1 caractéristique de démarrage d'un moteur [2]

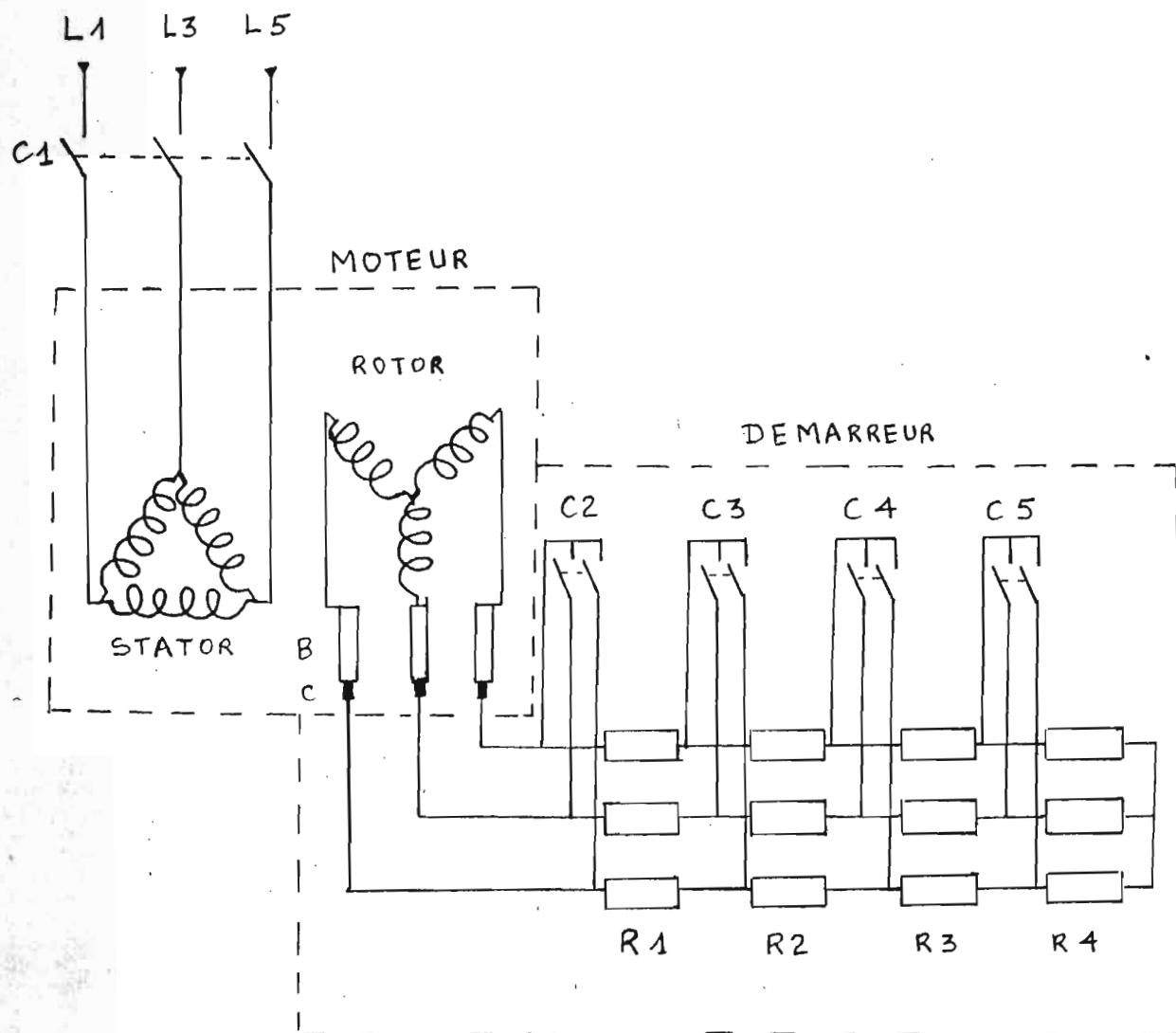


FIGURE A2.2 - Schéma électrique d'un moteur
asynchrone triphasé à rotor bobiné du type [2]

B : bague

C : balai

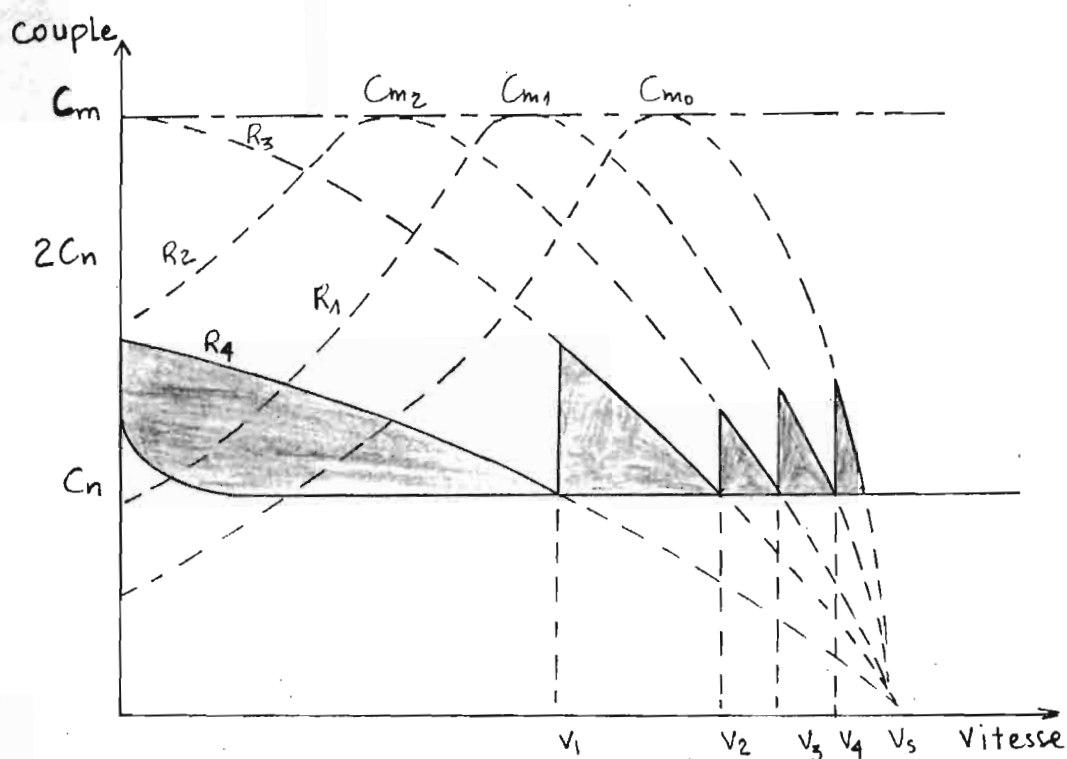


FIGURE A2.3. Caractéristique couple/vitesse d'un moteur à rotor bobiné

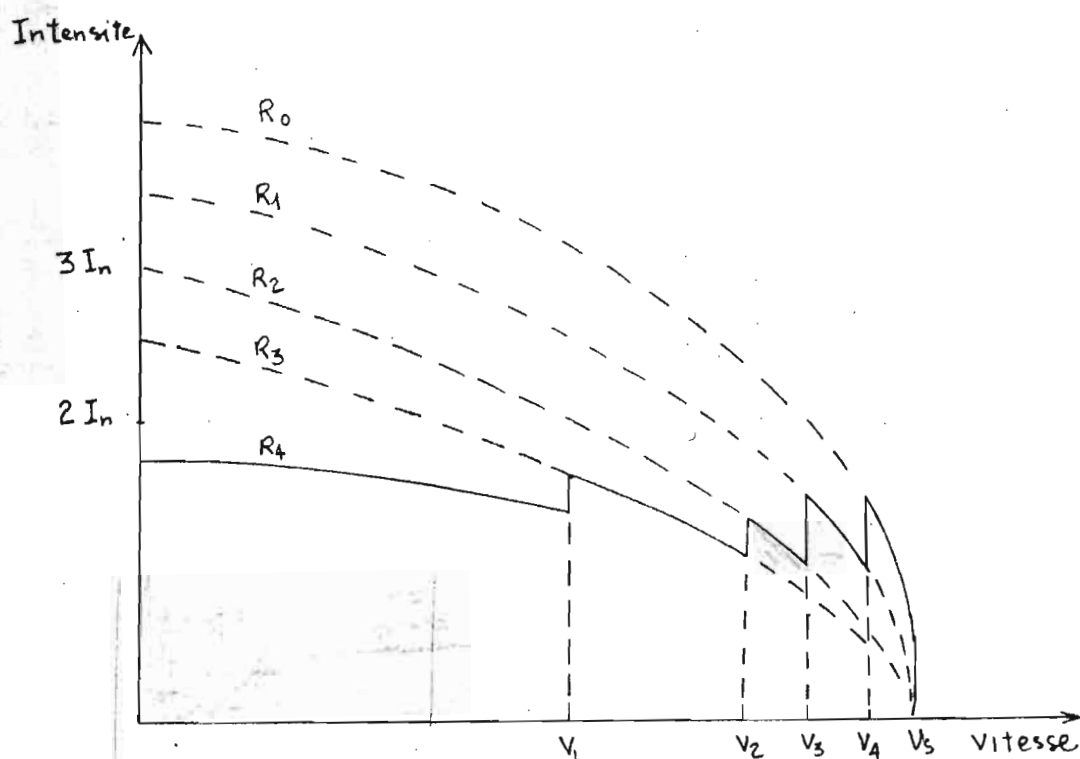
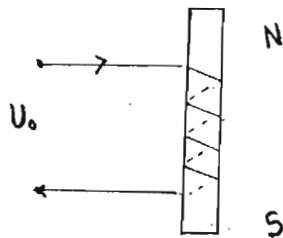
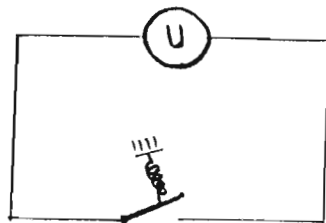


FIGURE A2.4. Caractéristique Intensité/vitesse d'un moteur à rotor bobiné.

