

UNIVERSITE D'ALGER

25/75

20/75

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Departement Electricité



PROJET DE FIN D'ETUDES

**COMMANDE ÉLECTRIQUE
D'UN PONT ROULANT
DANS UNE FONDERIE**

Proposé par :

M. Carol SAAL :

Etudié par :

Mohamed SEKER :

Slimane KORIDET :

JUIN 1975

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Departement Electricité

COMMANDE ÉLECTRIQUE

D'UN PONT ROULANT

DANS UNE FONDERIE

Proposé par :

M. Carol SAAL :

Etudié par :

Mohamed SEKER :

Slimane KORIDET :

JUIN 1975

Nous tenons à remercier M. SAAL Carol, Professeur Doc. Ing. qui nous a proposé ce sujet, de ses suggestions et de ses conseils forts utiles qu'il a bien voulu nous donner tout au long de notre étude.

Nous saisissons cette occasion pour remercier tous ceux qui ont contribué à notre formation.

Qu'il nous soit permis de remercier également les membres du jury qui ont bien voulu honorer de leur présence notre soutenance.

M. SEKER.

S. KORIDET.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Généralités	2
I-Dénomination, but et domaine d'utilisation.....	4
II-Conditions spéciales, fonctionnelles et dimensionnelles	6
III-Choix des systèmes d'entraînement des mécanismes de levage et de translation.....	8
IV-Choix du système de réglage de la vitesse.....	10
V-Détermination de la puissance des moteurs.....	11
-mécanisme de translation.....	11
-mécanisme de levage.....	13
VI-Calcul des rhéostats de démarrage.....	17
1-Généralités.....	17
2-Méthode approximative.....	21
3-Méthode exacte.....	26
4-Résistance de marche préparatoire.....	30
VII-Choix de l'appareillage électrique.....	32
1-Equipement électrique d'entraînement des mécanismes	32
2-Appareillage de commande.....	32
VIII-Alimentation en énergie électrique.....	37
IX-Circuit de protection et verrouillage électromécani- que.....	39
X-Mesure de sécurité de travail.....	44
XI-Bréviaire de calcul.....	47
A-Mécanisme de levage secondaire (100 kN).....	47
I-données principales.....	47
II-Calcul de dimensionnement.....	47
III-Détermination approximative du moteur.....	48
IV-Vérification du moteur choisi.....	50
V-Calcul des rhéostats de démarrage.....	55
VI-Calcul de temporisation des relais de démarra- ge.....	59

B-Mécanisme de levage principal (500 kN).....	61
I-Données principales.....	61
II-Calcul de dimensionnement.....	61
III-Détermination approximative du moteur.....	62
IV-Vérification du moteur choisi.....	65
V-Calcul du rhéostat de démarrage.....	69
VI-Calcul de temporisation des relais de démarra- ge.....	74
C-Mécanisme de translation du chariot (500/100 kN)..	76
I-Données principales.....	76
II-Prédermination du moteur.....	76
III-Vérification du moteur choisi.....	79
IV-Calcul des rhéostats de démarrage.....	82
V-Calcul de temporisation des relais de démarrage	86
D-Mécanisme de translation du pont.....	88
I-Données principales.....	88
II-Choix du moteur d'entraînement du mécanisme....	88
III-Vérification du moteur choisi.....	91
IV-Calcul des rhéostats de démarrage.....	95
V-Calcul de temporisation des relais de démarrage	100
XII-Equipement électrique.....	102
Bibliographie.	
ANNEXE:Schémas électriques de la commande d'un pont roulant dans une fonderie.	

- 0 - INTRODUCTION - 0 -

Les différents mécanismes que l'on trouve dans l'industrie ont suivi un long chemin de développement avant de prendre la forme des machines modernes où le génie et le travail de l'homme ont trouvé tout leur épanouissement.

Une industrie de production moderne comprend un grand nombre de pièces, machines et appareils différents destinés à accomplir les fonctions les plus variées.

Il faut bien connaître la destination des divers éléments d'une telle industrie car autrement il est impossible de concevoir une machine et de l'utiliser correctement. On peut énoncer la citation de Karl Marx (le capital):

" Tout mécanisme développé se compose de trois parties essentiellement différentes: moteur, transmission et machine d'opération."

Les deux premiers le moteur avec son système de commande et le mécanisme de transmission qui peut comprendre des arbres, des poulies, des courroies, des pignons etc...,) sont destinés à transmettre le mouvement à la machine de production. Par conséquent, la première et la seconde partie de l'unité servent à actionner la machine de production et pour cette raison on leur donne le nom commun de "commande".

A L'heure actuelle, pour actionner les machines le principal moteur utilisé est le moteur électrique et, par conséquent le principal type de commande est la commande électrique.

L'Objet de notre étude est :

LA COMMANDE ELECTRIQUE D'UN PONT ROULANT

DANS UNE FONDERIE

-o- GENERALITES -o-

FONCTION :

Le problème posé est très simple: levage et déplacement des charges. Sans envisager, la nature de ces charges, tout revient donc à considérer pour une opération élémentaire un point qui est déterminé par les coordonnées: $x, y, z,$

Dans une fonderie, le pont roulant est nécessaire. C'est un appareil de levage constitué par deux poutres accouplées sur lesquelles roule le chariot qui porte les treuils.

Les mouvements horizontaux sont la translation du pont et la direction du chariot treuil.

Il faut que le chemin de roulement du pont ait une élévation suffisante pour permettre de lever les charges à la hauteur désirée, c'est pourquoi les ponts roulants sont utilisés principalement à l'intérieur des bâtiments dont l'ossature supporte les rails. Ceci évite d'autre part que l'engin n'encombre le sol.

La cabine est généralement solidaire du pont, parfois elle est suspendue au chariot.

CARACTERISTIQUES MECANIKES ET DEFINITION

* La charge nominale est définie comme charge maximale exprimée en newton qui doit être admise pendant le levage durant l'exploitation.

Sont inclus dans cette charge tous les dispositifs spéciaux suspendus aux crochets ainsi que la pesanteur de l'électro-aimant etc....,

* La charge admissible est la charge utile qui peut être suspendue aux crochets ou tout autre dispositif d'accrochage de la charge.

* La charge d'essai est la charge prescrite pour les épreuves d'essai du pont roulant.

* La hauteur de levage sera la distance mesurée verticalement entre les centres de l'oeil du crochet dans la position de travail la plus élevée et la plus basse.

* Portée: C'est là distance de déplacement du chariot.

* Course du pont: C'est la distance de roulement du pont.

Le fonctionnement d'une machine de levage est caractérisé par une succession de cycles de travail, chaque cycle étant composé d'opération de levage, de descente et de déplacement (à vide ou en charge) suivit d'une période de repos: Ce fonctionnement constitue un régime de fonctionnement intermittent .

Les installations de levage se présentent sous une grande variété de types. Indépendamment des types des installations de levage, on distingue une série d'organes spécifiques à ces machines, en tenant compte des organes d'utilisation générale: arbre, palier, couplage, ressort, organes de transmission du mouvement etc...,

Parmi les organes spécifiques des engins de levage se trouvent:

*Les éléments flexibles pour le levage et la translation (cable, chaîne, corde etc...,)

* Les éléments pour le guidage et l'entraînement des éléments flexibles: rouleaux, roues, tambours etc...,

* Les organes pour la suspension et la prise de charge: crochet, œil, pinces etc...,

* Les organes pour le blocage et le freinage: butée et freins.

* Les organes de déplacement: roues de roulement et les rails.

* Les organes de levage.

I - DENOMINATION BUT ET DOMAINE D'UTILISATION

1 - DENOMINATION:

Pont roulant pour fonderie 500 kN/100 kN.

2 - BUT:

Le pont roulant étudié et utilisé pour le transport et la manoeuvre de la benne remplie ou non de métal fondu (liquide) ainsi que pour le transport des différents matériaux de la fonderie.

3 - DOMAINE D'UTILISATION:

Il est défini par les caractéristiques principales et par le régime de fonctionnement lourd.

a) Caractéristiques techniques principales du pont roulant:

* Caractéristiques fonctionnelles.

. Charge maximale de travail:

- Au crochet principal 500kN
- Au crochet secondaire 100 kN

. Hauteur maximale de levage

- Crochet principal 16 m.
- Crochet secondaire 16 m.
- Portée du pont 22 m.

* Tension d'alimentation

La tension d'alimentation utilisée est la tension alternative triphasée 380 V, 50 Hz.

* Moyen de prise de la charge

C'est un simple crochet pour les deux mécanismes de levage.

* Régime de travail

Le régime de travail est lourd avec un facteur de marche

$F = 40\%$.

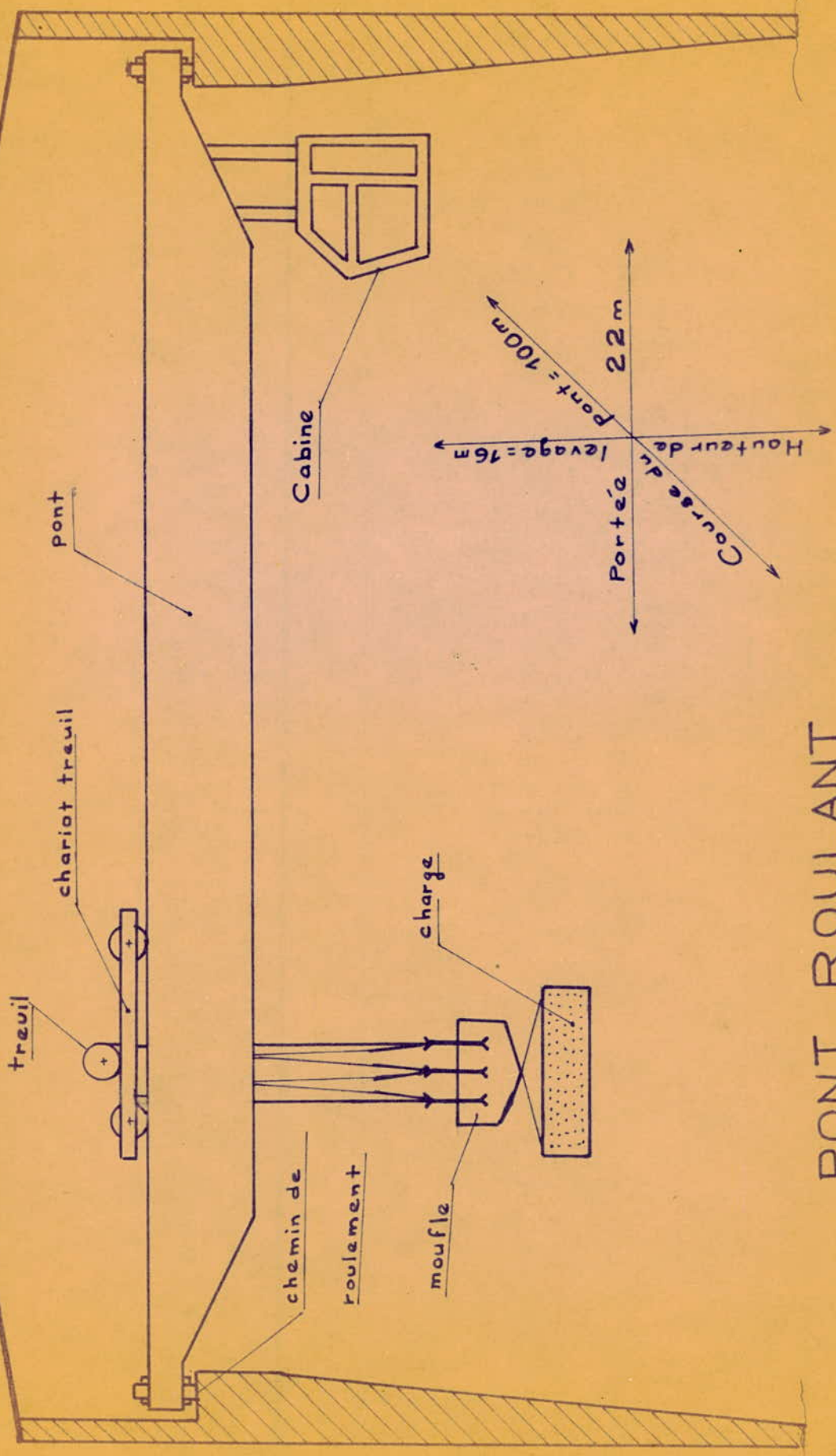
F= Rapport de temps de fonctionnement sur la durée du cycle.

b) Milieu ambiant de fonctionnement

. Hall industriel avec atmosphère poussiéreuse, température $\theta = 40^{\circ}\text{C}$.

. L'alimentation électrique du chariot se fait par un câble porté par des petits chariots porte-cables.

. L'alimentation électrique du pont se fait par l'intermédiaire d'un capteur de courant muni de patins.



PONT ROULANT

c) Lieu de commande :

C'est une cabine centrale close montée sur le pont, isolée thermiquement avec possibilité de ventilation et d'échauffement.

d) Caractéristiques cinématiques :

* Vitesse de levage :

- Au crochet principal 6,3 m/mn
- Au crochet secondaire 16 m/mn

* Vitesse de translation :

- Du pont 75 m/mn
- Du chariot 20 m/mn

* Durée du cycle de fonctionnement :

120 secondes

4- REGIME DE TRAVAIL :

Le régime de travail est III m

DETAIL SUR LA CONSTRUCTION DU PONT ROULANT :

La charpente est métallique formée par des poutres liées entre elles et . qui permettent au chariot de se déplacer sur la partie supérieure du chemin de roulement.

La commande du pont est exécutée à partir de la cabine fixée sur le pont ; vu que l'utilisation du pont à commande au sol est interdite pour le transport du métal fondu.

II-CONDITIONS SPECIALES--FONCTIONNELLES ET DIMENSIONNELLES.

- 1-Tous les mouvements du pont roulant doivent être effectués sans choc, sans bruits, sans interruptions ou déplacement oblique sur les voies de roulement.
- 2-Les freins doivent assurer les moments de freinage prescrits par les caractéristiques techniques.
- 3-Durant le freinage des mécanismes de translation du chariot et du pont à vide et en charge, il ne faut pas qu'il se produise des glissements mécaniques.
- 4-Tous les dispositifs de sûreté doivent fonctionner normalement pour exclure toute possibilité d'accidents: sans l'accomplissement de cette condition, le fonctionnement du pont est interdit.

LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE SECURITE.

- a)-Limiteur de charge:
Il doit interrompre le fonctionnement du mécanisme de levage de la charge dans le cas de surcharge qui dépasse 10% la charge nominale. Après l'interruption la descente de la charge doit être possible.
 - b)- Limiteur de fin de course:
Tôle-butée pour la translation du chariot et du pont. Le moteur de translation doit être arrêté pour respecter les distances indiquées dans le plan de l'ensemble du pont roulant.
 - c)-Limiteur de course pour l'appareillage monté sur le pont:
Le moteur de translation du pont doit être arrêté pour éviter le choc de deux (2) ponts qui travaillent sur le même chemin de roulement.
 - d)-Aux démarrages les accélérations prescrites dans les brevaires de calcul doivent être respectées.
 - e)-De même pendant le freinage des mécanismes de translation du chariot et du pont, les décélérations admissibles indiquées dans les brevaires de calcul doivent être respectées.
- 5- L'échauffement des paliers ne doit pas dépasser 70° C.
 - 6- Les systèmes de lubrification doivent toujours fonctionner normalement.
 - 7- Les cages de protection des mécanismes des freins doivent être montées sur le pont roulant.

REMARQUE : DONNEES SUPPLEMENTAIRES

A la fin des chemins de roulement on prévoit des têtes-butées pour la limitation des courses du chariot et du pont.

Les installations électriques doivent fonctionner normalement même avec une chute de tension de 15% sur la valeur de la tension nominale. Pour un entretien facile, on doit avoir dans la mesure du possible que les éléments du pont identiques aux éléments d'autres ponts qui peuvent exister déjà dans la même entreprise.