A.3 - PRINCIPE DES ELECTRO-AIMANTS

Les électro-aimants sont des appareils qui utilisent l'aimantation d'un noyau de fer doux par un courant et sa désaimantation quand le courant cesse. Ils se composent en principe d'un noyau entouré d'une bobine. Le noyau aimanté attire une armature de fer doux qui vient au contact d'une butée. Lorsque le courant cesse dans la bobine, le noyau se désaimante, l'armature est alors relâchée et, sous l'action d'un ressort de rappel revient à la position de départ. C'est ce mouvement de l'armature qui est utilisé en électricité pour fermer et ouvrir un circuit comme sur la figure ci-dessous.



Par suite de l'aimantation induite développée sur l'armature il apparaît sur celle-ci, en regard du pôle de l'électro-aimant, un pôle de nom contraire :

c'est ce qui entraîne l'attraction. La force d'attraction dépend de l'aimantation du noyau et de l'armature. Elle est donnée par la formule de Maxwell.

$$F = \Phi^2 / (2\mu_0 S) = B^2 S / (2\mu_0) \quad [4]$$

F: force électromagnétique

Φ : flux utile dans l'air

μ_0 : perméabilité du vide ($= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$)

S: surface des pôles

B: induction magnétique

Le même principe est utilisé dans les relais et les contacteurs

En courant alternatif, l'induction maximale dans le fer de l'électro-aimant est donnée par la relation:

$$B_m = U\sqrt{2} / NWS \quad [4]$$

Les forces d'attraction à l'appel et au maintien sont égales.

Le courant dans la bobine s'exprime par la relation $I = U/Z$ or l'impédance est beaucoup plus faible à circuit magnétique ouvert qu'à circuit magnétique fermé, il en résulte que le courant d'appel est notablement plus élevé que le courant de maintien.

Néanmoins les contacteurs sont du point de vue de l'échauffement, calculés pour le courant de maintien car la surintensité d'appel est de très courte durée.

Lorsque la bobine est alimentée en tension continue constante, le courant qui le parcourt $I = U/R$ détermine la force

magnétomotrice $\mathcal{F} = NI$. Ainsi quand l'entrefer augmente, la réluctance R du circuit magnétique augmente, et l'induction qui lui est inversement proportionnelle diminue.

$$\Phi = \mathcal{F}/R \quad , \quad B = NI/R_0 \quad [4]$$

Il en résulte que à résistance constante du circuit, de la bobine, la force de maintien du contacteur fermé est plus élevée que la force d'appel. Pour réduire ou supprimer l'écart entre ces deux forces, on modifie la résistance du circuit entre les positions du contacteur ouvert et contacteur fermé.

Une résistance d'économie de consommation est mise en série dans le circuit de la bobine quand le contacteur est fermé, soit par l'adjonction de contact auxiliaire à ouverture soit en incorporant la résistance dans la portion de circuit du contact d'auto-alimentation. C'est la première solution qui a été utilisée dans la commande du broyeur, où on a utilisé un redresseur en pont pour alimenter la bobine. En utilisant le courant alternatif redressé on supprime les bruits du contacteur.

A.4 THEORIE DES ASSERVISSEMENTS

On rencontre les asservissements dans tous les domaines de la physique et de la technique industrielle. Lorsque la commande d'un système résulte de la comparaison entre l'effet obtenu et l'effet désiré, et agit de façon à réduire l'erreur constatée quand le système est soumis à des actions extérieures perturbatrices, le système est alors dit système asservi. Un asservissement est défini par sa finalité. En effet si l'effet désiré est :

- Le maintien à une valeur constante d'une grandeur on se trouve en présence d'un régulateur de maintien ;
- Le maintien du rapport de deux grandeurs à une valeur constante, on obtient une régulation de proportion ;
- La copie $y(t)$ d'un mouvement $x(t)$ imposé, le système est un servomécanisme. [7]

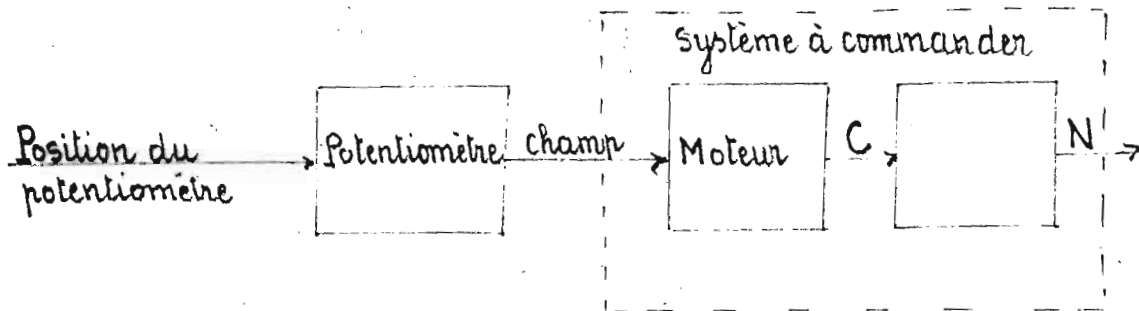
Système de commande en chaîne ouverte

Un système physique est dit commandé s'il produit une grandeur y appelée grandeur de sortie, dont la valeur dépend d'une autre grandeur x appelée grandeur d'entrée du système ou grandeur de commande.

Il sera représenté par un schéma dit fonctionnel. Les flèches de ce schéma sont essentielles parcequ'elles indiquent que c'est y qui dépend de x et non x qui dépend de y .

Autrement dit, le phénomène n'est pas réversible.

Dans la commande électrique, x et y sont des variables binaires. Elles prennent la valeur 1 en position de travail et la valeur 0 au repos.

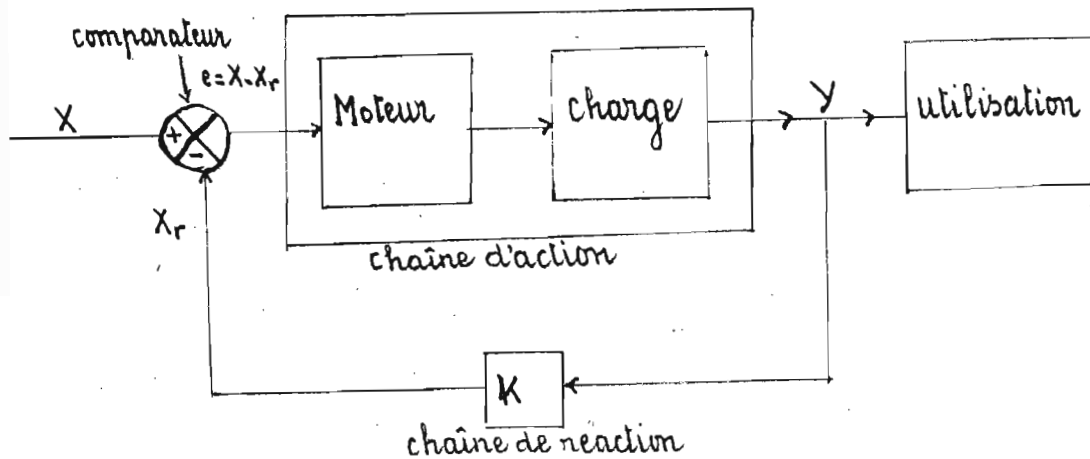


Dans ce diagramme l'élément de commande est le potentiomètre, le système à commander est constitué par le moteur et sa charge. Le moteur et la charge peuvent aussi actionner un autre système à commander. Ainsi en poursuivant, on arrive à réaliser une chaîne d'asservissement, comme dans l'étude ultérieure avec l'unité de broyage du ciment.

Système de commande à retour

Il arrive qu'il soit nécessaire de contrôler la sortie dans certaines limites. On établit, pour ce faire une comparaison entre l'entrée et la sortie. Cette comparaison se fait à l'aide d'un comparateur qui élabore la différence entre le signal de sortie et celui d'entrée, $e = y - x$ appelé signal d'erreur. Le signal d'erreur est directement appliqué à l'entrée de la chaîne d'action.

Le schéma montre l'exemple d'un système asservi en boucle fermée, où le signal de réaction est la tension.



D'une manière générale, les systèmes asservis possèdent trois propriétés essentielles, qui constituent toutes trois des façons légèrement différentes d'exprimer leur qualité de systèmes à retour qui sont :

- La capacité de s'adapter activement à des conditions d'emploi imprévues en tenant compte du résultat de son action pour modifier cette dernière ;

- La capacité de fonctionner indépendamment de certaines conditions extérieures grâce à la branche de retour qui oblige le système à obéir sûrement à l'entrée de commande ;

- L'obtention d'une bonne précision en réalisant l'égalité entre l'entrée et la sortie. [6]

A.5-ANALYSE SEQUENCIELLE

A5.1 Notion de logique binaire

Un circuit d'automatisme électrique comporte des récepteurs (moteurs, relais), et des dispositifs de commande, contacts ou dispositifs électroniques. Dans les circuits de commutation, tous ces éléments interviennent sous forme bivalente: un récepteur est alimenté ou non, un contact est fermé ou ouvert, un dispositif électronique est passant ou ne l'est pas. On convient de repérer les deux états de chaque élément, respectivement par les chiffres 1 et 0:

1 représente un moteur alimenté, ou un contact fermé.

0 représente un récepteur non alimenté ou un contact ouvert.

Les valeurs 0 et 1 représentent les variables de l'algèbre binaire. Cette algèbre s'applique tout naturellement aux circuits de contacts électriques, un contact ne pouvant présenter tout naturellement que deux états: l'état actionné et l'état non-actionné. Cette algèbre tire son nom d'algèbre logique du fait que ses premières applications ont été faites par Boole pour représenter des raisonnements de logique formelle. Les propriétés de la logique formelle s'appliquent également à la logique binaire, permettant ainsi la réduction et l'amélioration des circuits électriques. En effet par l'algèbre logique on parvient à remplacer des circuits par leurs circuits équivalents plus simples, c'est-à-dire plus économiques car utilisant moins de contacts.

Circuit de combinaison et circuit séquentiel

Un circuit est dit de pure combinaison lorsque la notion de temps n'intervient pas. Ainsi dans un circuit de pure combinaison, on peut prévoir l'état des organes commandés rien qu'en regardant l'état des contacts.

Quant au circuit séquentiel, il fait intervenir la notion de temps de sorte que deux états soient différents, si, bien que correspondant à la même combinaison des variables d'entrée, ils définissent des sorties différentes.

En considérant par exemple un relais commandé par auto-alimentation : on ne peut pas connaître l'état du relais rien qu'en voyant l'état des boutons-poussoirs de marche et d'arrêt. Le relais est actionné si quelqu'un a précédemment envoyé une impulsion sur le bouton marche ; il est non-actionné si quelqu'un a envoyé une impulsion sur le bouton d'arrêt.

L'étude des circuits séquentiels est d'une importance plus grande que celle des circuits de pure combinaison dans la commande des machines automatiques.

A5.2. Notion de phase

Considérons deux relais X et Y fonctionnant dans les conditions suivantes sous l'action de deux boutons-poussoirs M et A: le poussoir M commande la mise en service de deux phases X et Y, le relais X reste actionné pendant le temps où M est tenu appuyé, Y reste actionné après le lâché de M, tant que A n'a pas été actionné.

Le fonctionnement du relais Y peut être décomposé en 4 phases comme montré. [1]

Phase		A	M	Y
n°1	état initial repos	0	0	0
n°2	j'appuie sur le bouton Marche	0	1	0
n°3	cela fait coller le relais Z	0	1	1
n°4	je relâche le bouton M, le relais Z reste alimenté par son contact d'auto-alimentation	0	0	1

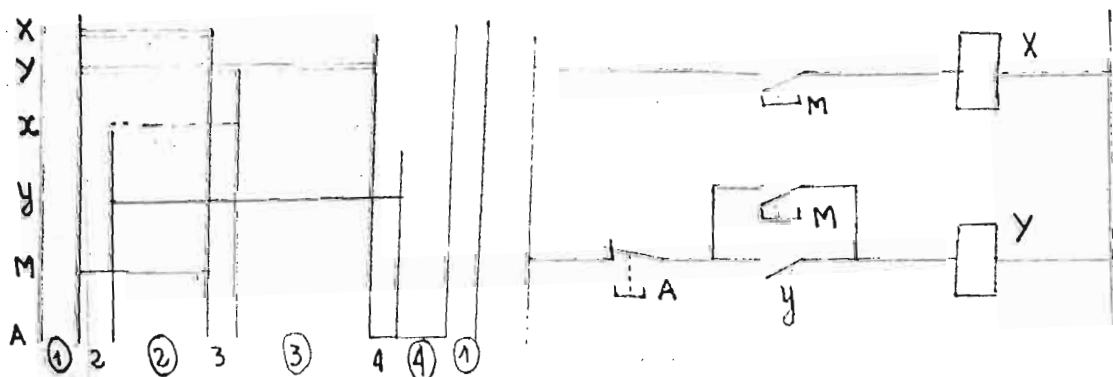


FIG 3.1

Le schéma 3.1 met en évidence quatre états stables numérotés de (1) à (4) et cerclés, ainsi que les états transitoires relatifs aux phases (2), (3) et (4).

Les états transitoires 3 et 4 correspondent au fonctionnement d'un seul relais à la fois. Il est à noter que l'état transitoire 2 n'est pas stable, car il n'y a pas de simultanéité des contacts. Cependant cette indécision de faible durée dans l'ordre d'action des contacts est souvent sans importance, en particulier dans le cas où les contacts actionnés par X et Y agissent sur des circuits indépendants.

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

GENIE MECANIQUE

PROJET
DE
FIN D'ETUDES

TITRE: OPTIMISATION DU CONTROLE ET DE LA
COMMANDE DU BROEUR UNIDAN3
DE LA SOCOCIM-INDUSTRIES




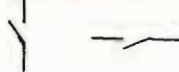

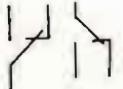









PRESENTE PAR: BABA DIANKHA

JUIN 1985

REPertoire FOLIO

- 1 symboles et nomenclature
- 2 Diagramme d'asservissement
- 3 synoptique de broyage
- 4 commande et signalisation U3
- 5 " "
- 6 " "
- 7 " "
- 8 " "
- 9 " "
- 10 " "
- 11 commande et signalisation des auxiliaires
- 12 securites broyeur
- 13 protection amperemetrique
- 14 commande demarreur broyeur
- 15 implantion salle de contrôle
- 16 schema du pupitre de commande
- 18

Symboles

Lampe de signalisation	
Phare lumineux	
sirène de sécurité - Avertisseur	
contact à fermeture	
contact à ouverture	
contact à deux directions	
contact temporisé à l'action	
contact temporisé au relâchement	
contact actionné par la température	
contact actionné par un fluide	
contact actionné par la pression	
commande électromagnétique	
commande à action temporisée	
coup de point	
commande mécanique par poussoir	

Commande à accrochage



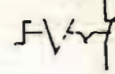
Retour non automatique



Relais Thermique



Bouton tournant à manette



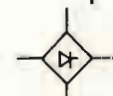
Fusible



Résistance

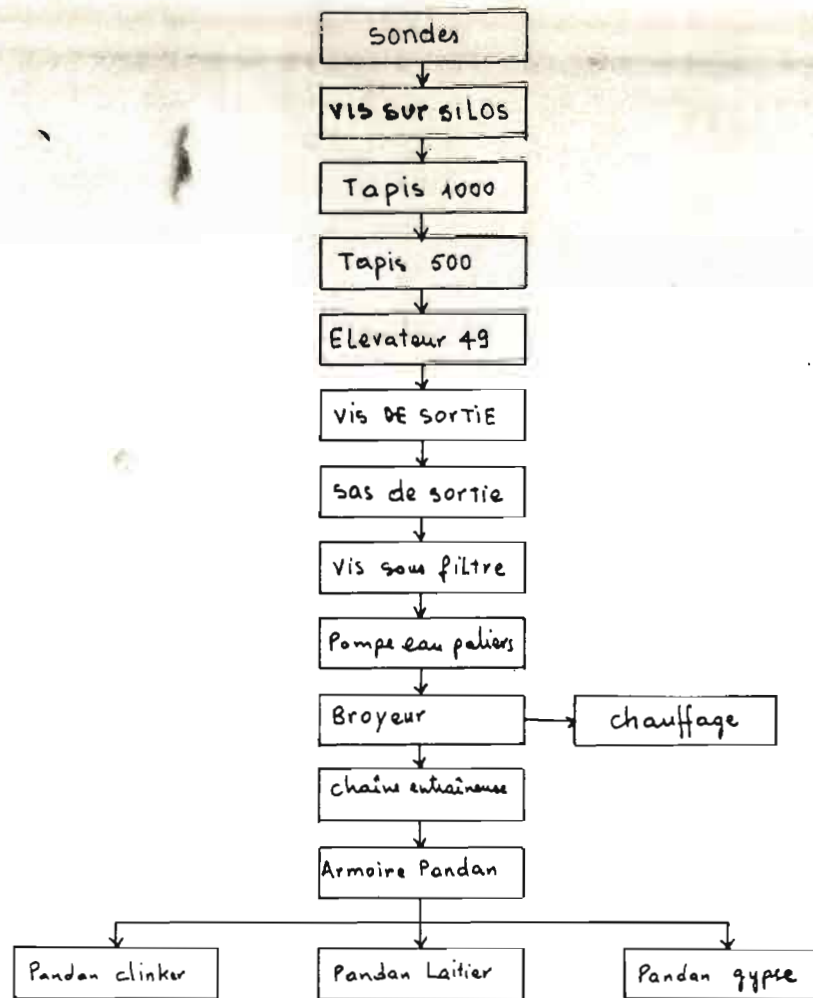


Pont redresseur



NOMENCLATURE

Avertisseur sonore ou lumineux	H
Sectionneur	Q
fusible	FA
Bouton-poussoir	S
contacteur puissance	KM
contacteur auxiliaire	KA
dispositif de protection	F
Moteur	M
fin de course	f.d.c