III - CHOIX DES SYSTEMES D'ENTRAÎNEMENT DES MECANISMES DE LEVAGE ET DE TRANSLATION DU PONT ET DU CHARIOT.

Dans le choix du système d'entraînement, il faut tenir compte des caractéristiques suivantes :

- Régime de travail
- Facteur de marche
- Milieu de travail.

Le fonctionnement des moteurs est caractérisé par:

- Démarrages et arrêts fréquents
- Changement de sens de rotation
- freinage électrique et mécanique
- Variation brusque de charge (choc de charge)

Nous avons un régime de fonctionnement intermittent à démarrage et freinage: S

S₅ : c'est un régime de fonctionnement composé de cycles identiques; chacun d'eux composé d'un temps de démarrage d'un temps de freinage et d'un temps de repos.

Dans ce régime la charge dynamique a une grande influence sur le moment d'inertie du système entraîné.

Pour l'entraînement des mécanismes du pont roulant de fonderie, on utilise des moteurs asynchrones spéciaux à bagues pour les grues, série M3 dont les caractéristiques techniques correspondent au régime de fonctionnement S₅.

Ces moteurs sont caractérisés par:

- Un régime de travail intermittent S₅
- Un facteur de marche F = 40% pour les conditions difficiles de travail

- Des freinages électriques et mécaniques fréquents.
- Nombre de connexion par heure jusqu'à 240
- Bonne résistance aux hautes températures
- Une exécution robuste

- Une capacité de surcharge $\frac{C_{max.}}{C_n}$, pour F = 40%, au moins égale à 2,5.

- Leur alimentation est effectuée par une tension 380/220 V à la fréquence de 50 Hz. Ces moteurs sont spécialement utilisés dans l'industrie métallurgique.

Les moteurs asynchrones sont largement utilisés dans l'industrie grâce à plusieurs avantages qu'ils présentent par rapport à d'autres types de moteurs. Un moteur asynchrone est simple et fiable car il ne comporte pas de collecteur.

Les moteurs asynchrones sont meilleur marché que les moteurs à courant continu et ont un poids inférieur pour une même puissance.

IV - CHOIX DU SYSTEME DE REGLAGE DE LA VITESSE.

--

Le réglage de la vitesse se fait à l'aide des rhéostats de démarrage insérés dans les circuits rotoriques et prévus pour le fonctionnement du régime S_5 . On a préféré cette méthode quoiqu'elle conduit à de grandes pertes d'énergie dans les rhéostats; vu son prix de revient plus faible que celui des autres systèmes de réglage, par exemple système de réglage à thyristors ou avec convertisseur de fréquence.

Pour le réglage de la vitesse du mécanisme on utilise des rhéostats symétriques avec des résistances modulaires normalisées. Ces rhéostats sont caractérisés par :

- Un faible nombre de marche de résistance
- Un faible nombre de relais contacteurs.
- Possibilités de réglage continu de la vitesse des moteurs.

Le démarrage avec ces rhéostats peut être considéré comme avantageux.

Les inconvénients sont:

- Leur grand volume (encombrants)
- L'augmentation de la longueur du fil de connexion.

Nous n'avons pas utilisé des rhéostats asymétriques à cause de leur inconvénient principal qui consiste en un démarrage difficile dans le voisinage des vitesses de rotation semi-synchrones et de grands chocs durant la transmission entre les moteurs et les différents mécanismes. De plus le réglage de la vitesse peut être caractérisé non satisfaisant.

V - DETERMINATION DE LA PUISSANCE DES MOTEURS.

1 - Le choix judicieux de la puissance des moteurs à une grande importance car il influe considérablement sur les frais d'exploitation d'une usine.

. L'utilisation d'un moteur de puissance insuffisante peut perturber le fonctionnement du mécanisme entraîné, diminuer son rendement, provoquer des pannes et la mise prématurée hors service du moteur.

. L'utilisation du moteur de puissance trop grande diminue les indices économiques de l'installation, la rend plus coûteuse et entraîne de grandes pertes d'énergie. Dans ce cas le coût du moteur de commande croît et les pertes d'énergie augmentent puisque le rendement du moteur diminue. Dans les installations à courant alternatif le facteur de puissance diminue et sa valeur influe directement sur la charge improductive des réseaux de distributions et des alternateurs des centrales qui fournissent l'énergie. L'importance de ce problème devient évidente quand on pense au très grand nombre de machines actionnées par des moteurs électriques. On choisit la puissance d'un moteur électrique en partant de la nécessité d'assurer l'exécution d'un travail donné à un régime thermique normal et avec une surcharge mécanique admissible du moteur.

Le choix de la puissance d'un moteur exige aussi le calcul de la charge du moteur non seulement permanent mais aussi aux régimes transitoires. Dans la plupart des cas, le choix de la puissance d'un moteur se fait en fonction de l'échauffement et on vérifie ensuite sa capacité de surcharge.

2 - DETERMINATION DES PUISSANCES DES MOTEURS DES MECANISMES DE TRANSLATION :

La détermination de la puissance des moteurs de translation sera calculée par la méthode du couple équivalent. Les mécanismes de translation réalisent 2 opérations par cycle de fonctionnement à savoir :

- Translation du pont en charge
- Translation du pont à vide.

Pour la détermination de la puissance des moteurs des systèmes de translation, on impose que leur vérification à la capacité de surcharge soit faite avant l'utilisation de la formule du couple équivalent. Cette condition est due aux régimes transitoires difficiles :

Le couple dynamique est d'habitude plus grand que le couple résistant statique durant les régimes. C'est pourquoi les moteurs doivent être, généralement légèrement sur-dimensionnés.

a) - DONNEES PRINCIPALES POUR LE CALCUL DE LA PUISSANCE D'1 MOTEUR

- Poids du pont P (kN)
- Vitesse de translation V_p (m/s)
- Durée du cycle T_c (s)
- Facteur de marche F (%)
- Rendement du mécanisme η
- Diamètre du gallet du pont D (mm)
- Diamètre du tourillon du gallet du pont d (mm)
- Charge maximale de levage Q (kN)

b) - Calcul de la vitesse angulaire

Ayant choisi une vitesse moyenne de rotation N (t / mn), on déduit une vitesse angulaire exprimée par la relation suivante :

$$\Omega = \frac{2\pi N}{60} \text{ (rad/s)}$$

c) - Calcul de la force d'inertie :

$$F_t = F + F_p$$

avec

$$F = \beta \frac{Q+P}{D} [\mu \times d + 2f] \text{ (N)}$$

$$F_p = \alpha (Q+P) \text{ (N)}$$

où :

- F - force d'inertie du mécanisme
- F_p - force d'inertie due à la pente du chemin de roulement,
- β - Coefficient de correction qui tient compte des pottements entre les bords des gallets et les rails.
- μ - Coefficient de frottement du roulement
- f - Coefficient d'adhérence entre le gallet et le rail
- α - Coefficient qui tient compte de la pente du chemin de roulement.

D) COUPLE REDUIT A L'ARBRE DU MOTEUR LORS DU DEPLACEMENT DU POND

- EN CHARGE :

Le couple nécessaire pour entrainer le gallet est :

$$F_t \times D/2 \text{ (N.m)}$$

Le couple développé par le moteur, tenant compte du rapport de transmission (i) et du rendement η_1 , sera :

$$C_1 = \frac{F_t \times D}{2 i \eta_1}$$

Avec

$$i = \frac{\Omega_{moteur}}{\Omega_{pont}} = \frac{\Omega}{\frac{2V_p}{D}} = \frac{\Omega D}{2V_p}$$

A VIDE :

Dans ce cas, nous avons : $C_2 = \frac{F_0 \times D}{2 i \eta_2}$ (N.m)

avec

$$F_0 = \beta \frac{P}{D} (\mu \times d + 2f) \quad (N) \quad \text{car à vide on a : } Q = 0$$

Le rendement à vide η_2 est déterminé par des courbes : $\eta_2 = f(K)$

$$\text{où } K = \frac{P}{Q+P} \quad [1]$$

E) - COUPLE EQUIVALENT APPROXIMATIF DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT:

Ce couple est donné par la relation :

$$C_{\text{éq. app.}} = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2}{2}} \quad (N.m)$$

La puissance du moteur est directement liée au couple par la relation:

$$P_{\text{éq. app.}} = \Omega \cdot C_{\text{éq. app.}} \quad (W)$$

Cette puissance impose le choix du moteur.

Le moteur choisi doit être vérifié à la surcharge mécanique et à l'échauffement thermique en tenant compte des régimes transitoires du fonctionnement (Voir calcul au chapitre

3 - DETERMINATION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR DE LEVAGE

On appelle moteur de levage, un moteur entraînant un treuil chargé de produire l'ascension d'une charge. Les moteurs destinés au mouvement de translation n'ont pas à présenter des caractéristiques de levage bien que destinés à équiper des appareils de levage.

Du point de vue électrique, les moteurs de levage se différencient par un couple de démarrage plus important. Cependant un couple de démarrage trop important conduit à 2 inconvénients :

D'abord un appel de courant excessif, puis un démarrage brutal. Le démarrage progressif tellement recherché par les " lévagistes " ne s'obtient que par un couple de démarrage convenablement ajusté au couple résistant.

Nous avons à déterminer la puissance du moteur pour le mécanisme suivant:

- Mécanisme principale de levage : 500 KN
- Mécanisme secondaire de levage : 100 KN

Dans une première approximation le choix de la puissance du moteur sera faite par la méthode du couple équivalent nécessaire dans un régime stabilisé c'est à dire au levage et à la descente de la charge après la fin du processus transitoire mécanique.

On choisit pour les moteurs un facteur de marche $F = 40 \%$, une puissance égale ou plus grande que la puissance équivalente résultante.

La vitesse de rotation nominale choisie est approximativement égale à la vitesse de rotation initiale choisie.

Méthode de calcul de la puissance du moteur de levage

a) - Données nécessaires au calcul de la puissance.

- Capacité de levage
- Poids du moufte
- Vitesse de levage au crochet
- Hauteur de levage
- Facteur de marche
- Durée du cycle de fonctionnement
- Rapport de transmission du palan.

Q_n (kN)
 q (kN)
 V_r (m/s)
 H (m)
 F (%)
 T_c (s)
 i_p

b) - CALCUL DE DIMENSIONNEMENT:

- Calcul du câble de levage :

La tension maximale du câble s'exprime par la relation

$$F = \frac{Q_n + q}{2 \eta_p} \quad (\text{kN})$$

Avec :

$Z = 2 i_p$ Nombre de tours du câble.
 η_p : rendement du palan.

Charge réelle minimale de rupture du câble est donnée par la relation:

$$P_r = C \cdot F \quad (\text{kN})$$

Où C est un coefficient de sécurité à la rupture .

Dans les calculs pratiques, on prend $C = 8$

- Dimensionnement du tambour.

Diamètre minimal d'enroulement du câble est donné par la relation :

$$D = (0,95 \epsilon - 1) D_c$$

Avec :

ϵ : Coefficient de correction
 D_c : diamètre du câble.

- Diamètre d'enveloppe du câble : $D_m = D + d_c$

- Nombre de tours du tambour lors du levage: n .

$n_1 = \frac{H \cdot i_p}{\pi D_m} + 6$ Pour éviter l'effort direct, lors du démarrage sur le point d'attache, on impose un certain nombre de tours du cable autour du tambour. On a pris 6 tours.

C) - Détermination approximative du moteur d'entraînement.

- On adopte une vitesse moyenne N (t/min)

Il en découle pour la vitesse angulaire : $\omega = \frac{2\pi N}{60}$ (rad/s)

- Rapport de transmission du couple moteur au crochet

$$i = \frac{\omega \cdot D}{2V_R}$$

- Couple statique résistant de la charge maximale réduit à l'arbre du moteur.

Ce couple est donnée par la relation,

$$C_1 = \frac{Qn+q}{i \cdot \eta_1} \times \frac{D}{2} \quad (N.m)$$

Avec :

η_1 : Rendement de transmission

Où :

$$\eta_1 = \eta_r \cdot \eta_t \cdot \eta_p$$

η_r : Rendement du réducteur

η_t : " du tambour

η_p : " du palan

- Couple statique réduit à l'arbre du moteur lors de la descente de la charge :

$$C_2 = - \frac{Qn+q}{i} \times \frac{D}{2} \left(2 - \frac{1}{\eta_1}\right) \quad (N.m)$$

- Couple statique réduit à l'arbre du moteur durant le levage à vide: Ce couple est donné par la relation :

$$C_3 = \frac{q}{i \cdot \eta_p} \times \frac{D}{2}$$

Avec η_3 déterminé par les courbes $\eta_3 = f(K)$ où

$$K = \frac{q}{Qn+q}$$

- Couple statique réduit à l'arbre moteur lors de la descente à vide:

$$C_4 = C_{p4} + C'_4 \quad (N.m)$$

Avec :

C_{p4} : Couple correspondant aux pertes à vide durant la descente.

$$C_{p4} = (1 - \eta_3) C_3 \quad (N.m)$$

Et :

C'_4 : Couple statique relatif au poids du palan lors de la descente.

$$C'_4 = -\frac{g}{2} \cdot \frac{P}{2} \quad (N.m)$$

- Couple équivalent approximatif du moteur

Il est donné par la relation :

$$C_{\text{éq. app.}} = \sqrt{\frac{\sum C_i^2}{4}} \quad (N.m)$$

- Puissance équivalente approximative du moteur .

La puissance est reliée au couple par la relation

$$P = C \cdot \Omega$$

Donc

$$P_{\text{éq. app.}} = \Omega \cdot C_{\text{éq. app.}} \quad (W)$$

La puissance ainsi calculée impose le choix du moteur dans une première approximation. Cependant le moteur choisi, doit être ensuite vérifié du point de vue de l'échauffement tenant compte des processus transitoires qui auront lieu au démarrage et au freinage et à la surcharge mécanique.

Si le moteur ne remplit pas ces conditions, on choisit un autre moteur avec une puissance immédiatement supérieure et on procède de nouveau aux vérifications ci-dessus.