auxiliaires

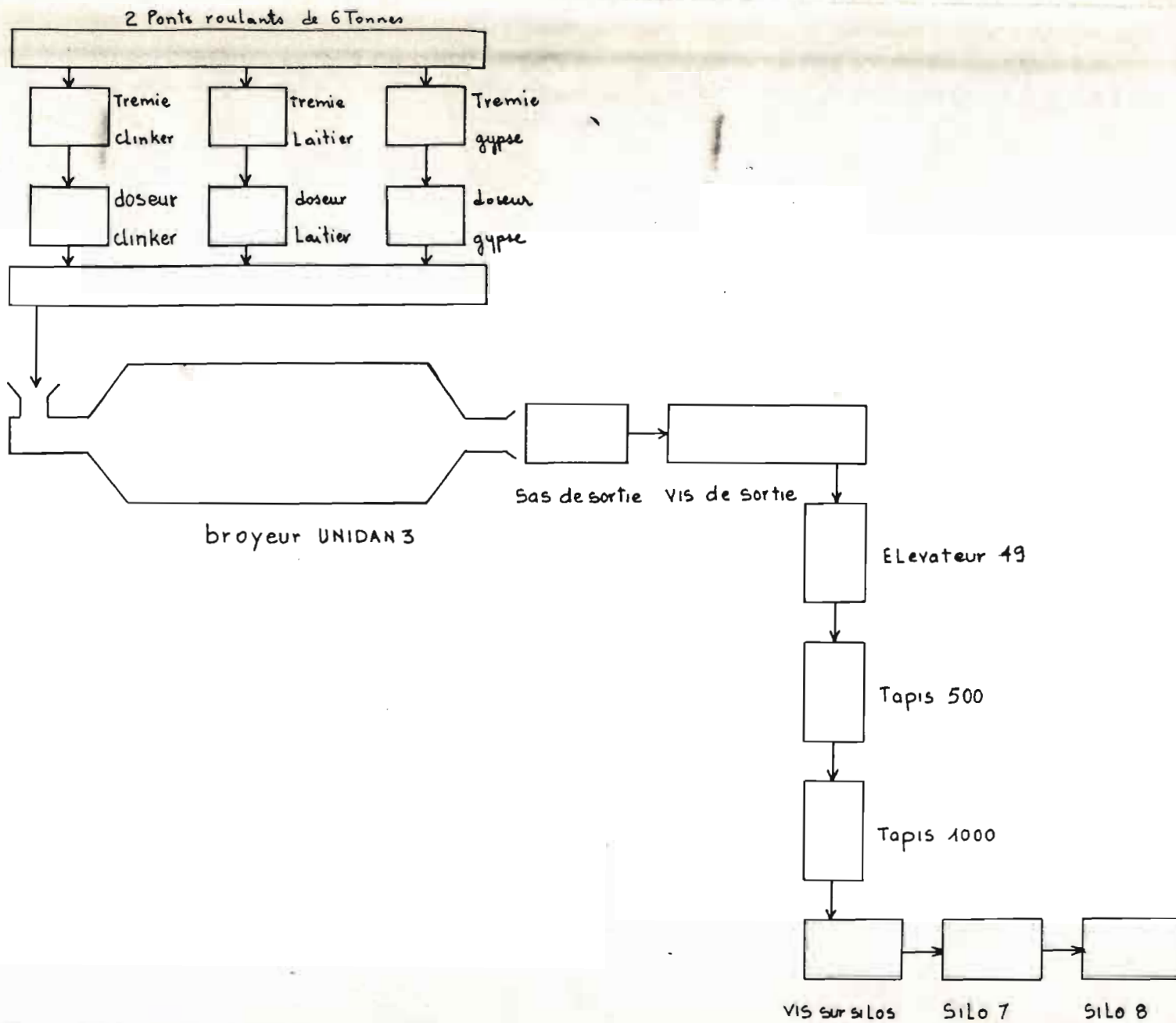
Pompe de pulvérisation

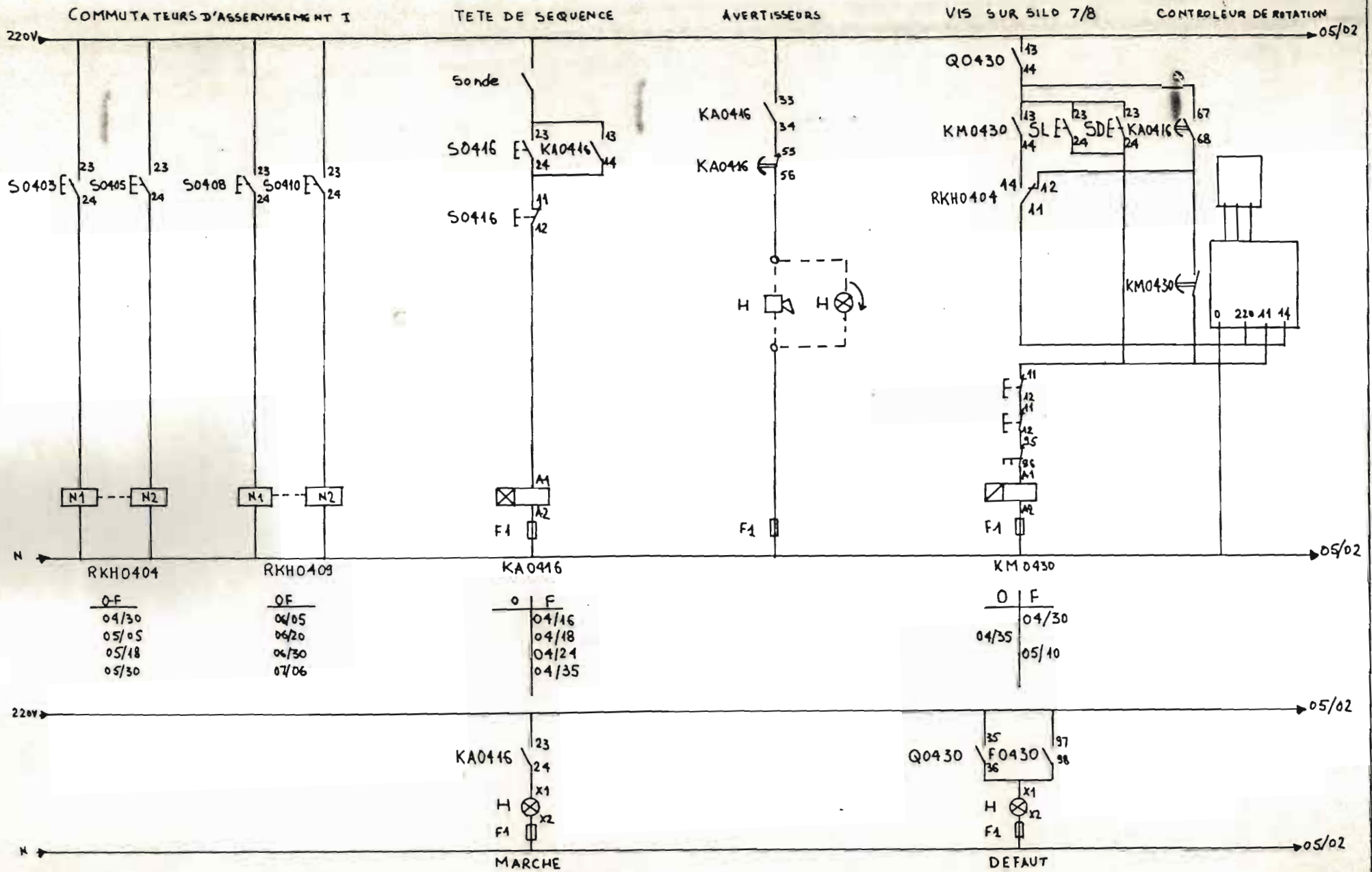
ventilateur filtre

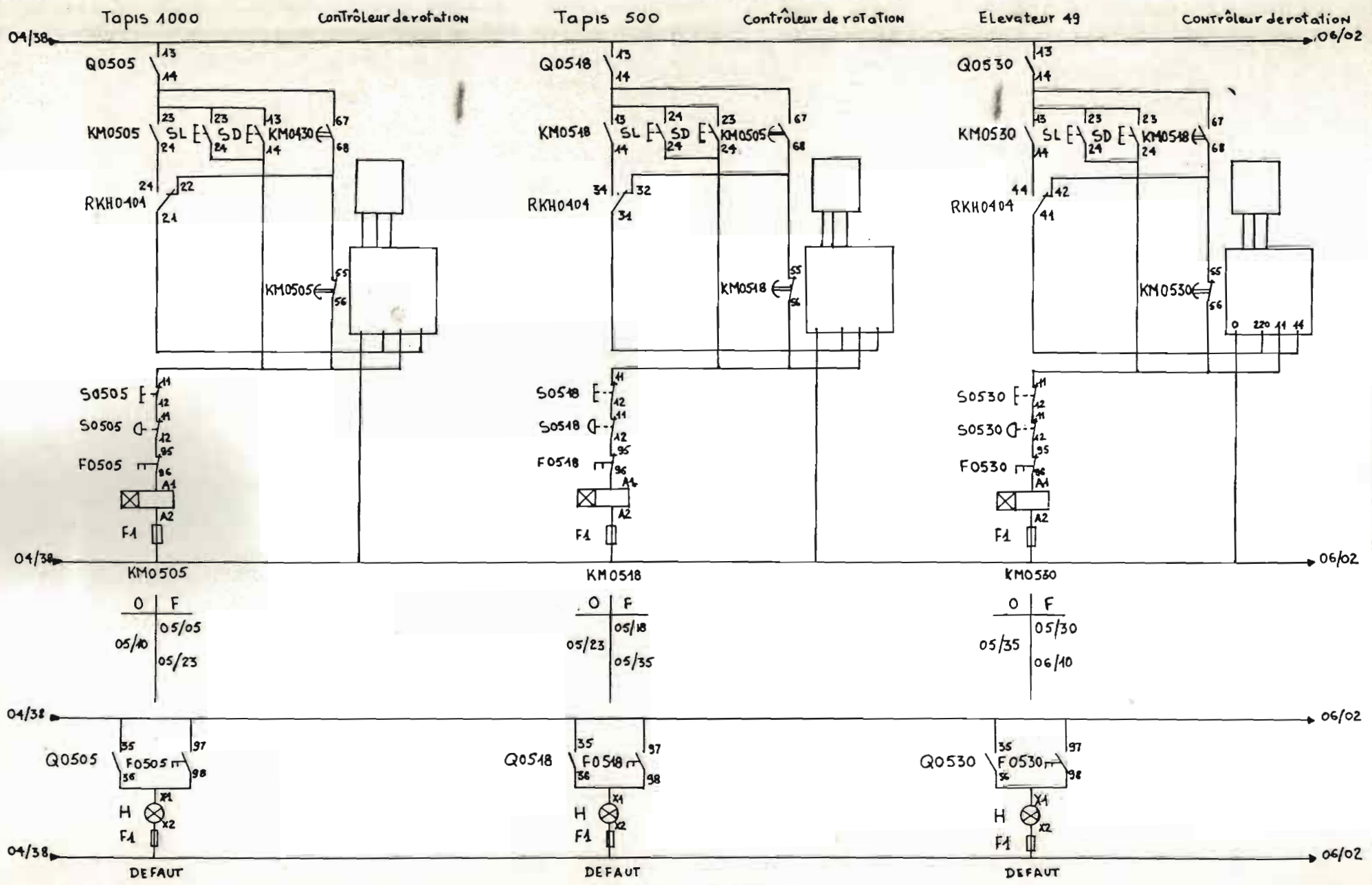
ventilateur cabine

ventilateur local

ventilateur copco







04/38

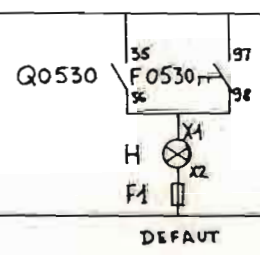
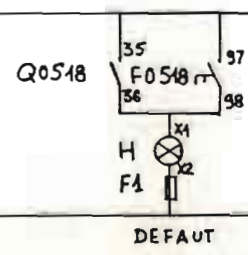
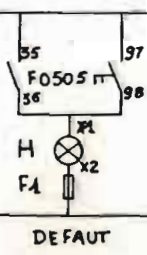
KM0505	
O	F
05/40	05/05
	05/23

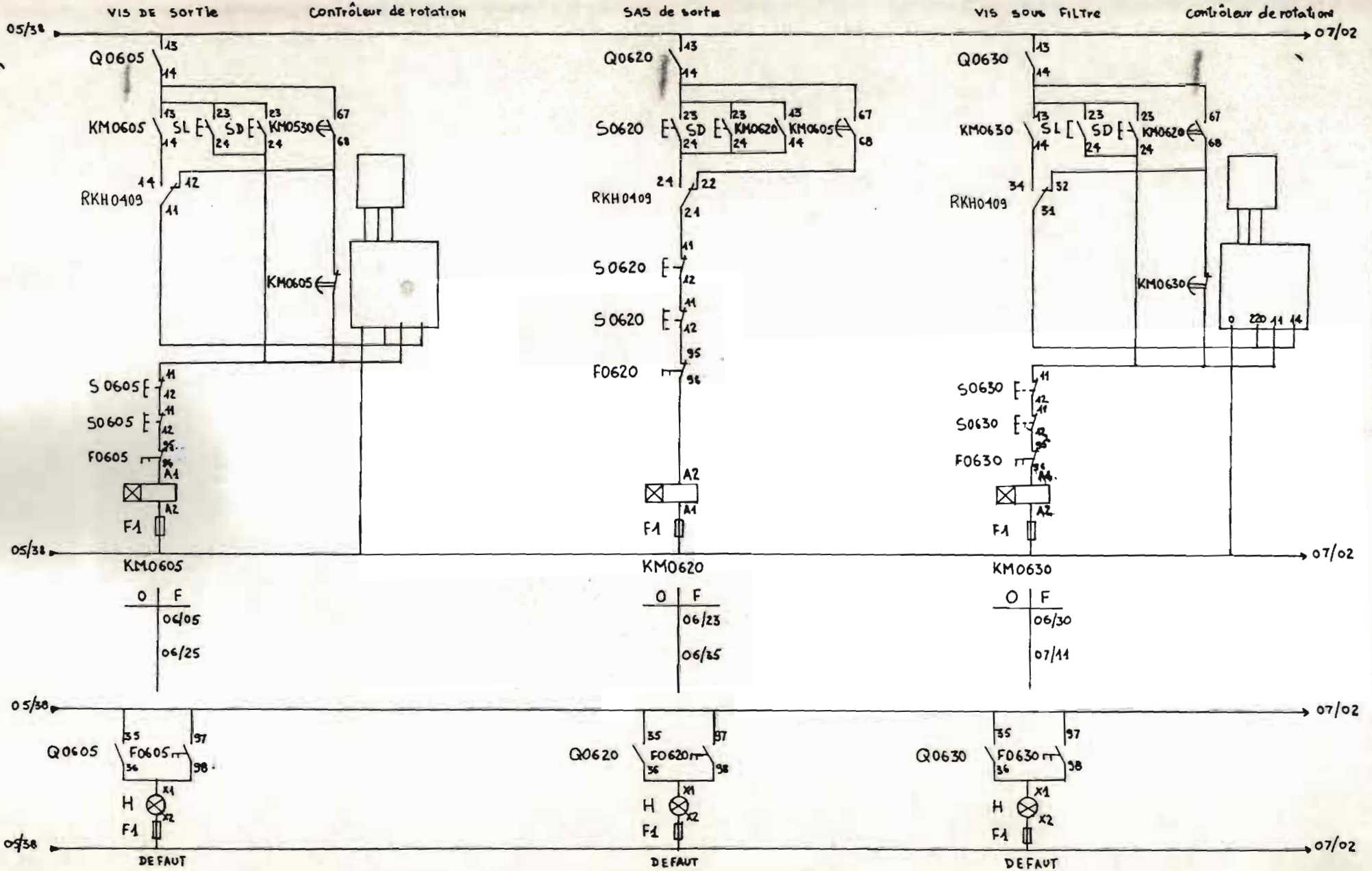
04/38

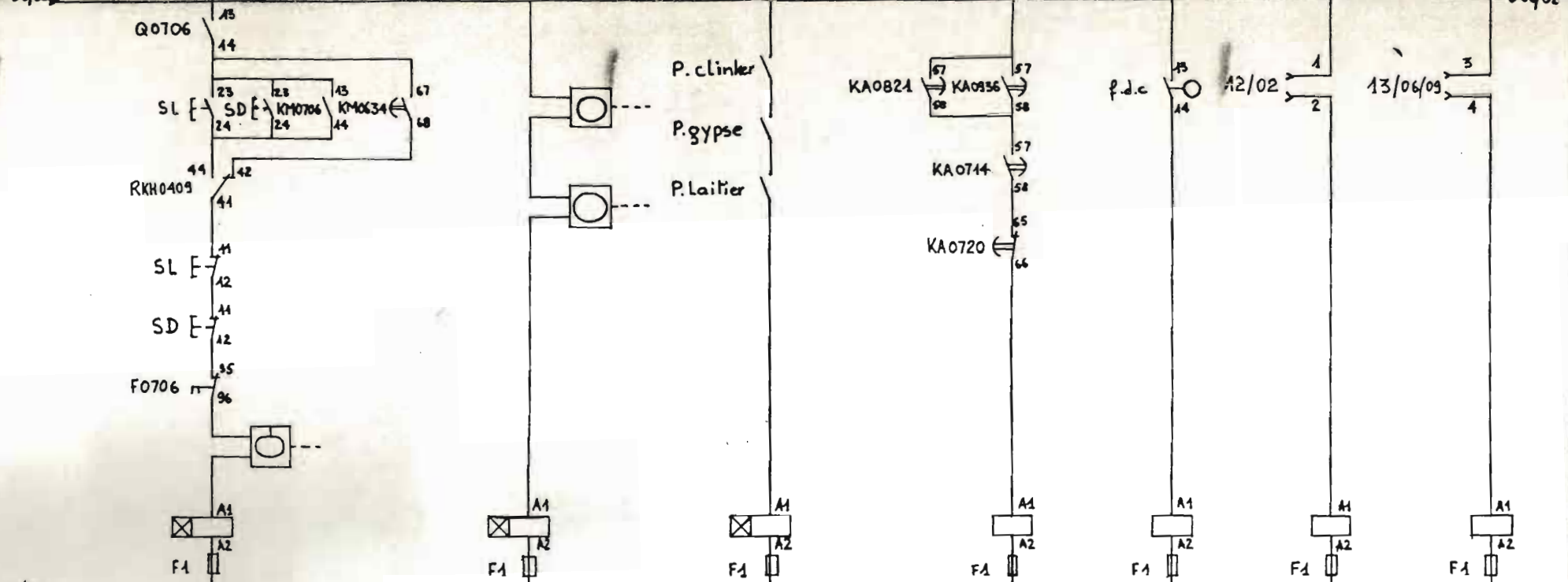
KM0518	
O	F
05/23	05/18
	05/35

04/38

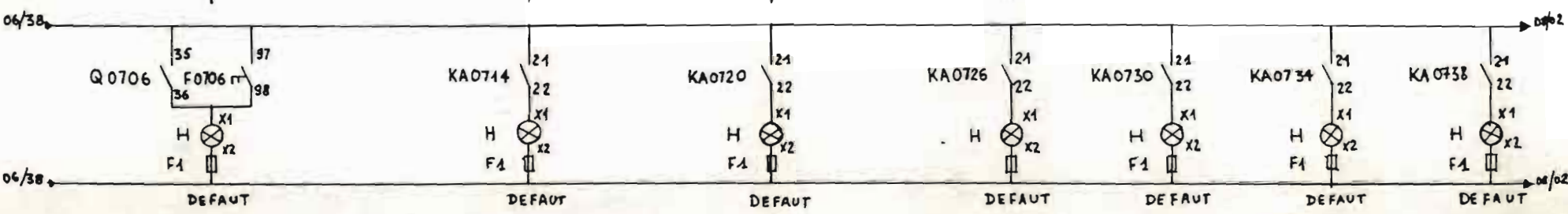
KM0530	
O	F
05/35	05/30
	06/10



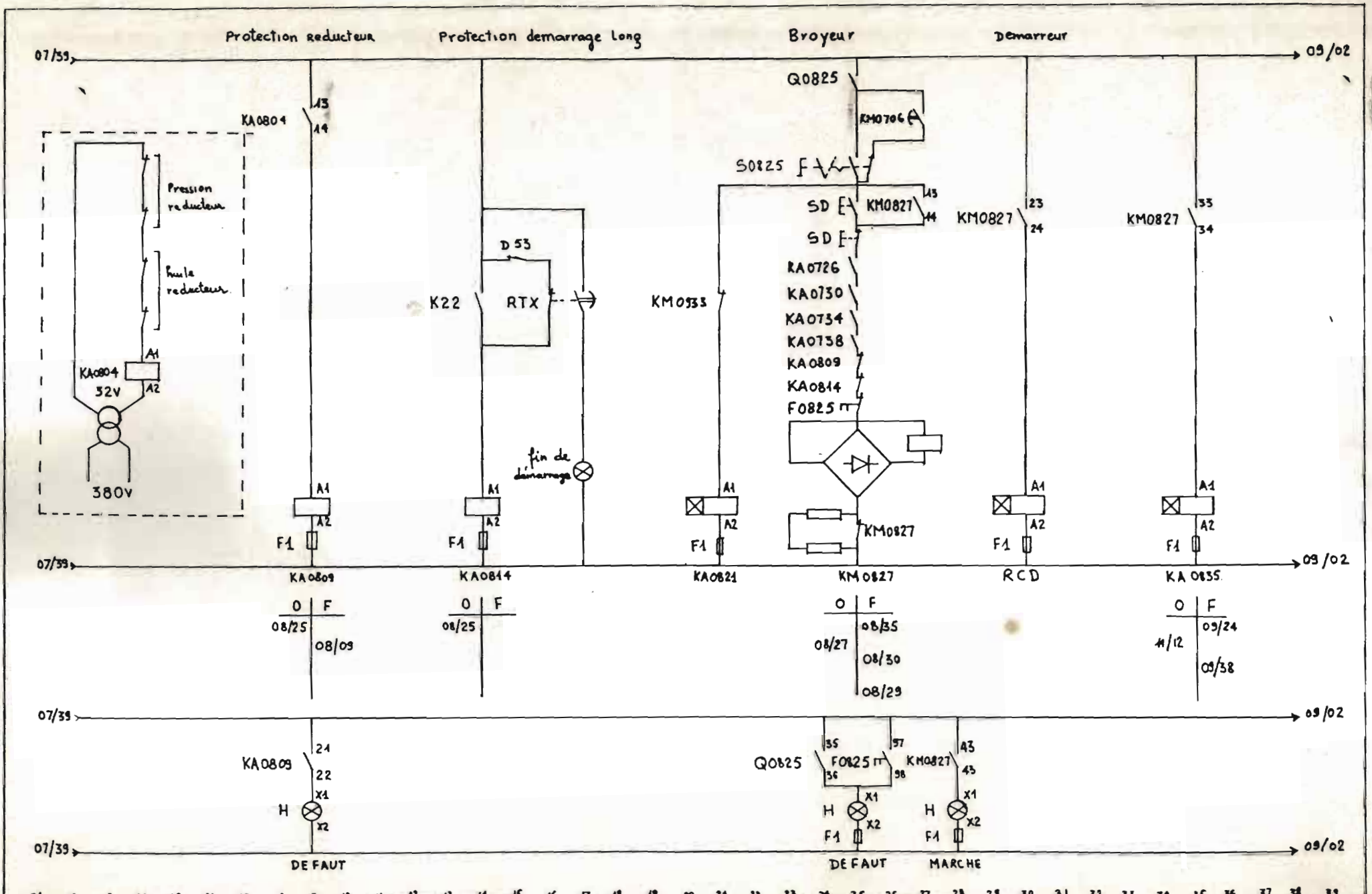