VI - CALCUL DES RHEOSTATS DE DEMARRAGE

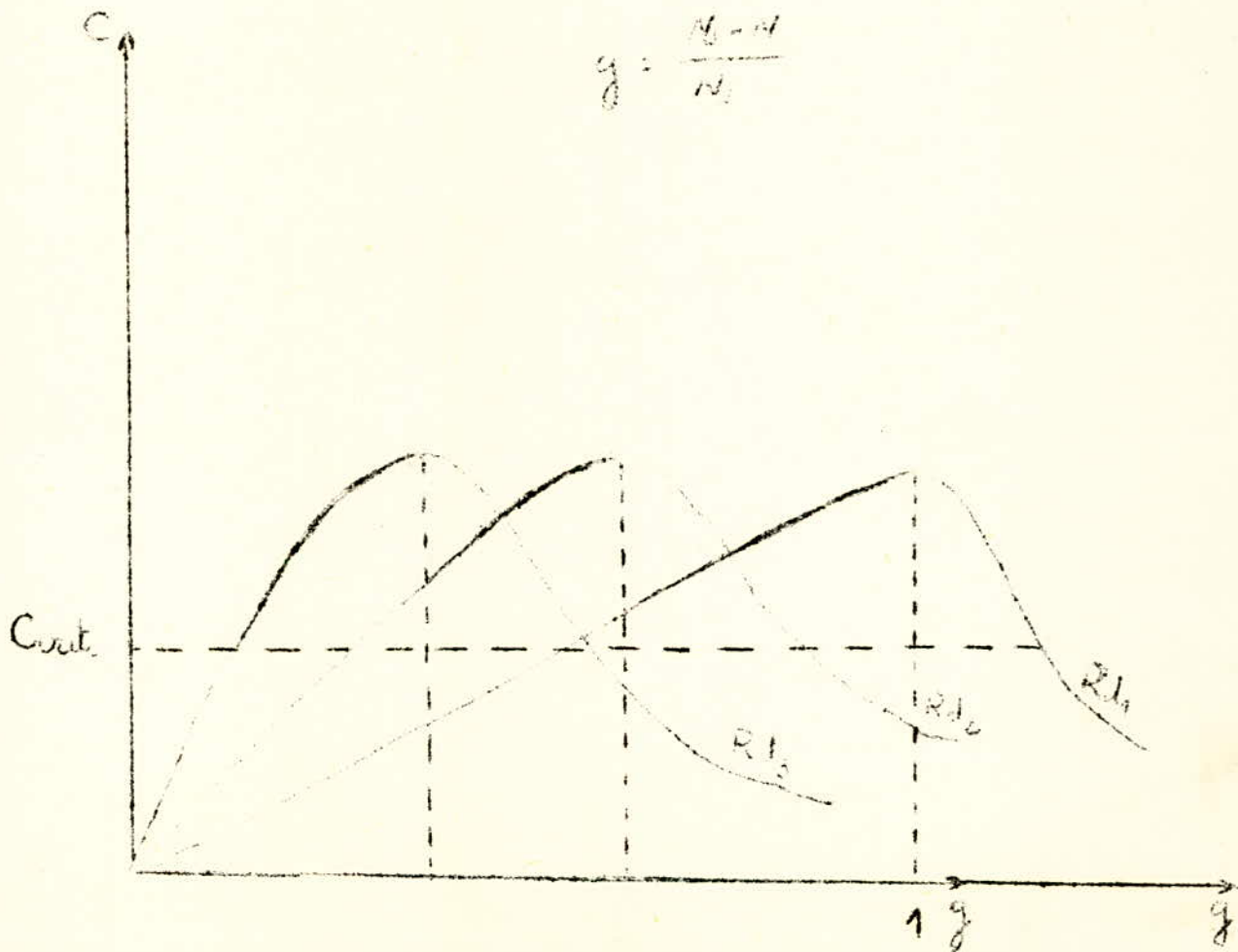
1 - GENERALITES

Les rhéostats de démarrage et de réglage utilisés pour les moteurs d'entraînement des ponts roulants seront court - circuités symétriquement en marche . On utilise ce procédé parce que les commandes seront exécutées indirectement par contacteurs : Le nombre de ceux - ci étant dans ce cas minimal. Les rhéostats correspondant aux conditions de démarrage suivantes :

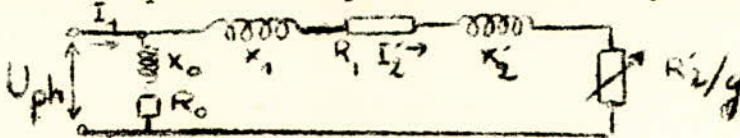
- Le couple électromagnétique développé sur la première marche sera de 1,2 à 1,6 du couple nominal (C_n).
- Le couple électromagnétique minimal : sera 1,1 C_n .
- Le couple électromagnétique maximal sera 2,2 C_n .

Les conditions ci-dessus doivent être respectées pour avoir un bon démarrage.

Pour déterminer les rhéostats de démarrage , on doit déterminer les caractéristiques mécaniques $C = f (g)$.



Le Schéma équivalent simplifié du moteur asynchrone est :



U_{ph} : Tension simple primaire

I_1 : Courant simple stator

I_2' : Courant réduit du rotor.

R_1 et R_2 Résistance primaire et résistance secondaire réduite.

X_1 et X_2' Réactance primaire et secondaire réduite.

R_0 et X_0 Résistance et réactance du circuit d'alimentation.

$g = \frac{N_s - N}{N_s}$ Glissement du moteur ; $\Omega_s = \frac{2\pi N_s}{60}$

Conformément au schéma équivalent indiqué, l'expression du courant secondaire est :

$$I_2' = \frac{U_{ph}}{\sqrt{(R_1 + R_2/g)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

Le couple moteur du moteur asynchrone peut être tiré de l'expression des pertes :

$$P_j = gP = C \Omega_s g = 3(I_2')^2 R_2'$$

D'où

$$C = \frac{3(I_2')^2 R_2'}{g \Omega_s}$$

En introduisant la valeur du courant rotorique I_2' dans l'expression du couple, nous obtenons:

$$C = \frac{3 U_{ph}^2 R_2'}{2s \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right] g}$$

En annulant la dérivée du couple C par rapport à g, nous obtenons la valeur du glissement critique g_{cr} :

$$g_{cr} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

En remplaçant g par g_{cr} dans l'expression du couple, nous trouvons la valeur du couple maximal que peut développer le moteur. Ce couple maximal est aussi appelé couple critique du moteur: C_{cr} .

$$C_{cr} = \frac{3 U_{ph}^2}{2s \left[R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right]^2}$$

Le signe (+) se rapporte au régime moteur (ou au freinage à contre-courant) et le signe (-) se rapporte au freinage par récupération.

En faisant le rapport $\frac{C}{C_{cr}}$, on obtient la relation de Kloss.

$$\frac{C}{C_{cr}} = \frac{2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} g_{cr} \right)}{\frac{g}{g_{cr}} + \frac{g_{cr}}{g} + 2 \frac{R_1}{R_2'} g_{cr}}$$

La capacité de surcharge, mécanique du moteur est défini par le rapport:

$$\lambda = \frac{C_{ur.}}{C_n} = \frac{\frac{g_n}{g_{ur.}} + \frac{g_{ur.}}{g_n} + 2 \frac{R_2}{R_2'} g_{ur.}}{2 \left(1 + \frac{R_2}{R_2'} g_{ur.}\right)}$$

En connaissant λ et g_n , on déduit $g_{ur.}$ par la relation.

$$g_{ur.} = g_n \left[\lambda + \frac{R_2}{R_2'} g_{ur.} (1 + \lambda) + \sqrt{\left[\lambda + \frac{R_2}{R_2'} g_{ur.} (\lambda^2 - 1) \right]^2 - 1} \right]$$

Dans le cas des grands moteurs, on néglige la résistance statorique par rapport à la résistance rotorique réduite R_2'

La formule précédente devient

$$g_{ur.} = g_n \left[\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right]$$

avec :

$$g_n = \frac{N_s - N_n}{N_s} = \frac{R_{2s} - R_{2n}}{R_{2s}}$$

On aura ainsi l'expression simplifiée de KLOSS.

$$C = \frac{2 C_{ur.}}{\frac{1}{g_{ur.}} + \frac{g_{ur.}}{g}} \quad [N.m]$$

Le couple de démarrage correspondant à $g = 1$ sera donc égal à 1.

$$C_d = \frac{2 C_{ur.}}{\frac{1}{g_{ur.}} + g_{ur.}}$$

2e. METHODE APPROXIMATIVE DU CALCUL DE RHEOSTAT DE DEMARRAGE

Si le couple maximum C_m est inférieur à $0,6 C_{cr}$ (C_{cr} couple critique du moteur) les caractéristiques mécaniques rhéostatiques sur la partie stable de fonctionnement, sur laquelle à lieu le démarrage peuvent être assimilés à des segments de droite.

Dans ce cas, le calcul de rhéostat de démarrage d'un moteur asynchrone à bagues se fait de la même façon à celui du rhéostat de démarrage d'un moteur à courant continu à excitation dérivation.

Si on néglige les grandeurs R_1 (résistance par phase du stator) et X_R ($X_R = X_1 + X_2'$) Somme des réactances du stator et du rotor rapportée au stator) par rapport à R_2/g (R_2 étant la résistance totale par phase du moteur)

$$R_t = R_1 + R_2$$

En partant de l'équation exacte

$$C = \frac{3U^2 p R_2'}{\Omega_s [(R_1 + R_2/g)^2 + (X_1 + X_2')^2] g}$$

Le couple électromagnétique ~~est~~^{devient} approximativement

$$C \approx \frac{3U^2 p g}{\Omega_s R_2} = K \frac{g}{R_2}$$

Pour le même couple électromagnétique C durant le démarrage, les résistances rotoriques par phase R_t sont approximativement proportionnelles au glissement.

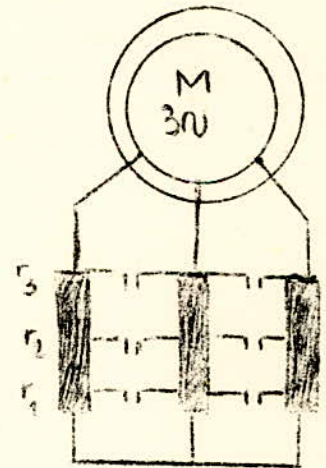
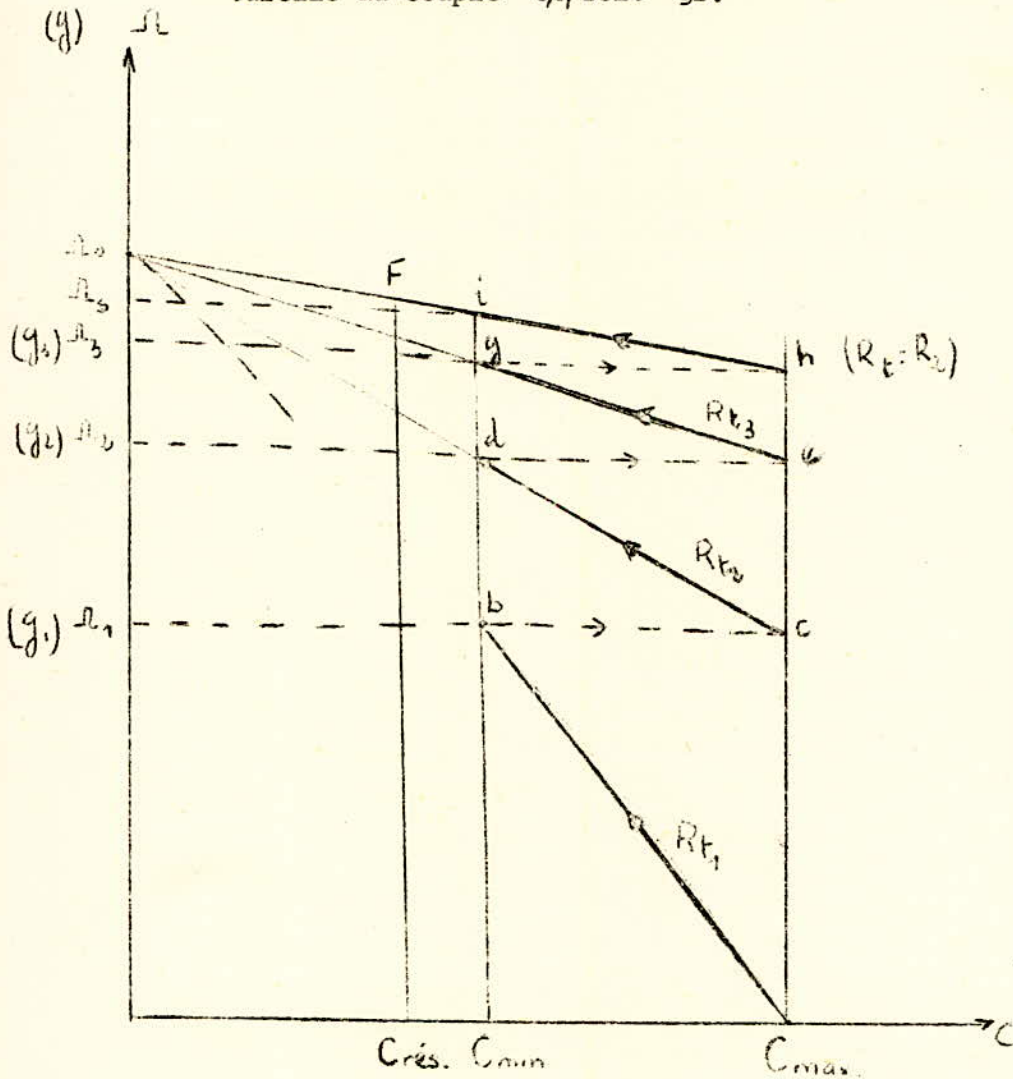
Donc, si $C = \text{const}$ alors $R_{tq}/g = \text{const}$.

Pour $C_M = C$, et avec les notations de la figure, on obtient.

$$\frac{R_{t1}}{g_1} = \frac{R_{t2}}{g_2} = \frac{R_{t3}}{g_3} = \dots = \frac{R_{tz}}{g_z} = \frac{R_{t1}}{g_1} = \frac{R_{t2}}{g_2} = \frac{R_{t3}}{g_3}$$

Où R_{tq} représente la résistance totale par phase rotorique sur la marche q du rhéostat de démarrage.

On a supposé que le nombre total de marches de résistance est z et que le glissement correspondant sur la caractéristique mécanique naturelle au couple C_M soit g_z .



Pour $C = C_m$ on peut écrire :

$$\frac{R_{t1}}{g_1} = \frac{R_{t2}}{g_2} = \dots = \frac{R_{t3}}{g_3} = \dots = \frac{R_{t4}}{g_4} = \dots = \frac{R_u}{g_{s+1}}$$

Où g_{s+1} , étant le glissement sur la caractéristique mécanique naturelle correspondant au couple C_m lorsque la résistance totale rotorique est R_2 (Résistance par phase).

En introduisant le rapport $X = \frac{C_m}{C_{m0}}$, il résulte.

$$(1) - \frac{R_{t1}}{R_{t2}} = \frac{1}{g_1} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{R_{t2}}{R_{t3}} = \frac{g_2}{g_3} = \dots = \frac{R_{t3}}{R_u} = \frac{g_3}{R_2} = \frac{g_3}{g_{s+1}} = X$$

d'où

$$\frac{R_{t1}}{R_{t2}} = \frac{R_{t2}}{R_{t3}} = \frac{R_{t3}}{R_{t4}} = \dots = \frac{R_{t3}}{R_{t4}} = \frac{R_{t3}}{R_u} = X$$

En multipliant entre eux les rapports égaux ci-dessus,

On obtient :

$$X^z = \frac{R_{t1}}{R_2}$$

Mais, R_2 de la série (1) il résulte aussi :

$$\frac{1}{g_1} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{g_2}{g_3} = \dots = \frac{g_{s-1}}{g_s} = \frac{g_s}{g_{s+1}} = X$$

d'où

$$g_2 = g_1^2$$

$$g_3 = g_1^3$$

$$g_4 = g_1^4$$

$$\vdots$$

$$g_s = g_1^s$$

$$\frac{R_{0,z-1}}{R_{t,z}} = X \Rightarrow \frac{R_{t,z-1} - R_{t,z}}{R_{t,z}} = X - 1 \Rightarrow R_{z-1} = R_{t,z}(X-1)$$

D'où il résulte :

$$R_{z-1} = R_0(X-1) \text{ etc...}$$

Les marches de résistances r_q satisfont aussi les égalités,

$$r_q = R_{t,q} - R_{t,q+1} ; \quad q = (1, 2, \dots, z) \text{ avec } R_{t,z+1} = R_2$$

La méthode de calcul sera la suivante :

Initialement on calcule les glissements g_z et g_{z+1} , correspondant au couple C_M et C_m sur la caractéristique mécanique naturelle en utilisant la relation de ...

Si on dispose de la caractéristique mécanique naturelle, g_z et g_{z+1} peuvent être déterminés graphiquement.

La méthode devient grapho-analytique . On calcule le nombre de marche de résistance z par la relation.

$$z = \frac{\ln g_z}{\ln g_{z+1} - \ln g_z}$$

En l'arrondissant à un nombre entier.

On récalcule ultérieurement la nouvelle valeur du glissement g_z , en maintenant constant C_m et donc aussi g_{z+1} par la relation ci-dessus posée sous la forme équivalente :

$$g_z = \sqrt[z+1]{g_{z+1}^z}$$

De la dernière égalité, on obtient :

$$\bar{z} = \frac{\ln g_2}{\ln g_1}$$

Cette égalité peut être transformée car

$$g_1 = \frac{g_2^{z+1}}{g_2} \text{ et le nombre cherché } z \text{ devient}$$

$$\bar{z} = \frac{\ln g_2}{\ln g_2^{z+1} - \ln g_2}$$

On voit ici la dépendance entre le nombre total de marche \bar{z} par phase du rhéostat de démarrage et les glissements g_2 et g_2^{z+1} correspondant sur la caractéristique mécanique maximum C_m et de commutation C_m

Les marches de résistances peuvent être exprimées par :

$$r_z = R_0 (X-1)$$

$$r_{z-1} = R_0 (X-1) X$$

$$r_{z-2} = R_0 (X-1) X^2$$

$$\dots \dots \dots$$
$$r_2 = R_0 (X-1) X^{z-2}$$

$$r_1 = R_0 (X-1) X^{z-1}$$

Ces égalités se déduisent par :

$$\frac{R_{t_z}}{R_0} = X$$

$$\Rightarrow \frac{R_{t_z} - R_0}{R_0} = X - 1$$

$$\Rightarrow r_z = R_0 (X-1)$$

$$\text{ou } \ln g_z = \frac{z}{z+1} \ln g_{z+1}$$

Le nouveau g_2 se remplace dans la relation de KLOSS, et on détermine le couple maxi C_1 qui doit satisfaire l'inégalité : $C_M < 0,85^2 C_{cr}$.

On détermine la raison $X = \frac{g_z}{g_{z+1}}$ et on calcule.
Les marches de résistance g

La résistance totale par phase au démarrage (du rhéostat et de la résistance rotorique R_2) est:

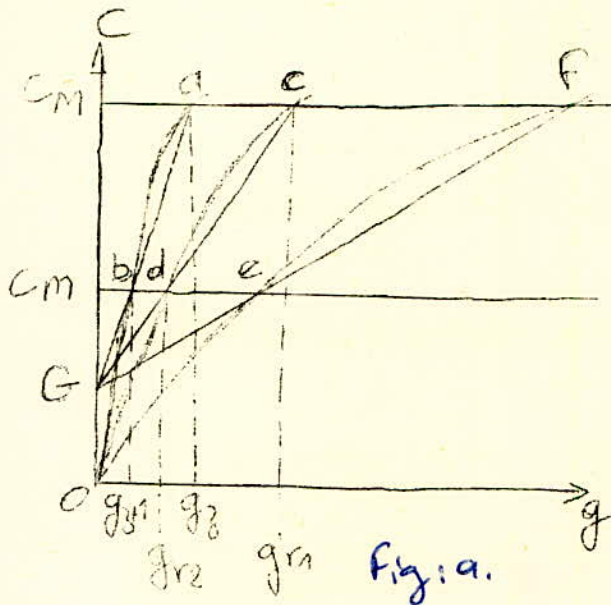
$$R_{t1} = R_2 X^2$$

3-METHODE EXACTE

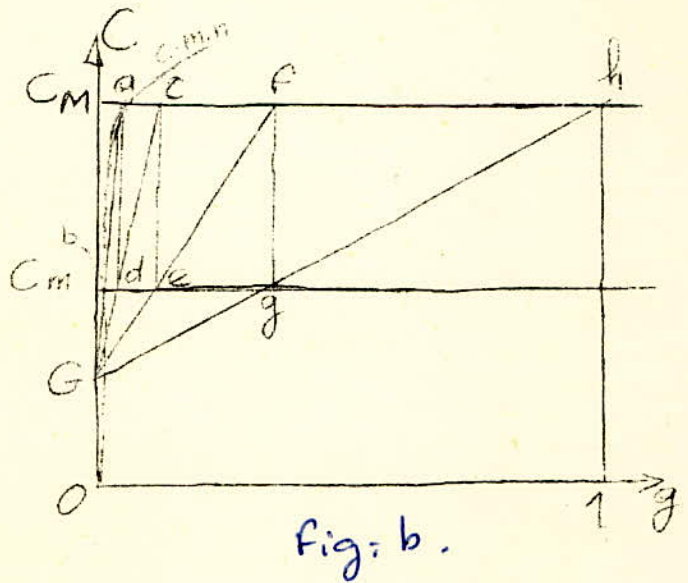
Une autre méthode considérée plus exacte est basée sur une certaine propriété des caractéristiques mécaniques rhéostatiques obtenues en introduisant symétriquement des résistances dans le circuit rotorique du moteur.

Les droites tracées par les points d'intersection des caractéristiques rhéostatiques ou de la caractéristique naturelle avec les droites parallèles à l'axe Og sont concourantes en un point G situé sur l'axe Og (Voir fig.)

a pt b



Tracé des droites concourantes dans le plan COg.



Calcul graphique des échelons du rhéostat symétrique de démarrage (ici 3 marches) à l'aide de la caractéristique mécanique naturelle.

Pour démontrer cette propriété, soit a et b les points d'intersection des droites $C = C_M$ et $C = C_m$ avec la caractéristique mécanique naturelle dont les glissements sont respectivement ε_z et ε_{z+1} .

L'équation analytique de la droite passant par a et b est:

$$\frac{C - C_M}{C_m - C_M} = \frac{g - g_z}{g_{z+1} - g_z} \quad (*)$$

L'équation de la droite qui passe par les points d'intersection c et d des droites $C = C_M$ et $C = C_m$ avec une caractéristique rhéostatique est:

$$\frac{C - C_M}{C_m - C_M} = \frac{g - g_{r1}}{g_{r2} - g_{r1}}$$

Or le glissement sur une caractéristique mécanique rhéostatique est égal au glissement sur la caractéristique mécanique naturelle pour le même couple, multiplié par le rapport entre la résistance totale par phase rotorique R_t et la résistance de l'enroulement rotorique de phase R_2 , c'est-à-dire:

$$\varepsilon_r = \int \varepsilon \quad (C = \text{Constante})$$

avec $\int = \frac{R_t}{R_2}$

Remarque : de la relation de KLOSS simplifiée, on obtient :

$$g = g_0 \frac{C_0 + \sqrt{C_0^2 - C}}{C} = f(C)$$

En régime moteur, on ne considère que le signe (+) devant le radical. Si le couple électromagnétique est constant, pour différentes résistances R_{S21} R_{S22} introduites en série dans le circuit rotorique par phase pour lesquelles les glissements sur les caractéristiques mécaniques rhéostatiques soient respectivement g_{r1} et g_{r2} on obtient :

$$\frac{g_{r1}}{g_{r2}} = \frac{g_{c1}}{g_{cM}} = \frac{R_0 + R'_{S21}}{R_0 + R'_{S22}} ; \quad \frac{g}{g_{r1}} = \frac{g_c}{g_{cM}} = \frac{R_0}{R_0 + R'_{S21}}$$

D'où l'on tire $g_{r1} = f'g$

En posant :

$$f = \frac{R_0 + R'_{S21}}{R_0} = \frac{R_0 + R_{S21}}{R_0}$$

Ainsi nous avons justifié la relation $f'g = g_{r1}$
Revenons à notre démonstration.

Par la suite nous avons :

$g_{r1} = g_{r2}f$, $g_{r2} = f'g_{r1} + 1$ et donc l'équation de la droite cd devient :

$$\frac{C - C_M}{C_M - C} = \frac{f - g_{r2}}{g_{r1} - g_{r2}} \quad (**)$$

On remarque que le point d'intersection G entre les droites (*) et (**) a le glissement $g = 0$ pour abscisse, donc il est situé sur l'axe des ordonnées OG car on n'a fait aucune hypothèse concernant la caractéristique mécanique choisie.

La propriété énoncée précédemment a été donc démontrée.

La méthode de calcul sera :

On calcule et on trace initialement, la partie stable de la caractéristique mécanique naturelle, en fonction des conditions de démarrage. On choisit les couples limites C_M et C_A . Par les points a, b (voir fig) on construit la première droite qui détermine par son intersection avec l'axe OG la position du point G.

On trace les autres droites auxiliaires ainsi que le couple de démarrage C_M et de commutation C_A qui doivent être les mêmes pour toutes les droites. Si ces couples diffèrent sur l'une de ces droites de leur valeur imposée, on change C_1 ou même C_2 et on passe de nouveau au tracé des droites auxiliaires d c et e f, etc... Après 2 ou 3 essais, arrive au résultat exact.

Dans la détermination du point G, on obtient une précision plus grande, si au lieu d'utiliser le graphique de la caractéristique mécanique naturelle, on détermine le glissement g_j et g_{j+1} analytiquement pour les couples C_1 et C_2 respectivement. Le nombre total de marche de résistance est donné par le nombre de droite auxiliaire à l'exception de la droite passant par les points a et b.

Ayant en vue la relation $\beta = \frac{R_T}{R_2}$, les résistances totales par phase sont données par les égalités suivantes pour chaque temps de démarrage: (voir 3).

$$R_{T_1} = R_2 \frac{\overline{bc_1}}{\overline{ac_1}}, \quad R_{T_2} = R_2 \frac{\overline{bc_2}}{\overline{ac_1}}; \quad R_{T_3} = R_2 \frac{\overline{cc_1}}{\overline{ac_1}}$$

Les résistances de chaque marche dans le cas de rhéostat de démarrage en étoile sont

$$r_1 = R_{T_1} - R_{T_2} = R_2 \frac{\overline{bc_1}}{\overline{ac_1}}$$

$$r_2 = R_{T_2} - R_{T_3} = R_2 \frac{\overline{bc_2}}{\overline{ac_1}}$$

$$r_3 = R_{T_3} - R_2 = \frac{\overline{cc_1}}{\overline{ac_1}}$$

4) - MARCHE PRÉPARATOIRE DU RHEOSTAT DE DÉMARRAGE ROTORIQUE

Si dans le système d'entraînement il y a des transmissions entre le moteur et la machine de travail on préfère pour des puissances nominales moyennes et grandes, avant le démarrage du moteur, mettre en contact les dents usées des engrenages à roues dentées ou de prétentionner les courroies, afin de diminuer les chocs dus aux efforts mécaniques ou même au glissement des courroies sur la poulie. Ces chocs peuvent accélérer l'usure et la détérioration du système de transmission.

Les rhéostats de démarrage seront donc munis d'une ou deux marches préparatoires sur lesquelles le moteur développera un couple électromagnétique inférieur au couple statique résistant rapporté à l'arbre du moteur. Quoique le moteur ne démarrera pas sur les marches préparatoires du rhéostat, les courroies, les cables ou les chaînes seront tendus et les roues dentées seront mises en contacts.

On remarque que R_{t0} est la résistance totale par phase du rhéostat symétrique de démarrage, incluant la résistance préparatoire et la résistance d'enroulement par phase parce que la résistance d'enroulement par phase est :

$$R_{2N} = \frac{E_2}{\sqrt{3} I_0} \quad (\text{on considère le rotor immobile}).$$

Il résulte

$$R_{t0*} = \frac{R_{t0}}{R_{2N}} = \frac{E_2}{\sqrt{3} (E_2/E_{2N}) R_{2N} I_{2N}} = \frac{1}{I_{0*}}$$

I_{0*} représente le courant rotorique relatif par phase et I_0 sa valeur absolue correspondante pour la résistance en série globale insérée dans le rotor.

La résistance R_{pr} des marches préparatoires en série sera :

$$R_{pr} = R_{t0} - R_{t1}$$

Cette résistance peut être divisée en nombre de marche en utilisant une raison λ_p liée à \bar{z}_p (\bar{z}_p : nombre de marche préparatoires).

$\lambda_p = \sqrt[p]{R_{t_0}/R_{t_1}}$. Pour 2 marches préparatoires par exemple la marche totale du rhéostat sera 1

$$R_{03} = R_{t_1} ,$$

$$R_{02} = \lambda_p R_{t_1}$$

$$R_{01} = \lambda_p^2 R_{t_1} = R_{t_0}$$

VII - CHOIX DE L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE

Par équipement électrique pour un pont roulant on entend l'ensemble formé par les moteurs électriques, appareils et installations électriques.

L'équipement électrique est composé de :

- Moteurs électriques d'entraînement des mécanismes.
- L'appareillage électrique de commande
- L'équipement électrique d'alimentation et de connexion au réseau.
- L'installation électrique de protection.
- L'installation d'éclairage et de signalisation.
- L'équipement électrique pour le chauffage, la ventilation et le conditionnement de l'air.

1 - EQUIPEMENT ELECTRIQUE D'ENTRAINEMENT DES MECANISMES.

Cet équipement utilisera des moteurs asynchrones à bagues du type M 3 Classe B, et notamment :

- Pour l'entraînement du mécanisme secondaire 1 moteur type M 3 - 71 - 6B
- " " " principal " " M 3 - 92 - 6B
- " " " de translation du chariot : mot. type
M3 - 52 - 6B
- " " " de translation du chariot: mot. type
M3 - 71 - 6B

2 APPAREILLAGE DE COMMANDE

Les principaux appareils électrique de commande sont :

- Commutateurs des moteurs élect. pour la commande des mécanismes de translation et de levage.
- Rhéostats de démarrage pour les différents moteurs utilisés.
- Contacteurs relais temporisés
- Dispositifs de frein électrohydraulique pour les appareils de levage.

a) - CHOIX DES COMMULATEURS

La commande électrique des mécanismes est réalisée par l'intermédiaire des commutateurs ; ils ont été choisis en ayant en vue le schéma électrique dans lequel est introduit le commutateur et le nombre d'opération par heure.

Pour la réalisation de commandes, nous aurons à utiliser des commutateurs à commande directe, et à commande indirects ; leur contact sert pour l'enclenchement et le déclenchement des différents contacteurs et relais en fonction des schémas électriques choisis.

On utilisera des contacts de commutateurs dans les circuits de commande vu leur petit gabarit, leur facilité de montage et aussi leur dimensionnement pour les petits courants.

On choisit des commutateurs à 2 x 6 positions.

Les commutateurs devront être groupés dans un bloc de commande placé dans la cabine.

Le bloc de commande sera composé de 2 Boites disposées à gauche et à droite de celui-ci. La Boite droite du bloc de commande contient le commutateur pour la commande de levage de 100 kN et le commutateur pour le mécanisme de déplacement du chariot.

L'autre boite contient :

- Le commutateur de levage de 500 kN
- Le mécanisme de translation du pont.

b) • Choix des rhéostats pour chaque moteur.

Pour le démarrage, la variation de vitesse, le freinage et l'arrêt des moteurs des mécanismes des ponts roulants, nous utilisons des rhéostats symétriques normalisés insérés dans le circuit rotorique des différents moteurs.

Les différentes marches, peuvent être court-circuitées.
Les problèmes concernant ces rhéostats sont les suivants :

- Détermination des valeurs des résistances totales sur chaque position des manettes des commutateurs
- Le calcul des résistances des marches préparatoires.
- Le freinage à contre - courant.
- Le tracé du diagramme de fonctionnement des moteurs pour les résistances déterminés.