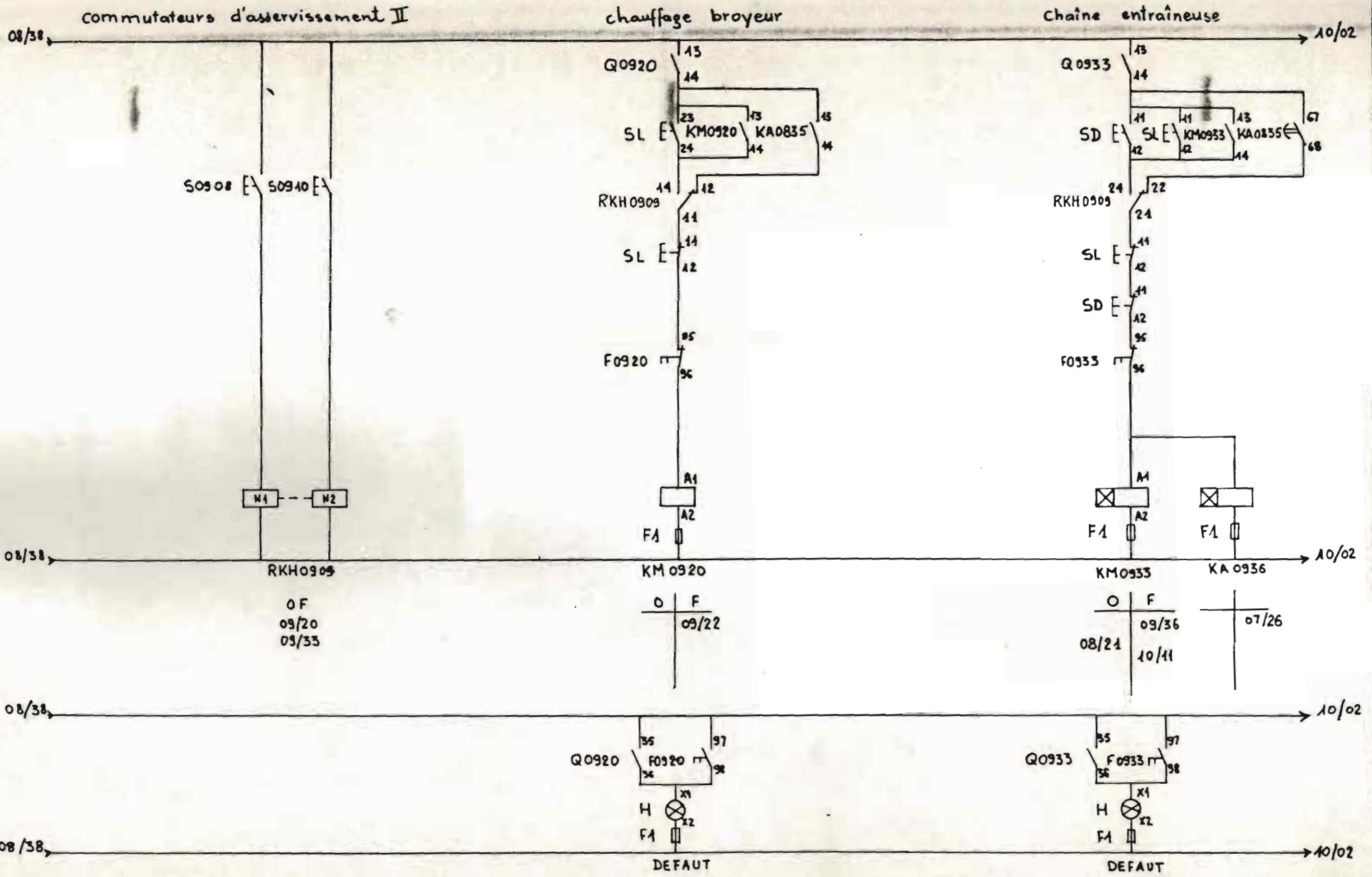


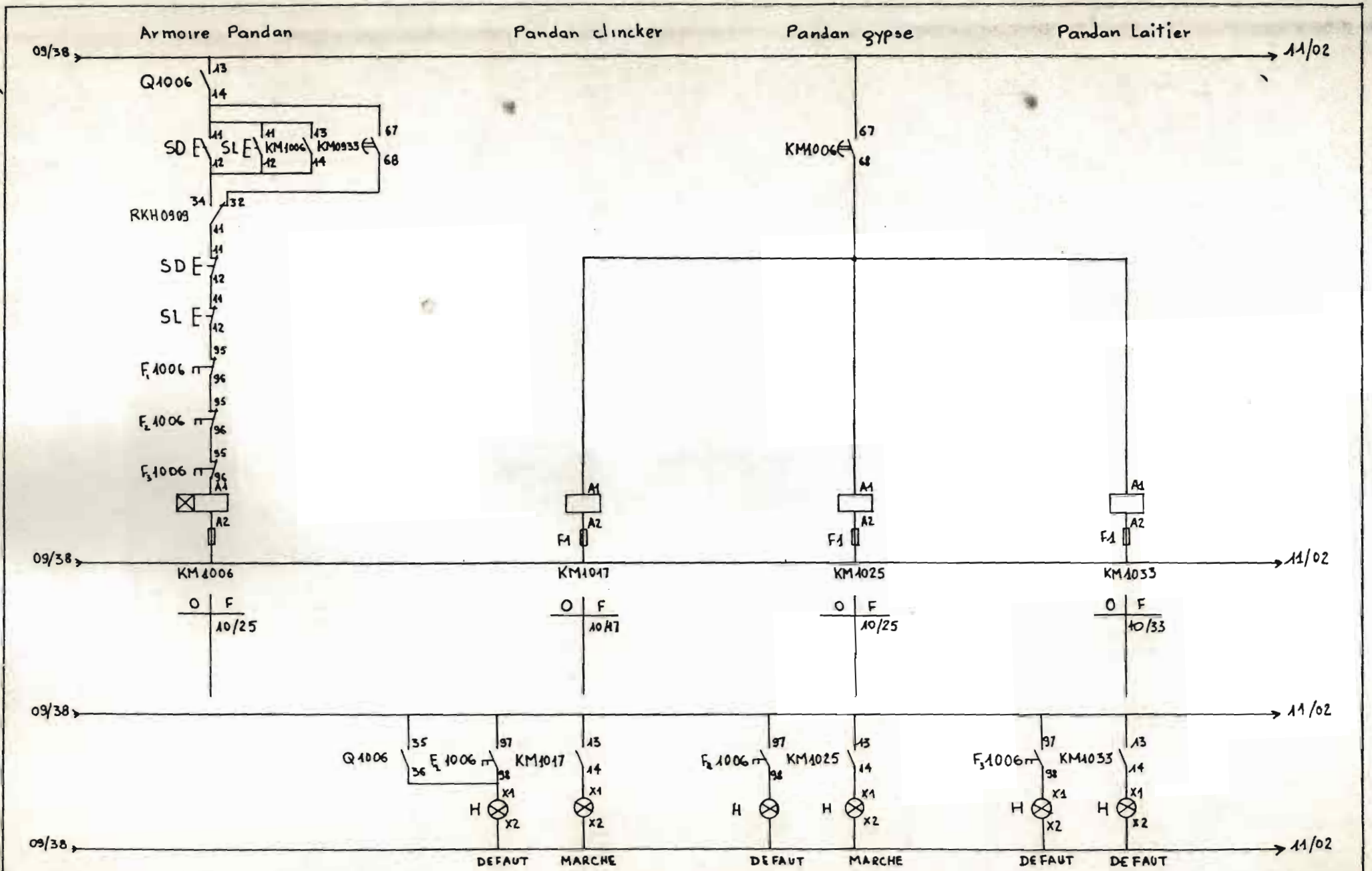
06/38	KM0706	KA0714	KA0720	KA0726	KA0730	KA0734	KA0738	08/02
	O F	O F	O F	O F	O F	O F	O F	
	0706 07/09 0827	07/14 07/26	07/26 07/20	07/26 08/25	07/30 08/25	07/34 08/25	07/38 08/25	