Toutes les calculs et les données seront inscrits dans le bréviaire de calcul (Voir bréviaire de calcul).

c) • CONTACTEURS:

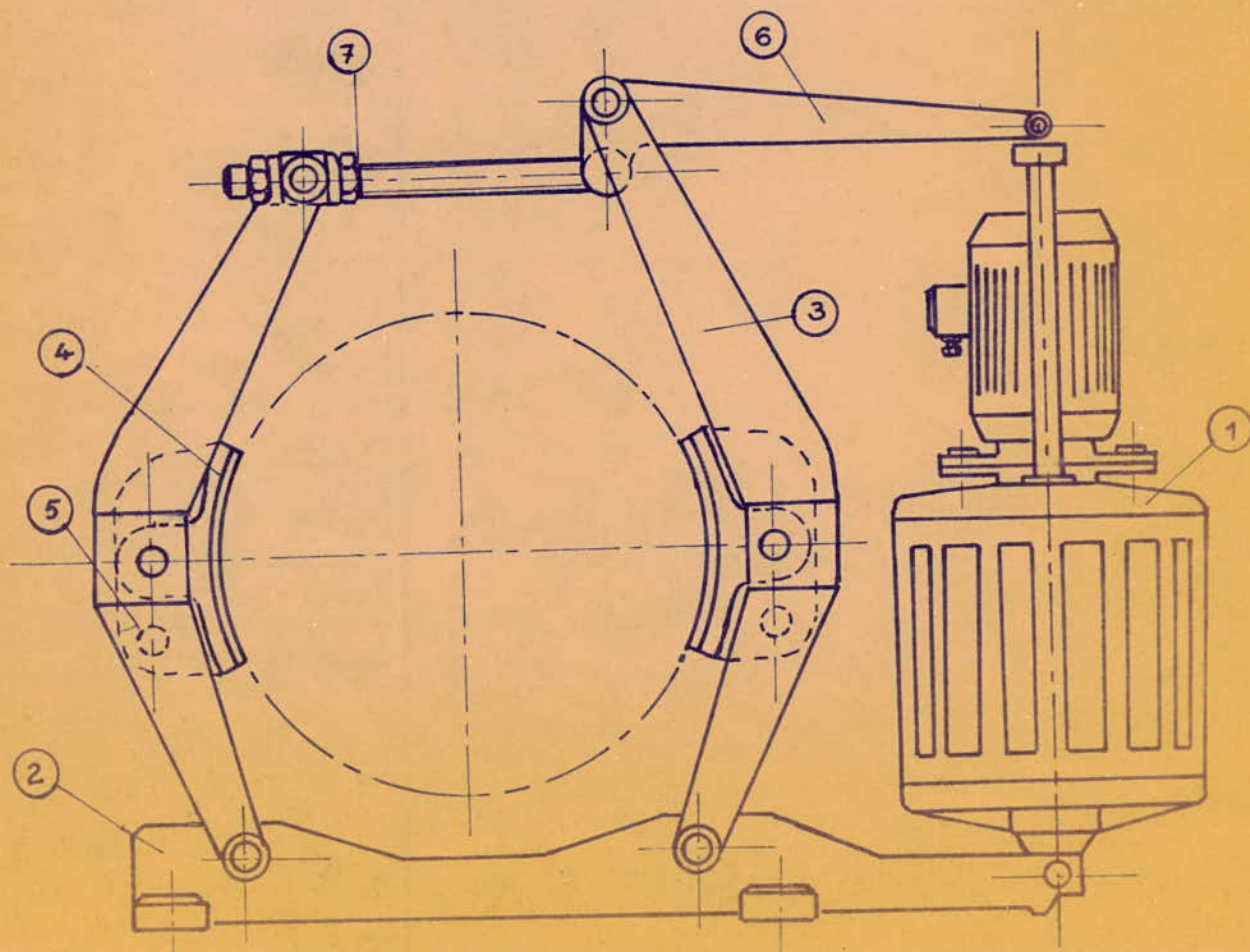
Pour la commande optimale du pont roulant de fonderie, nous utiliserons des contacteurs de catégories suivantes :

- Contacteurs de ligne destinés à l'alimentation en énergie électrique des moteurs d'entraînement, au changement de sens de déplacement du mécanisme de translation et à la commande du dispositif de levage électrohydraulique de frein.

Frein hydro.électrique

Ce frein comprend un vérin hydrel alimenté en courant alternatif triphasé servant à obtenir un couple de freinage. Ce couple est proportionnel à l'effort développé par le vérin hydrel, celui-ci peut être réglé en agissant sur la tension d'alimentation de celui-là.

- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1 - Vérin hydrel. | 5 - frein de sabots. |
| 2 - Soole. | 6 - Levier. |
| 3 - Bras. | 7 - Ecrous de réglage. |
| 4 - Sabots. | |



- Contacteurs d'accélération utilisés pour le court-circuit des marches des rhéostats de démarrage.
- Contacteurs utilisés dans les circuits de protection et blocage.

d) - Dispositifs de frein électrohydraulique des appareils de levage.

Pour le freinage des mécanismes de levage et de translation, nous utiliserons des freins en sabot munis de dispositifs de levage électrohydraulique. Pour les cas extrêmes l'opérateur fait actionner le frein hydraulique de sécurité en appuyant du pied sur la pédale.

Les dispositifs électrohydrauliques présentent les avantages suivants :

- L'ouverture et la fermeture du frein sont réalisées lentement, d'une façon continue et sans chocs.
- Le frein s'ouvre avec 1 retard de 0,1 à 0,15 S par rapport à l'instant de connexion du petit moteur du dispositif de levage électrohydraulique au réseau.
- La fermeture du frein est réalisé dans 1 intervalle de temps de 0,3 à 0,8 S.
- Dispositifs moins sensibles que les électro-aimant aux chutes de tension des réseaux d'alimentation.
- Les éventuels blocages mécaniques du frein ayant comme conséquences la non exécution complète de la course d'ouverture de celui-ci n'ont pas d'effet sur le dispositif de levage hydro-électrique.

Les électro-aimant à courant alternatif, au contraire, si l'armature n'est pas complètement attirée produisent une augmentation très grande du courant absorbé par la bobine qui conduit à la détérioration de celle-ci.

Le principal inconvénient du dispositif électrohydraulique consiste dans le temps relativement long de fermeture. De ce fait, lors de l'arrêt durant la descente de la charge, le temps long de fermeture du frein produit une augmentation non désirée de la vitesse de descente au moment du déclenchement du moteur d'entraînement.

e) - Choix des relais de temporisation.

Pour la réalisation de la temporisation des contacteurs de démarrage, nous utiliserons des relais de type T P 1 D capsulé.

Méthode de calcul du temps de temporisation ;

On déduit le temps de temporisation à partir de l'équation des couples :

$$C - C_v = J \frac{d \Omega}{dt}$$

On sait que la vitesse réelle est liée à la vitesse de synchronisme par la relation :

$$\Omega = (1 - g) \Omega_s$$

D'où :

$$\frac{d \Omega}{dt} = - \Omega_s \frac{dg}{dt}$$

L'équation des couples devient :

$$C - C_r = - J \Omega_s \times \frac{dg}{dt}$$

Dans laquelle :

$$J = \frac{P D^2}{4 g} \quad \text{et} \quad \Omega_s = \frac{2\pi N s}{60}$$

En remplaçant J et Ω_s par leur valeur, on obtient :

$$C - C_r = \frac{P D^2}{4 g} \times \frac{2\pi N s}{60} \times \frac{dg}{dt}$$

Scit :

$$dt = - \frac{P D^2}{4 g} \times \frac{2\pi N s}{60} \times \frac{dg}{C - C_r}$$

A l'aide de l'équation simplifiée de KLOSS $C = \frac{2 C_m}{\frac{g_r}{g} + 2}$

et avec les conditions aux limites suivantes :

σ_r = Glissement du moteur électrique au début du fonctionnement sur la marche respective.

σ_m : Glissement du moteur à la fin du fonctionnement sur la marche respective.

$$\sigma_r = \frac{C_{eq\ ex.}}{C_N}$$

$$\sigma_a = \frac{C_{max.}}{C_N}$$

$$\sigma_{am} = \frac{C_{min.}}{C_N}$$

On aboutira à la relation suivante :

$$t_i = \frac{PD^2 \cdot N_s}{375 C_N} \cdot \frac{\sigma_i + \sigma_{i+1}}{\sigma_u + \sigma_{u+1}} \log \frac{\sigma_u - \sigma_r}{\sigma_{u+1} - \sigma_r} \quad (\Delta)$$

Avec : t_i intervalle de temps après lequel, il faut court-circuiter la marche du rhéostat.

PD^2 : Moment d'inertie du volant des mécanismes respectifs

C_N : Couple nominal du moteur.

VIII - ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE

On fait l'alimentation de l'équipement du pont par un réseau triphasé de 380 V, 50 Hz par l'intermédiaire de trois (3) capteurs de courant.

La conduite principale d'alimentation aboutit à l'interrupteur automatique à l'aide : d'un interrupteur tripolaire à levier; un circuit tripolaire à fusible et un interrupteur d'avarie commandé manuellement de la cabine.

L'alimentation en énergie électrique du pont roulant assure l'énergie nécessaire pour le fonctionnement correct des systèmes de levage des (4) mécanismes du pont roulant, de l'appareillage de commande et contrôle de l'appareillage de signalisation, de l'installation d'éclairage et des autres récepteurs d'énergie électrique existant sur le pont.

La caractéristique du pont roulant en énergie électrique et le fait que durant son fonctionnement ses différents mécanismes se trouvent dans un mouvement relatif des uns par rapport aux autres.

Cela impose donc le choix de la méthode d'alimentation.

L'alimentation des mécanismes qui exécutent des grands déplacements par rapport à la source d'énergie se réalisent à l'aide des lignes de contact raccordés à la source d'énergie et de quelques capteurs de courant.

La liaison entre les parties fixes et les parties mobiles est assurée par des câbles flexibles maintenus par des petits chariots porte câble se déplaçant sur une glissière le long du pont.

La ligne de contact est installée le long du chemin de roulement du pont fixée sur les consoles de celui-ci.

L'installation électrique est prévue pour fonctionner avec des commandes indirectes à l'aide de contacteurs semi-automatiques par l'utilisation de relais de temporisation.

L'alimentation en énergie électrique du pont est faite par des capteurs de courant à pâtins qui glissent sur des profils laminés disposés le long du chemin de roulement.

L'alimentation en énergie électrique du chariot est réalisée par des câbles flexibles.

Le pont est muni de deux 2 sortes de signalisation accoustiques à savoir :

- Une cloche à moteur
- Une sirène de signalisation.

Pour la signalisation optique du pont nous avons prévu deux groupes de signalisation lumineuses à lentilles vert et rouge qui indiquent les positions fermées et ouverts de l'interrupteur automatique.

Pour les travaux d'entretien et de réparation, nous avons prévu des prises de courant, placés le long du chemin de roulement.

Les phares et l'installation de reconditionnement de l'air montés sur le pont sont destinés pour assurer une exploitation dans des conditions meilleures de travail.

Les circuits statoriques des consommateurs de forcessont alimentés par des contacteurs à partir de la boite à relais thermique, de l'interrupteur automatique.

La commande d'enclenchement du contact principal peut être effectué seulement si tous les commutateurs dans la position Zéro (o) et si toutes les portes d'accès sous le pont sont fermées.

.../...

XIV - CIRCUITS DE PROTECTION ET INTERBLOCAGE

Les circuits de protection et interblocage sont destinés à assurer des conditions de travail sans péril d'accident et des avaries autant pour le personnel qui désert l'outillage que pour le personnel qui se trouve dans la zone de travail. Le Bon fonctionnement du pont dépend de l'efficacité de la protection donc du rythme de production dans le secteur desservi.

Les dispositifs de protection du pont roulant doivent assurer :

- Protection de l'installation et de l'équipement électrique
- Protection contre la détérioration de la partie mécanique
- Protection contre certaines fausses manoeuvres.

LES DERANGEMENTS MECANIQUES QUI PEUVENT APPARAITRE SONT :

- Rupture du câble de levage de la charge.
- Déplacement des chariots hors des limites normales
- Déplacement du pont entier hors des limites normales.
- Sollicitations de la construction métallique du pont au delà des limites admises..

LES DERANGEMENTS ELECTRIQUES

Les sollicitations thermiques des moteurs électriques de l'appareillage électrique et des conducteurs qui entrent dans la composition de l'installation électrique sont;

- Diminution de la tension d'alimentation
- Le réenclenchement non commandé de l'interrupteur automatique général.

LES FAUSSES MANOEUVRES EXECUTEES PAR LE MANIPULATEURS

- Enclenchement de l'interrupteur quand les commutateurs ne se trouvent pas dans la position zéro (0).
- L'abandon de la cabine sans déclencher l'interrupteur général.
- L'ouverture de la porte de la cabine durant le fonctionnement du pont.

.../...

Pour le pont roulant de fonderie, nous avons réalisé les protections suivantes :

- Protection électrique pour limiter la course de levage du mécanisme de levage.
- Protection électrique pour limiter la course du chariot.
- " " " " " " du pont.
- Protection électrique contre les surcharges à maximum le courant.
- Protection à tension minimale.
- " pour le manque de tension.
- " pour le blocage de l'interrupteur automatique à l'aide du commutateur.
- Protection de blocage du fonctionnement du pont à l'ouverture de la porte de la cabine.

a) - PROTECTION POUR LIMITER LA COURSE DE LEVAGE AU MECANISME DE LEVAGE

Cette protection a le rôle d'interrompre le circuit de force du moteur d'entraînement du mécanisme respectif quand la charge dépasse la limite supérieure de la course.

Les dispositifs qui exécutent l'interruption de l'alimentation sont appelés limiteur de course au levage.

L'interruption des circuits de force des moteurs peut être réalisée.

- Directement quand les contacts des limiteurs sont connectés dans les circuits de force.
- Indirectement quand le limiteur agit dans le circuit de commande en interrompant l'alimentation en énergie électrique des contacts principaux qui, déclenchés interrompent les circuits de force du moteur d'entraînement.

Pour les mécanismes de levage, nous avons utilisé des limiteurs dans le circuit de commandes. Les limiteurs 1b1 et 1b2 déclenchent le mécanisme de levage descente par l'interruption des contacteurs de sens des moteurs d'entraînement.

Pour les mécanismes décrochés de 500 kN et 100 kN, nous avons prévu pour chacun un limiteur de course à rotation (Voir schéma développé).

b) - PROTECTION POUR LIMITER LA COURSE DU CHARIOT.

Pour limiter la course du chariot nous utiliserons des commutateurs montés dans les circuits de commande. Etant donné que la cabine est montée sur le pont, on disposera les limiteurs de course de chariot sur le pont. De ce fait nous n'avons pas besoin de capteur de courant.

Les limiteurs de course sont du types à levier montés aux extrémités des poutres du pont. On utilisera aussi des tampons du type chemin de fer.

c) - PROTECTION CONTRE LA SURCHARGE.

Le but de cette protection est de rendre impossible le levage de surcharge c'est à dire des charges plus grandes que la charge maximale admise. Les limiteurs de charges sont montés dans le circuit de commande.

d) - PROTECTION A MAXIMUM DE COURANT.

La protection à maximum de courant a comme but la protection des moteurs électriques et du reste de l'installation contre l'échauffement dû aux surcharges non permises et aux court-circuits.

La protection à maximum de courant sera assurée pas des fusibles, des relais à maximum de courant du type électromagnétique et par des relais thermiques.

e) Protection par blocage de l'interrupteur automatique.

Cette protection doit rendre impossible le démarrage des moteurs par enclenchement l'interrupteur automatique si l'opérateur a oublié de mettre les manettes des commutateurs à la position "Zéro".

f) - Arrêt du fonctionnement du pont à l'ouverture de la porte de la cabine.

L'ouverture de la porte de la cabine doit mettre hors tension toute l'installation électrique du pont, soit pendant le fonctionnement, soit lors de l'abandon de la cabine sans que préalablement, on a ouvert le contacteur de ligne ou l'interrupteur automatique.

g) - Protection contre le dépassement des vitesses maximales admises :

Cette protection est généralement utilisée durant la descente des charges.

On applique cette protection au mécanisme important de levage, par utilisation des relais centrifuges de vitesse ou par d'autres méthodes.

h) - Blocage contre un rapprochement trop grand entre les installations mobiles qui travaillent sur le même chemin de roulement.

Les installations mobiles respectives sont munies de tampons spéciaux qui coupent l'alimentation et freinent quand les installations sont trop rapprochées entre elles.

On utilise parfois une construction spéciale de l'installation d'alimentation en énergie électrique.

La ligne de contact est divisée en zones séparées par des commutateurs spéciaux manœuvrés par le passage des installations de transport par certains points sur le chemin de roulement. Si une certaine zone est occupée, les zones voisines ne peuvent pas être mises sous tension ce qui assure une distance minimale.

i) PROTECTION CONTRE LA MISE A LA TERRE

Cette protection est exécutée comme dans les installations habituelles en tenant compte du fait que les installations à ligne de contact ne possèdent généralement pas de fil neutre. Dans les installations à fil neutre on peut utiliser une protection par déconnexion automatique dans le cas des mises à la terre. Dans ce but entre les carcasses des moteurs et les fils neutres on monte un relais de tension (40 v) avec des contacts normaux fermés dans le circuit de la bobine du contacteur. Dans le cas de mise à la terre, lorsque le relais est soumis à la tension de phase, il interrompra le circuit d'alimentation de la bobine du contacteur.

j) - PROTECTION CONTRE LE DEPLACEMENT OBLIQUE DU PONT PAR RAPPORT AU CHEMIN DE ROULEMENT.