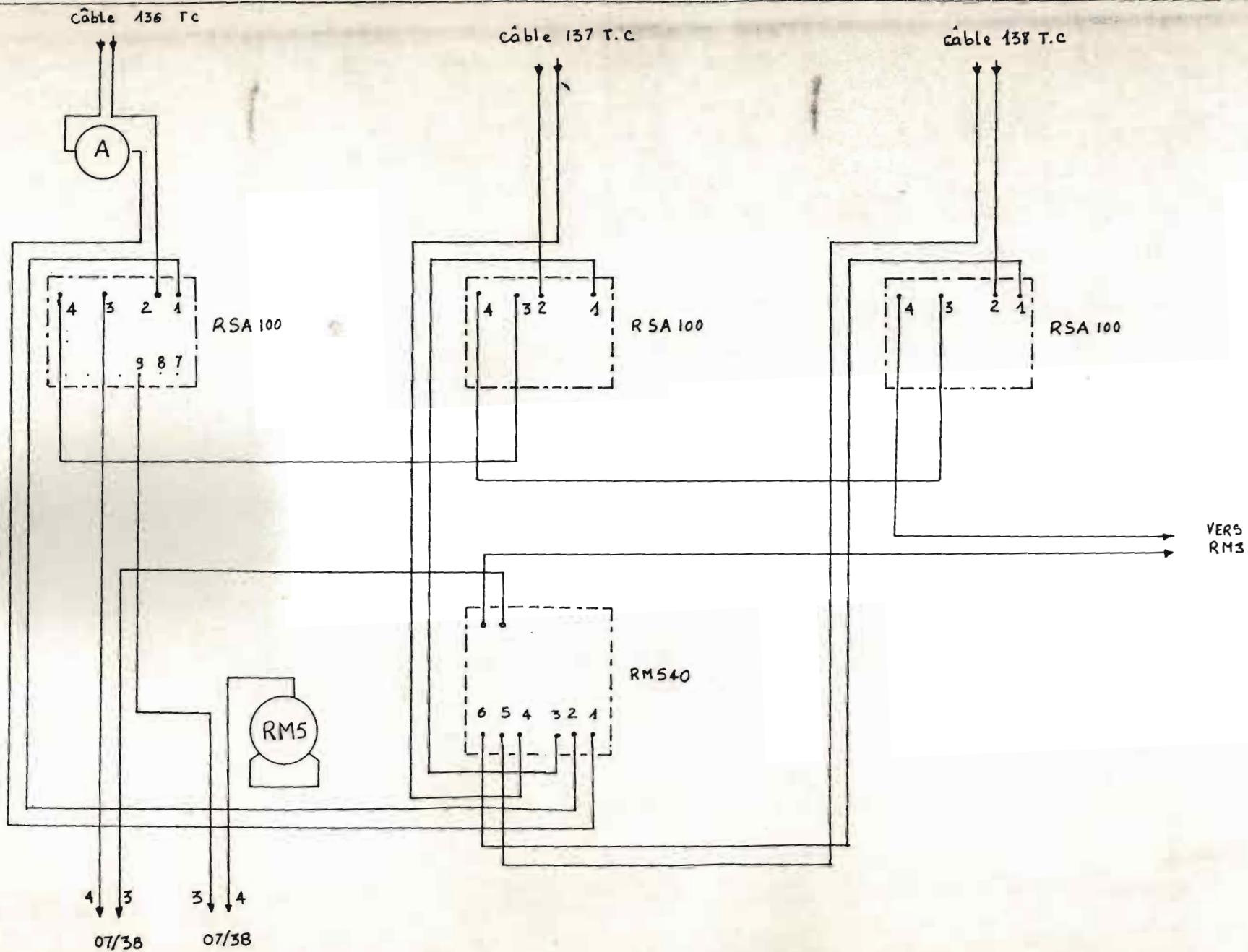


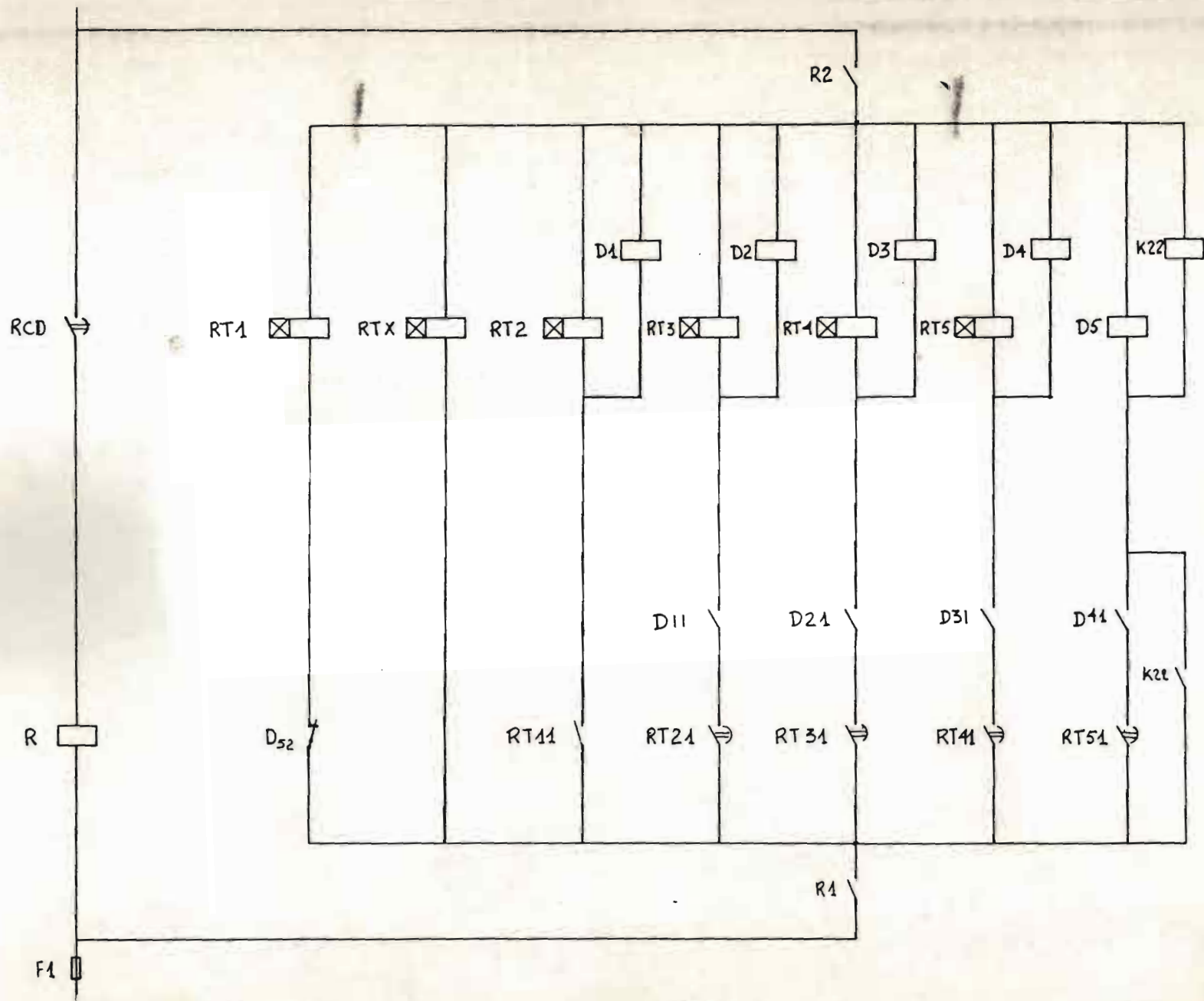
06/38	Q0706	KA0744	KA0720	KA0726	KA0730	KA0734	KA0738	08/02
	DEFAUT	DEFAUT	DEFAUT	DEFAUT	DEFAUT	DEFAUT	DEFAUT	