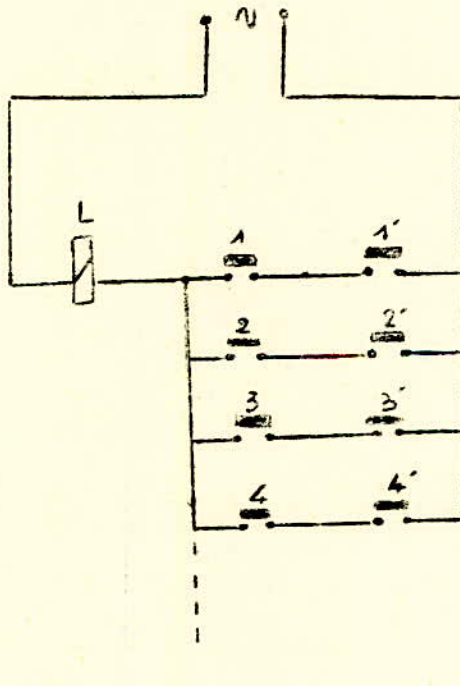
Pour les ponts à grande portée, on prévoit la synchronisation de la rotation des gallets sur les deux (2) rails. Vu le coefficient de friction différent sur les rails, il peut surgir des glissements qui causent des déplacements obliques du pont. Ce déplacement peut conduire même à un déraillement.

Pour éviter ce nefaste déplacement, le circuit de la bobine du contacteur L du moteur de déplacement est fermé par l'intermédiaire des contacts 1, 2, 3, 4 etc... montés sur un rail et les contacts 1', 2', 3', 4' montés sur l'autre rail.

Les paires de contacts ainsi constitués 1-1', 2-2', 3-3' se trouvent sur la même perpendiculaire au chemin de roulement .

Si la déviation du pont dépasse les limites admises, les paires de contacts 1 - 1' ou 2 - 2', etc... se ferment, le circuit du contacteur L est interrompu et l'installation s'arrêtera.

Les contacts mentionnés ci-dessus seront montés sur le chemin de roulement.



Limitation du déplacement oblique
du pont.

X - MESURES DE SECURITES DE TRAVAIL

L'installation électrique de l'outillage doit assurer un fonctionnement normal dans les conditions spécifiques de transport et de levage (vibration, régime intermittent à charge variable et connexion répétées). Dans ce but le montage de l'installation électrique sera confié à une équipe d'électricien avec une qualification correspondante et conduite par un contre - maitre.

Pendant l'exécution des travaux, on observera en permanence avec toute l'attention nécessaire la réalisation des conditions de montage suivants :

- Fixation des équipements placés sur l'outillage.
- Immobilisation et protection des cables électriques contre les détériorations mécaniques et corrosions .
- Sécurité des contacts électriques contre le desserrage par utilisation des rondelles freins.
- Les liaisons de bornes seront exécutées par des cosses portant la section de 2,5 mm². Jusqu'à cette section on utilisera aussi l'étain pour la fixation des cosses multifilaires.

- Réalisation des échauffement au passage des cables électriques pour presse - étoupe dans les boites d'appareillage et dans les armoires ou leurs portes. On procédera de même pour les boites de commandes et les divers éléments capsulés.

- Mise à terre par la masse métallique de l'outillage , des moteurs électriques des appareils de connexions, des panneaux et autres équipements électriques.

La mise à la terre doit être exécutée avec beaucoup de soins par décoller facilement les avaries dans l'installation électrique.

- Si les parties métalliques de équipements possèdent une borne de mise à la terre, elles doivent avoir une liaison sûre d'une section suffisante avec la masse métallique de l'outillage.

- Si le contact entre la carcasse de l'équipement électrique et la construction métallique est rendu mauvais par une peinture des oxydes etc.... Il est nécessaire de prévoir des liaisons de protection soudées.

Les liaisons de protection doivent être de bonne qualité pour éviter des résistants électriques de passage ayant des valeurs appréciables/

- Entre les divers sous-ensemble de la construction métallique et des mécanismes, on doit tenir compte de la réalisation des contacts électriques sûrs ainsi que la masse métalliques de l'outillage qui présente du point de vue électrique un seul corps équipotentiel.

Sur les portes des boites à contacts, sur les armoires d'appareils et sur les portes des différents équipements électriques il faut monter des plaques signalisatrices.

- Les différentes réparations de l'installation électrique, les éventuelles vérifications et modifications doivent être exécutées avec l'installation hors tension et en prenant toutes les précautions nécessaires, contre la mise sous tension inattendue due à une fausse manoeuvre. Tous les travaux mentionnés seront exécutés sur la base d'un ordre écrit de travail.

Après l'expulsion des personnes qui ne participent pas officiellement à l'essai de la zone de fonctionnement de l'outillage et après le dégagement du chemin de roulement.

On passe à l'essai de marche à vide en suivant la succession des opérations.

- On vérifie le manque de la tension . La ligne principale de l'outillage - on vérifie le fonctionnement de l'interrupteur manuel à levier fixé sur l'outillage (sectionneur) et on laisse ce sectionneur en position ouverte.

- On vérifie et on règle le blocage des relais électromagnétiques du bloc de protection des moteurs électriques à des valeurs environ égales à 2, 5 IN.

- On vérifie l'existence, la valeur et le serrage des fusibles.

- On contrôle s'il n'y a pas des objets étrangers tombés ou laissés à l'intérieur et sur les panneaux d'appareillages, on entre les contacts et les bornes des appareils.

- On vérifie le serrage et la fixation de l'appareil électrique monté sur les panneaux, les panneaux aussi, la construction métallique, le montage et le serrage des moteurs, des résistances, des câbles etc....

Après ces vérifications sans tension, on exécutera les opérations suivantes :

- On met ^{SOUS} tension la ligne principale.
- On ferme l'interrupteur manuel à levier, en mettant sous tension les circuits d'éclairage , de signalisation et les circuits auxiliaires.
- On vérifie le fonctionnement des signaux sonores .
- On enclenche l'interrupteur automatique principal .

La modification ou la réparation de l'installation électrique sous tension est strictement interdite.

Si les essais se sont avérés normaux, on vérifie le fonctionnement du frein et son réglage conformément à des instructions séparées.

Selon l'allure des performances de l'équipement électrique ainsi que les essais en charge, nous devons avoir un fonctionnement sans bruit, sans mouvement brusque et secousse du mécanisme

BREVIAIRE DE CALCUL

A - Mécanisme de levage secondaire (100 kN).

1 - Données principales :

- Capacité de levage au crochet $Q_2 = 100 \text{ kN}$
- Vitesse de levage $V_2 = 16 \text{ m/ mn}$
- Hauteur de levage $H_2 = 16 \text{ m}$
- Poids du moufle $g = 2 \text{ kN}$
- Durée du cycle de fonctionnement $T_c = 120 \text{ s}$
- Facteur de marche $F = 40 \%$
- rapport de transmission $i = 2$

2 - Calcul de dimensionnement :

a - Calcul du câble de levage :

Tension maximale du câble :

$$F = \frac{Q_2 + g}{z_2 \cdot \eta_p} = \frac{100 + 2}{4 \times 0,98} = 26,02 \text{ kN}$$

$$\text{Avec : } z_2 = 2 i_p = 2 \times 2 = 4$$

z_2 étant le nombre de cables

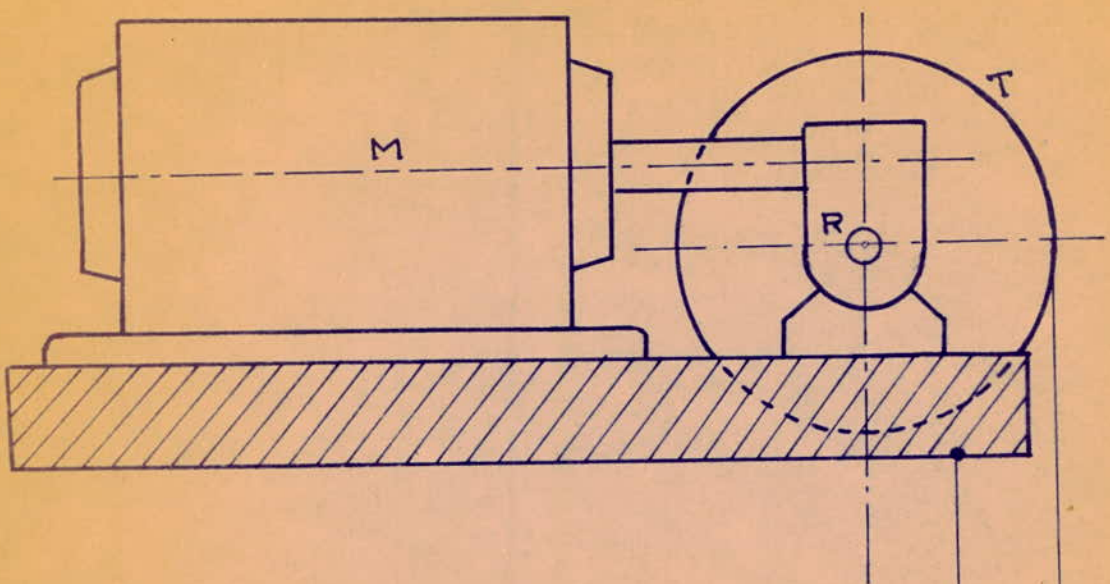
η_p étant le rendement du palan.

Charge réelle minimale de rupture du câble :

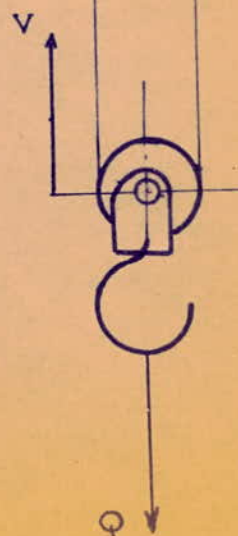
Les normes fixent le coefficient de sécurité C à 8.

$$P_r = C \cdot F = 8 \times 26,02 = 208,16 \text{ kN.}$$

On adopte donc un câble à âme métallique défini par la désignation : $S_{22} - 6 \times 19 - 160 \text{ Z/s.}$



- M: moteur d'entrainement.
- T: tambour.
- R: réducteur.
- V: vitesse de levage.
- Q: charge à soulever.



Représentation schématique
d'un treuil

b - Dimensionnement du tambour :

* Diamètre nominal minimal d'enroulement du câble :

$$D = (0,95 e - 1) d = (0,95 \times 30 - 1) 22 = 605 \text{ mm.}$$

Avec :

e = 30 - coefficient de correction

d = 22 mm - diamètre du câble.

On adopte le diamètre normalisé qui est immédiatement supérieur au diamètre calculé :

Donc :

$$D = 630 \text{ mm.}$$

* Diamètre d'enveloppe du câble :

$$D_m = D + d_c = 630 + 22 = 652 \text{ mm.}$$

* Nombre de tours du tambour nécessaires à la montée de la charge.

$$N = \frac{H_2 \cdot i_p}{\pi D_m} + 6 = \frac{16 \times 2}{3,14 \times 652} + 6 = 21,63 \text{ donc } 22 \text{ tours}$$

3 - Détermination approximative du moteur de levage.

On adopte une vitesse de rotation moyenne $n = 975 \text{ t/ mn}$

La vitesse angulaire correspondante est :

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{975 \cdot \pi}{30} = 102,05 \text{ rad /s.}$$

Le rapport de transmission du couple moteur au crochet est :

$$i = \frac{\pi \cdot D}{2 \sqrt{r}} = \frac{102,05 \times 0,630}{2 \times 0,266} = 120,85$$

Avec : D = 0,630 m - rayon du tambour

$$V_c = 16 \text{ m/mn} = 0,266 \text{ m/s}$$

a - Couple statique réduit à l'arbre du moteur lors du levage de la charge maximale :

$$C_1 = \frac{Q_2 + 9}{i \cdot \eta_1} \cdot \frac{D}{2} = \frac{(100 + 2) \cdot 10^3}{120,85 \cdot 0,85} \cdot \frac{0,630}{2} = 312,79$$

Avec :

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \eta_r \cdot \eta_t \cdot \eta_p - \text{rendement de transmission} \\ &= 0,94^2 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 0,85 \end{aligned}$$

b) - Couple statique réduit à l'arbre du moteur à la descente de la charge maximale.

$$\begin{aligned} C_2 &= \frac{Q_2 + 9}{i} \cdot \frac{D}{2} \left(2 - \frac{1}{\eta_1} \right) \\ &= - \frac{(100 + 2) \cdot 10^3}{120,85} \cdot \frac{0,630}{2} \left(2 - \frac{1}{0,85} \right) = 218,95 \text{ Nm} \end{aligned}$$

c) - Couple statique réduit à l'arbre du moteur lors de la montée à vide :

$$C_3 = \frac{9}{i \cdot \eta_2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{2 \times 10^3}{120,85 \times 0,22} \cdot \frac{0,630}{2} = 23,70 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} \eta_2 &= 0,22 \text{ déterminé à l'aide des courbes en fonction de :} \\ h &= \frac{9}{20+9} = h = \frac{2}{10+2} = 0,0196 \quad [1] \end{aligned}$$

d) Couple statique réduit à l'arbre du moteur à la descente à vide :

$$C_4 = C_{P4} + C'_4 = 18,49 - 522 = 13,27 \text{ N.m}$$

Où :

C_{P4} : Couple correspondant aux pertes à la descente à vide :

$$C_{P4} = (1 - \eta_2) C_3 = (1 - 0,22) 23,70 = 18,49 \text{ Nm.}$$

C'_4 : Couple statique correspondant au poids du palan à la descente:

$$C'_4 = - \frac{9}{i} \cdot \frac{D}{2} = - \frac{2}{120,85} \times \frac{0,630}{2} = -5,22 \text{ Nm.}$$

e) - Couple équivalent approximatif du moteur :

$$C_{\text{éq. app}} = \frac{1}{2} \sqrt{\sum_{i=1}^4 C_i^2} = \frac{1}{2} \sqrt{312,79^2 + 218,95^2 + 23,70^2 + 13,27^2}$$

$$= 191,39 \text{ N}$$

f) - Puissance équivalente approximative du moteur :

$$P_{\text{éq. app}} = C_{\text{éq. app}} \cdot \omega_L = 191,39 \times 108,05$$

$$= 19531,35 \text{ W}$$

$$= 19,53 \text{ kW}$$

On choisit un moteur asynchrone de grues à bagues type M₃ - 71 - 6B ayant les caractéristiques suivantes :

- Puissance nominale pour F = 40 %	P _N = 23 kW
- Courant statorique	I _{1N} = 54,5 A
- Courant rotorique	I _{2N} = 52,3 A
- Rendement du moteur	η = 0,85
- Facteur de puissance	cos φ = 0,76
- Vitesse nominale de rotation	n = 975 t/mn
- Tension entre bagues (entre ligne)	U = 239 v
- Coefficient de surchage mécanique	k _m = 4,22
- Moment de volant du moteur :	(GD ²) _m = 45,8 Nm ²

4 - Vérification du moteur choisi :

Dans le calcul que nous venons de faire, nous n'avons pas tenu compte des régimes transitoires : le démarrage et le freinage. Nous avons considéré que le fonctionnement du moteur était à vitesse uniforme donc les couples étaient constants.

Lors du démarrage et du freinage, il apparait des couples dynamiques, donc variables, dus à la force d'inertie des pièces en mouvement.

Pour calculer le moment dynamique du système en mouvement, nous allons déterminer le moment axial d'inertie du système.

a) - Moment de rotation du système entier réduit à l'arbre du moteur :

$$(PD^2)_t = 1,2 \left[(PD^2)_m + (PD^2)_{\text{mec}} + (PD^2)_s \right]$$

(PD²)_{mec} = 14,2 Nm². C'est le moment de rotation des pièces montées sur l'arbre du moteur.