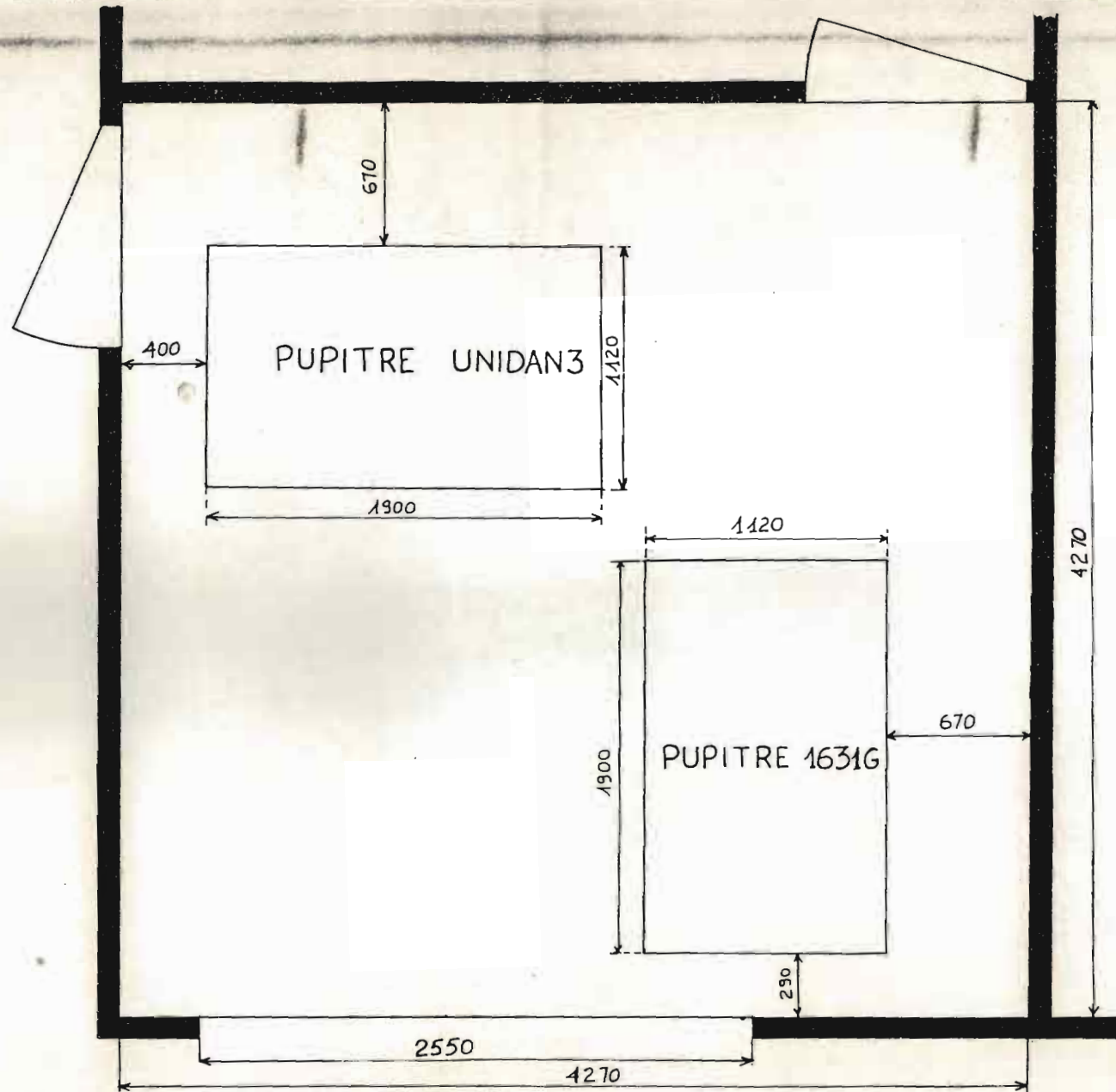












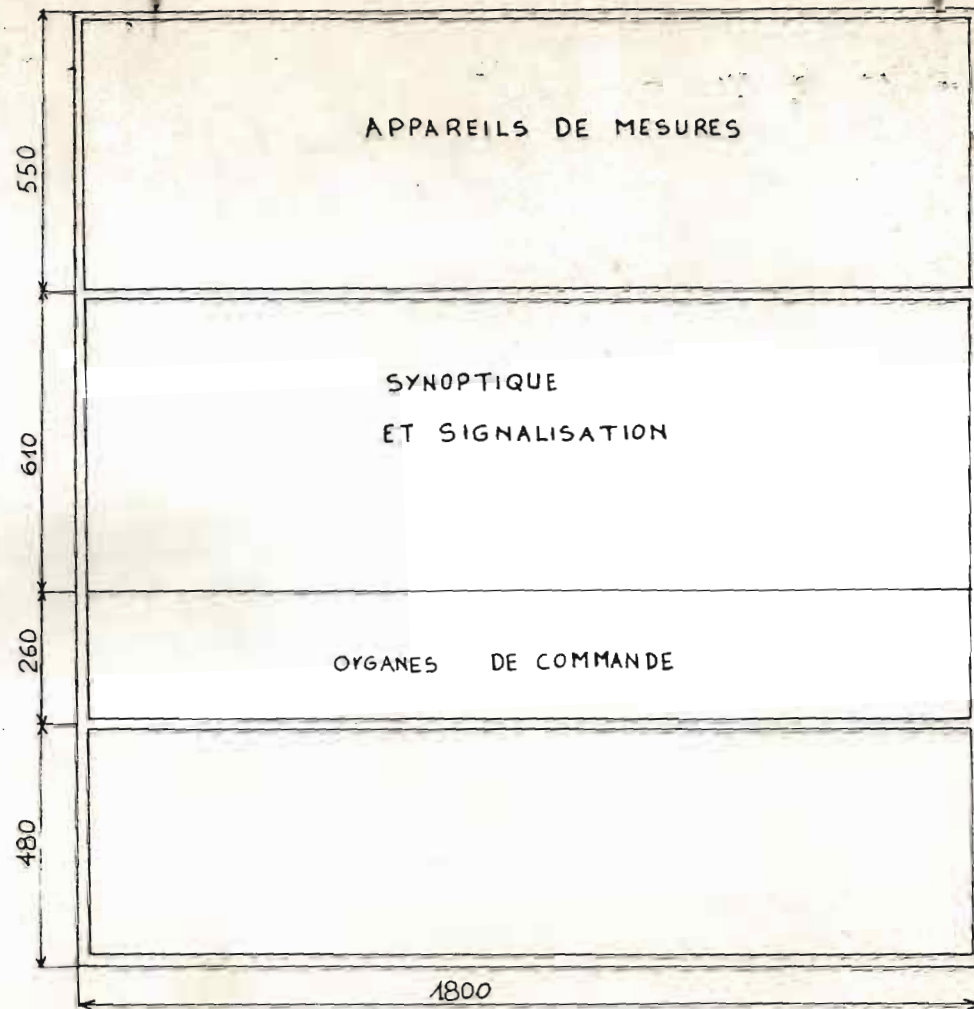
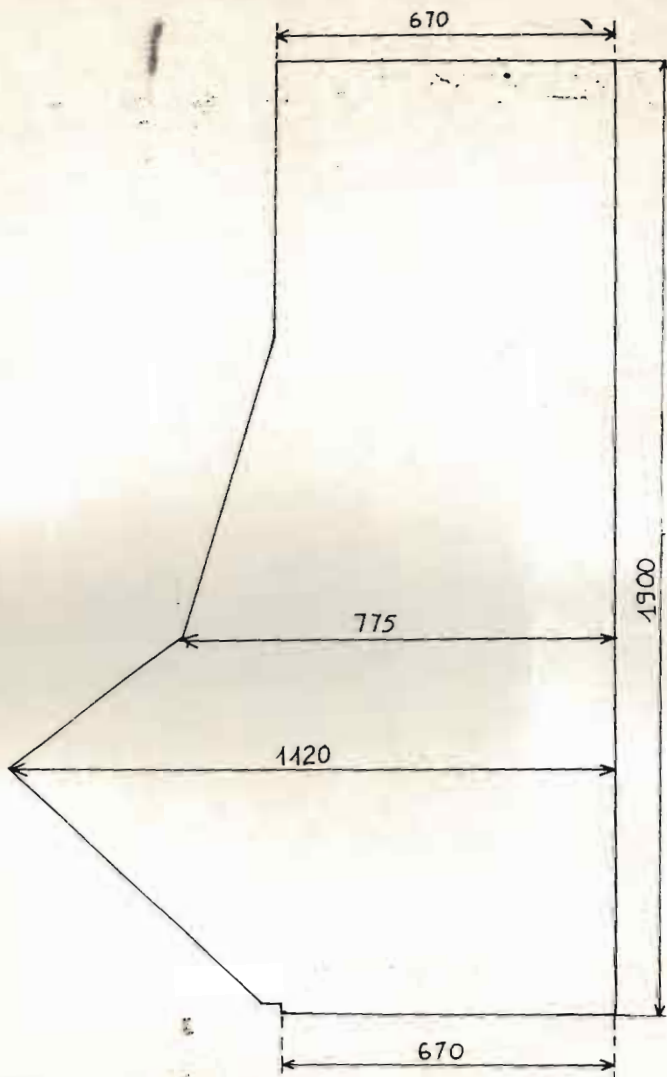
ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
 PROJET DE FIN D'ETUDES - JUIN 1985

réalisé par B. DIANKHA
 vérifié par

SOCOCIM - INDUSTRIES
 implantation salle de contrôle

ech 1/20

FOLIO
 15



e = 3mm