La valeur de ce moment de rotation résulte d'une estimation.

Moment de giration de la charge maximale de levage réduit à l'arbre du moteur :

$$\begin{aligned} (PD^2)_S &= P4R^2 = 4P \frac{V_r^2}{\Omega^2} = 4 \frac{Q_2 + 9}{\Omega^2} \times V_r^2 \\ &= \frac{4 (100 + 2) \times 10^3}{102,05^2} \times \left(\frac{16}{60} \right)^2 = 2,79 \text{ N m}^2 \end{aligned}$$

D'où il résulte :

$$(PD^2)_t = 1,2 (45,8 + 14,2) + 2,79 = 74,79 \text{ Nm}^2$$

b) - Moment axial d'inertie du système :

On le déduit à partir du $(PD^2)_t$

$$PD^2 = P4R^2 = mg4R^2 = 4g(mR^2) = 4gJ$$

D'où :

$$J_{red.} = \frac{(PD^2)_t}{4g} = \frac{74,79}{4 \times 9,81} = 1,91 \text{ kg m}^2$$

c - Moment dynamique du système :

$$M_{dy} = J_{red} \dot{\epsilon} \quad (\text{N.m})$$

$\dot{\epsilon}$ - Etant l'accélération angulaire :

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\Omega}{dt} = \frac{a_{xi}}{D} = \frac{0,17 \times 120,85}{0,630} = 65,22 \text{ rad / s}^2$$

a : Accélération et décélération admises respectivement au démarrage et au freinage pour les ponts roulant de fonderie.

$$a = (0,1 \dots 0,2) \text{ m/s}^2$$

$$\text{On a adopté } a = 0,17 \text{ m/s}^2$$

D'où :

$$M_{dy} = J_{red} \dot{\epsilon} = 1,91 \times 65,22 = 124,57 \text{ N.m}$$

Pour le calcul du couple dynamique résultant, il y aura 4 opérations donc 4 Couples à déterminer: :pour le levage (à vide et en charge)
: " la descente (à vide et en charge).

d) - Couple résultant sur l'arbre moteur durant les régimes transitoires correspondants aux quatres opérations d'accélération.

$$Ca_1 = C_1 + Mdy = 312,79 + 124,57 = 437,36 \text{ N.m}$$

$$Ca_2 = C_2 + Mdy = -218,95 + 124,57 = -94,38 \text{ N.m}$$

$$Ca_3 = C_3 + Mdy = 23,70 + 124,57 = 148,27 \text{ N.m}$$

$$Ca_4 = C_4 + Mdy = 13,27 + 124,57 = 137,84 \text{ N.m}$$

e) - Couple résultant à l'arbre moteur durant les régimes transitoires correspondants aux quatres opérations de décélération.

$$C_{fd1} = C_1 - Mdy = 312,79 - 124,57 = 188,22 \text{ N.m}$$

$$C_{fd2} = C_2 - Mdy = 218,95 - 124,57 = 94,38 \text{ N.m}$$

$$C_{fd3} = C_3 - Mdy = 23,70 - 124,57 = -100,87 \text{ N.m}$$

$$C_{fd4} = C_4 - Mdy = 13,27 - 124,57 = -111,30 \text{ N.m}$$

f) - Vérification à la surcharge mécanique :

* Couple nominal du moteur choisi :

$$C_N = \frac{P}{\omega} = \frac{23.000}{102,05} = 225,39 \text{ N.m}$$

* Couple critique ou maximal :

$$C_{cr} = \lambda C_N = 4,22 \times 225,38 = 951,10 \text{ N.m}$$

Avec:

$$\lambda = \frac{C_{max}}{C_N} = 4,22 - \text{Coefficient de surcharge mécanique.}$$

* Couple maximal développé par le moteur avec une chute de tension de 15 %.

$$C_{max} = 0,85^2 C_{cr} = 0,85^2 \times 951,10 = 687,17 \text{ N.m}$$

* Couple maximal possible au démarrage:

$$C_{max. Dém} = 0,85 C_{max} = 0,85 \times 687,17 = 584,10 \text{ N.m}$$

L'inégalité

$$C_{max. dém.} > \max(|C_{ai}|, |C_{fi}|) \text{ est}$$

Vérifiée car

$$\max. (|C_{ai}|, |C_{fi}|) = 437,36 \text{ N.m}$$

.../...

Donc le moteur est bien choisi du point de vue surcharges mécaniques.

Nous allons, maintenant vérifier le moteur aux sollicitations thermiques.

g). Temps d'accélération nécessaire pour atteindre la vitesse de régime des quatre opérations.

En utilisant l'équation des couples, on obtient:

$$t_{a1} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} - C_1} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 - 312,79} = 0,719 \Delta$$

$$t_{a2} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} - C_2} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 + 218,95} = 0,243 \Delta$$

$$t_{a3} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} - C_3} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 - 23,70} = 0,349 \Delta$$

$$t_{a4} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} - C_4} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 - 13,27} = 0,342 \Delta$$

h). Temps de freinage nécessaire pour avoir l'arrêt, après avoir atteint la vitesse de régime des quatre opérations.

$$t_{f1} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} + C_1} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 + 312,79} = 0,218 \Delta$$

$$t_{f2} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} + C_2} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 - 218,95} = 0,534 \Delta$$

$$t_{f3} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} + C_3} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 + 23,70} = 0,321 \Delta$$

$$t_{f4} = \frac{J_{red} \cdot \omega_2}{C_{md} + C_4} = \frac{1,91 \times 102,05}{584,10 + 13,27} = 0,327 \Delta$$

On vérifie l'inégalité $\max(|t_{ai}|, |t_{fi}|) < 1,5 \Delta$
 $\max(|t_{ai}|, |t_{fi}|) = 0,719 \Delta$.

i). Temps correspondant au déplacement à vitesse de régime.

On suppose que: $t_i = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$

$$t_i = \frac{T_c.F - \sum t_{ai} - \sum t_{fi}}{4} = \frac{48 - 1,653 - 1,4}{4} = 11,24 \Delta$$

avec $\sum t_{ai} = 1,65 \Delta$ et $\sum t_{fi} = 1,4 \Delta$.

j). Couple équivalent exact en tenant compte des régimes transitoires.

$$C_{eq.ex} = \left(\frac{\sum C_{ai}^2 t_{ai} + \sum C_{fi}^2 t_{fi} + \sum C_i^2 t_i}{\sum t_{ai} + \sum t_{fi} + \sum t_i} \right)^{1/2}$$

avec :

$$\sum C_{ai}^2 t_{ai} = 153.867,1408$$

$$\sum C_{fi}^2 t_{fi} = 78.053,4646$$

$$\sum C_i^2 t_i = 1.646.222,2222$$

$$\sum t_{ai} + \sum t_{fi} + \sum t_i = 47,93 \Delta$$

Soit :

$$C_{eq.ex} = \sqrt{39197,70} = 197,984 \text{ Nm.}$$

$$\approx 198 \text{ Nm.}$$

k). Puissance équivalente exacte du moteur.

$$P_{eq.ex.} = C_{eq.ex.} \times \Omega = 198 \times 102,05 = 20.205,90 \text{ W.}$$
$$= 20,206 \text{ kW.}$$

L'inégalité $P_{eq.ex} \leq P_n$ est vérifiée donc le moteur choisi correspond aussi du point de vue des sollicitations thermiques.

V - CALCUL DES RHEOSTATS DE DEMARRAGE :

1) - Choix des couples de démarrage maximal (C_M) et de commutation (C_m).

On doit satisfaire l'inégalité $C_M < 0,85^2 C_{cr}$.

$$0,85^2 C_{cr} = 0,85^2 \times 951,10 = 687,17 \text{ N.m}$$

Généralement on prend :

$$C_M = 2,5 C_n = 2,5 \times 225,38 = 563,45 \text{ N.m}$$

$$C_m = 1,2 C_n = 1,2 \times 225,38 = 270,47 \text{ N.m}$$

2) - Détermination du point G ; point de concours de la droite (ab) avec l'axe des couples (OC).

Soit g_y l'abscisse du point a et g_{y+1} l'abscisse du point b.

On calcule g_y et g_{y+1} à partir de l'équation simplifiée de KLOSS:

$$C = \frac{2 C_{cr}}{\frac{g}{g_{cr}} + \frac{g_{cr}}{g}}$$

qui nous donne :

$$g^2 - 2 C_{cr} g_{cr} \frac{g}{C} + g_{cr}^2 = 0$$

Connaissant C_{cr} et g_{cr} , on peut avoir g_y et g_{y+1} en remplaçant C respectivement par C_M et C_m .

$$C_{cr} = \lambda C_n = 4,92 \times 225,38 = 951,10 \text{ N.m}$$

$$g_{cr} = g_n [\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}] = \frac{1000 - 975}{1000} [4,22 + \sqrt{4,22^2 - 1}]$$

$$g_{cr} = 0,208$$

Donc : $g^2 - 2 \times \frac{951,10 \times 0,208}{C} g + 0,208^2 = 0$

$$g^2 - 395,659 \frac{g}{C} + 0,0433 = 0$$

Posons : $C = C_M = 563,45$

$$g^2 - \frac{395,659}{563,45} g + 0,0433 = 0$$

$$g^2 - 0,7022 g + 0,0433 = 0$$

$$\Delta = 0,4931 - 0,1732 = 0,32 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 0,565$$

D'où :

$$g_{\frac{3}{2}} = \frac{0,7022 - 0,565}{2} = 0,0685$$

On ne prend que l'abscisse ($g_{\frac{3}{2}}$) du point de concours de la partie croissante de la caractéristique mécanique naturelle et de la droite représentant le couple $C = C_M$.

De même pour $C = C_m = 270,47$, on aura :

$$g^2 - \frac{395,659}{270,47} g + 0,0433 = 0$$

$$g^2 - 1,4629 g + 0,043 = 0$$

$$\Delta = 2,14 - 0,1732 = 1,9668 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 1,4025$$

D'où :

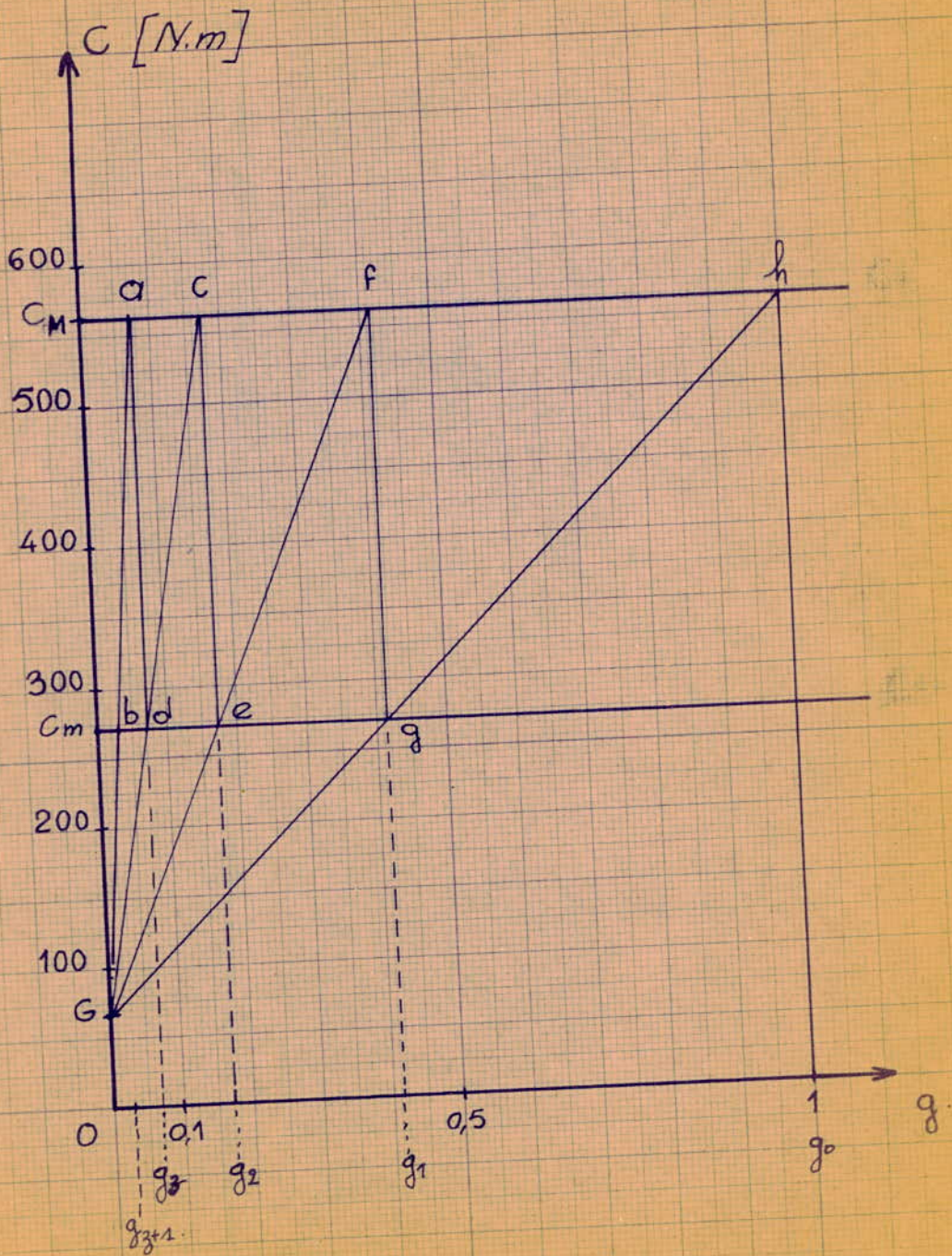
$$g_{\frac{3}{2}+1} = \frac{1,4629 - 1,9668}{2} = 0,0302$$

3) - Nombre de marche Z :

C'est le nombre de droite (c d), (ef), etc.. sauf la droite (ab).
Voir figure 4 m. 1

Ici $Z = 3$

.../...



Détermination graphique des résistances de démarrage du moteur 4m.

Fig. 4m.1

4) - Les résistances totales par phase sont données par les relations :
(VOIR FIG. 4 m2)

$$R_{t_1} = R_2 \frac{h C_m}{a C_m} = 0,066 \times \frac{1}{0,07} = 0,943 \Omega$$

$$R_{t_2} = R_2 \frac{\frac{1}{2} C_m}{a C_m} = 0,066 \times \frac{0,415}{0,07} = 0,391 \Omega$$

$$R_{t_3} = R_2 \frac{C_m}{a C_m} = 0,066 \times \frac{0,17}{0,07} = 0,160 \Omega$$

$$\text{Avec } R_2 = g_n R_n = \frac{1000 - 975}{1000} \times \frac{E_{2n}}{\sqrt{3} I_{2n}} = 0,025 \frac{239}{\sqrt{3} 52,3} = 0,066 \Omega$$

5) - Le rhéostat de démarrage étant en étoile, les résistances de chaque marche sont données par les relations :

$$r_1 = R_{t_1} - R_{t_2} = 0,552 \Omega$$

$$r_2 = R_{t_2} - R_{t_3} = 0,231 \Omega$$

$$r_3 = R_{t_3} - R_2 = 0,094 \Omega$$

6) - Valeur totale de la résistance extérieure par phase nécessaire au démarrage :

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0,877 \Omega$$

7) - Couple moyen de démarrage : $C_{m.d.}$

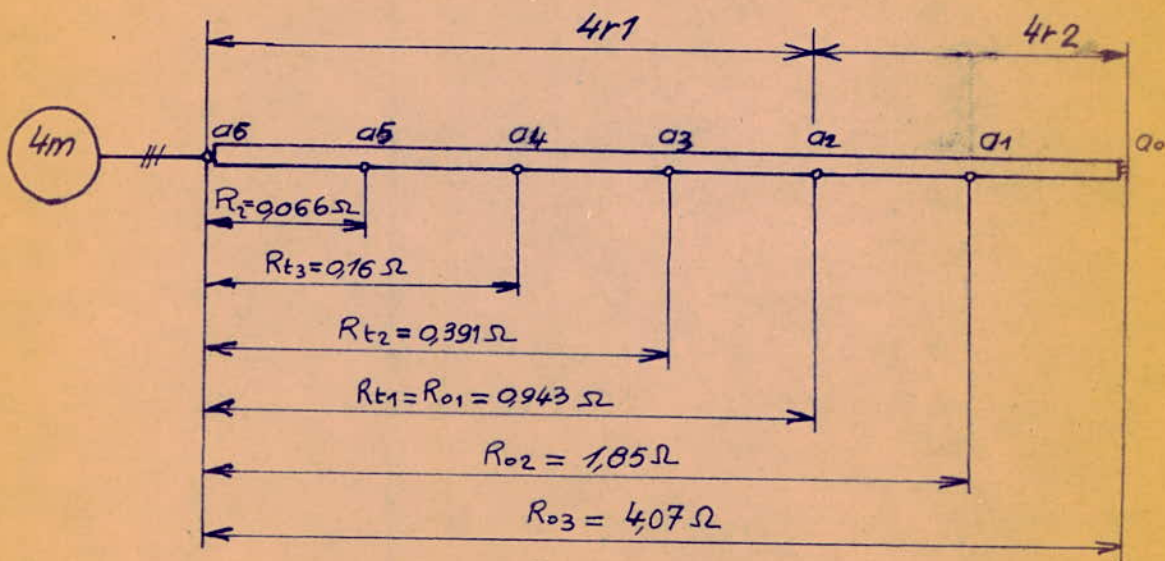
$$C_{m.d.} = \sqrt{C_m \times C_m} = \sqrt{563,45 \times 270,47} \approx 390,5 \text{ N.m.}$$

$C_{m.d.} < C_{\text{max. possible au démarrage}}$.

Connaisant le couple moyen de démarrage, il en résulte le temps réel d'accélération (de démarrage).

$$t_0 = \frac{J_{\text{red}} \Omega}{C_{m.d.} - C_1} = \frac{1,91 \times 102,05}{390,5 - 312,79} = 2,51 \text{ s} < 6 \text{ s}$$

.../...



Résistances de démarrage et de freinage
du moteur 4.m.

Fig. 4m. 2.

Toutes les conditions imposées par les normes ont été satisfaites, on peut dire que le nombre de marche a été bien choisi et que le démarrage s'effectue dans des limites admissibles.

8) - Résistance de marche préparatoire : R_{pc}

$$R_{pc} = R_{t_0} - R_{t_1}$$

Avec :

$$R_{t_0} = \frac{E_2}{\sqrt{3} I_0}$$

On prend $I_0 = k I_n$ ($k = 0,6 \dots 0,7$) et I_n : Courant nominal.

on prend $k = 0,65$

Donc :

$$R_{t_0} = \frac{239}{\sqrt{3} \times 52,3 \times 0,65} = 4,06 \Omega$$

et

$$R_p = R_{t_0} - R_{t_1} = 4,06 - 0,943 = 3,117 \Omega$$

Cette résistance peut être divisée en nombre de marche Z_p lié à une raison de progression géométrique λ_p par la relation:

$$\lambda_p = \sqrt[Z_p]{\frac{R_{t_0}}{R_{t_1}}}$$

Pour 2 marches préparatoires, la marche totale du rhéostat sera :

$$R_{O1} = R_{t_1} = 0,943 \Omega$$

$$R_{O2} = \lambda_p R_{t_1} = 2,076 \times 0,943 = 1,95 \Omega$$

(Voir fig. 4m 2)

$$R_O = \lambda_p^2 R_{t_1} = (2,076)^2 \times 0,943 = 4,07 \Omega$$

$$\text{avec } \lambda_p = \sqrt{\frac{R_{t_0}}{R_{t_1}}} = \sqrt{\frac{4,06}{0,943}} = \sqrt{4,31} = 2,076$$

9) - FREINAGE

On utilise une seule marche de résistance de freinage .

La valeur de la résistance de freinage est :

$$R_f = \chi r = 2,41 \times 0,877 = 2,12 \Omega$$

Avec :

$$\chi = \frac{R_{t_1}}{R_{t_2}} = \frac{0,943}{0,391} = 2,41. \text{ C'est la raison de progression géométrique des résistances de démarrage.}$$

$r = 0,877 \Omega$ - Résistance extérieure totale par phase :

Valeur réduite de la résistance de freinage :

$$R_f \% = \frac{R_f}{R_N} \times 100 = \frac{2,12}{2,64} \times 100 = 80,06 \%$$

$$R_N = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} I_{2N}} = \frac{239}{\sqrt{3} \times 52,3} = 2,64 \Omega$$

La valeur du couple de freinage, après avoir atteint la vitesse nominale du moteur, lorsque le commutateur est sur la première position, est :

$$C_f \% = \frac{100}{R_f \%} (200 - g_n \%) = \frac{100}{80,06} (200 - 2,5) = 246,69 \%$$

VI - Calcul de temporisation des relais de démarrage :

On utilise la relation :

$$t = \frac{PD_t^2 N_s}{375 C_n} \times \frac{g_i - g_{i+1}}{g_a - g_{a+1}} \log \frac{g_a - g_r}{g_{a+1} - g_r} [s]$$

Avec : PD_t^2 : moment de giration du système réduit à l'arbre de moteur :

N_s : Vitesse de synchronisme en t/mn.

C_n : couple nominal.

$$g_a = \frac{C_m}{C_n} = \frac{563,45}{225,38} = 2,50$$

$$g_{a+1} = \frac{C_m}{C_n} = \frac{270,47}{225,38} = 1,20$$

$$g_r = \frac{C_{eq.ox}}{C_n} = \frac{198}{225,38} = 0,88$$

$$PD_t^2 = 74,78 \text{ N.m}$$

$$N_s = 1000 \text{ t/mn.}$$

1) - Calcul de temporisation du relais 4 d 4 1.

$$t_{41} = \frac{74,78 \times 1000}{375 \times 225,38} \times \frac{1 - 0,415}{2,5 - 1,20} \log \frac{2,5 - 0,88}{1,20 - 0,88}$$

Avec :

$$g_i = g_0 = 1$$

$$g_{i+1} = g_1 = 0,415 \text{ - Voir figure 4 m.}$$

$$t_{d 41} = 0,4 \log 5,06 = 0,4 \times 1,61 = 0,64 \text{ s.}$$

Le relais 4 d 41 sera réglé avec un retard d'une seconde .

2) - Calcul du retard du relais 4 d 42.

$$t_{d 42} = \frac{74,78 \times 1000}{375 \times 225; 38} \times \frac{0,415 - 0,17}{2,5 - 1,20} \log 5,06$$

Avec :

$$g_1 = 0,415$$

$$g_2 = 0,17$$

$$t_{d 42} = 0,88 \cdot \times 1,61 = 0,20 \text{ s.}$$

Le relais 4d 42 sera réglé avec un retard de 0,5 seconde.

3) - Calcul de temporisation du relais d 43

$$t_{d 43} = 0,88 \times \frac{0,17 - 0,07}{2,5 - 1,20} \log 5,06$$

$$= 0,88 \times 0,08 \times 1,61 = 0,11 \text{ s}$$

$$\text{avec : } g_2 = 0,17 \text{ et } g_3 = 0,07$$

Le relais 4d 43 sera aussi réglé avec un retard de 0,5 s.

B. - MECANISME DE LEVAGE DE 500 kN

Le but de cette partie est le calcul du moteur pour le levage principal :

I - Données principales

- Capacité de levage
- Poids du moufle du mécanisme de levage
- Vitesse de levage au crochet
- Hauteur de levage
- Facteur de marche en %
- Durée du cycle de fonctionnement
- Rapport de transmission du palan.

$$\begin{aligned} Q_N &= 500 \text{ kN} \\ a &= 21 \text{ kN} \\ v_v &= 6,3 \text{ m/min} \\ H &= 16 \text{ m} \\ F &= 40\% \\ T_c &= 120 \text{ s} \\ \rho &= 6 \end{aligned}$$

II - Calcul de dimensionnement

1) - Calcul du câble de levage du mécanisme

La tension maximale du câble est donnée par la relation :

$$F = \frac{Q_m + Q}{Z \cdot \rho}$$

avec : $Z = 2 \cdot \rho_p = 12$ nombre de torons du câble rendement du palan :

$$\rho_p = 0,85 \text{ rendement du palan}$$

soit : $F = \frac{(500 + 21) 10^3}{12 \cdot 0,85} = 51,079 \text{ kN}$

2) - Charge réelle minimale de rupture du câble :

Nous avons la relation.

$$P_r = C \cdot F$$

Avec : $C = 8$ - Coefficient de sécurité à la rupture.

$$P_r = 51,079 \times 8 = \underline{408,64 \text{ kN}}$$

* On adopte le câble à âme métallique :

de type S 27 - 6 x 19 - 160 z/s

Qui donne $P_r \text{ max} = 530 \text{ kN}$.

$$P_r \text{ max} > P_r \Rightarrow (530 \text{ kN} > 408,64 \text{ kN})$$

3) Dimensionnement du tambour

* Le diamètre nominal minimum d'enroulement du câble :

$$D = (0,95 e - 1) d$$

Avec :

e : 30 - Coefficient de correction

d : 27 mm - diamètre du câble.

$$D : (0,95 \times 30 - 1) 27 = 742,5 \text{ mm.}$$

On adopte un diamètre normalisé

$$\underline{/ D = 800 \text{ mm} /}$$

4) - Diamètre d'enveloppe du câble.

$$D_m = D + d = 800 + 27 = 827 \text{ mm.}$$

5) - Nombre de tours nécessaires.

Nous avons la formule :
$$n = \frac{H \cdot l_p}{\pi D_m} + 6 = \frac{15 \times 6}{3,14 \cdot 0,827} + 6 = 42,97$$

lit

$$\boxed{n = 43}$$

III - DETERMINATION APPROXIMATIVE DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT:

On choisit une vitesse moyenne :

$$N = 975 \text{ t/ mn}$$

La vitesse angulaire correspondante est :

$$\underline{\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{3,14 \times 975}{30} \implies \omega = 102,05 \text{ rad/s}}$$

Rapport de transmission du couple moteur au crochet:

Ce rapport se calcul par

$$D = \text{diamètre du tambour} = 0,8 \text{ m}$$

$$i = \frac{\omega D}{2V_v} \quad \text{avec} \quad V_v = 0,105 \text{ m/s} \quad \text{vitesse de levage}$$

$$\text{Soit : } i = \frac{102,05 \times 0,8}{2 \times 0,105} = 388,76$$

1) - Couple statique résistant, réduit à l'arbre du moteur lors du levage de la charge maximale.

Ce couple est donné par la relation:

$$C_1 = \frac{Q_N + q}{i \times \eta_1} \cdot \frac{D}{2}$$

Avec :

- $\eta_1 = 0,85$ = rendement de transmission.
- $\eta_2 = 0,98$: rendement du réducteur.
- $\eta_t = 0,98$: rendement du tambour.
- $\eta_p = 0,90$: rendement du palan.

$$\text{Soit : } C_1 = \frac{(500+21)10^3}{388,76 \times 0,85} \times 0,4$$

$$C_1 = \underline{\underline{630,67 \text{ N.m}}}$$

2) - Couple statique réduit à l'arbre du moteur à la descente de la charge maximale.

Nous avons la relation :

$$C_2 = - \frac{Q_N + q}{i} \times \frac{D}{2} \left(2 - \frac{1}{\eta_1}\right) = - \frac{(500+21)10^3}{388,76} \times 0,4 \left(2 - \frac{1}{0,85}\right)$$

$$C_2 = \underline{\underline{-441,50 \text{ N.m}}}$$

3) - Couple statique réduit à l'arbre du moteur au levage à vide:

Ce couple se calcule à l'aide de la formule.

$$C_3 = \frac{q}{i \cdot \eta_3} \cdot \frac{D}{2} = \frac{21 \cdot 10^3 \cdot 0,4}{0,32 \times 388,76} = 67,53 \text{ N.m}$$

η_3 : déterminé par les courbes $\eta = f(K)$ et $K = \frac{q}{Q_N + q} = \frac{21}{521} = 0,0403$

$$\Rightarrow \eta_3 = 0,32$$

$$C_3 = \underline{\underline{67,53 \text{ N.m}}}$$

4- Couple statique réduit à l'arbre du moteur à la descente à vide.

$$C_4 = C_{p4} + C'_4 \quad [N.m]$$

C_{p4} . Couple correspondant aux pertes à vide.

C'_4 . Couple statique correspondant au poids du palan.

$$C_{p4} = (1 - \eta_3) C_3 = (1 - 0,32) 67,53 = 45,92 \text{ N.m.}$$

$$C'_4 = -\frac{q}{c} \times \frac{D}{2} = -\frac{21 \times 10^3}{388,16} \times \frac{0,8}{2} = -21,61 \text{ N.m.}$$

$$\text{Soit } C_4 = 45,92 - 21,61 = 24,31 \text{ N.m}$$

5). Couple équivalent approximatif du moteur.

Il est déterminé par la relation:

$$C_{\text{éq. app.}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=4} C_i^2}{4}}$$

$$C_{\text{éq. app.}} = \sqrt{\frac{630,67^2 + 441,50^2 + 67,53^2 + 24,31^2}{4}} \\ = 386,60 \text{ N.m.}$$

6- Puissance équivalente approximative du moteur.

$$P_{\text{éq. app.}} = C_{\text{éq. app.}} \times \Omega = 386,60 \times 102,05 = 39\,453 \text{ W.} \\ = 39,453 \text{ kW.}$$

Nous choisirons donc un moteur asynchrone à bagues de grues type M3, classe B ayant les caractéristiques électriques et mécaniques suivantes:

Moteur type M3 - 92 - 6 B.

- Puissance nominale (F= 40 %)	Pn = 60 kW.
- Courant statorique nominal	I1n= 131 A.
- Courant rotorique nominal	I2n= 120 A..
- Rendement du moteur	= 0,89
- Facteur de puissance	= 0,78
- Vitesse nominale	N = 978 t/mn.
- Tension entre bagues du rotor	U2n= 322 v.
- Coefficient de surcharge	= 6,37.
- Moment de volant du moteur	PD _m ² = 181 Nm ²

IV. Vérification du moteur choisi aux surcharges mécaniques et sollicitations thermiques en tenant compte des régimes transitoires.

1). Moment de giration du système entier réduit à l'arbre du moteur.

On applique la formule:

$$PD_t^2 = 1,2 (PD_m^2 + PD_p^2) + PD_s^2$$

avec:

$$PD_p^2 = 300 \text{ Nm}^2. \text{ Moment de giration des pièces entraînées. (Estimé.)}$$

$$PD_s^2. \text{ Moment de giration de la charge maximale de levage réduit à l'arbre du moteur.}$$

$$PD_s^2 = \frac{Q_n + q}{r^2} \times 4 V_r^2 = 4 \frac{(500 + 21)}{102,05^2} \times 0,105^2 = 2,21 \text{ Nm}^2$$

Soit:

$$PD_t^2 = 1,2 (181 + 300) + 2,21 = 579,41 \text{ Nm}^2$$

2). Moment d'inertie du système.

$$J_{\text{réd.}} = \frac{PD_t^2}{4g} = \frac{579,41}{4 \times 9,81} = 14,77 \text{ kg.m}^2$$

3). Accélération angulaire.

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{20 \times a}{D} = \frac{20 \times 0,06}{0,8} = 58,32 \text{ rad/s}^2$$

avec

$$a = 0,06 \text{ m/s}^2. \text{ Accélération admise pour le démarrage (ou décélération admise pour le freinage.)}$$

4) - Moment dynamique du système

$$M_{dy} = J_{red} \cdot \epsilon = 14,77 \times 58,32 = 861,30 \text{ N.m}$$

5) - Couple moteur en régimes transitoires correspondant aux quatre opérations dans la période d'accélération:

$$C_{a_1} = C_1 + M_{dy} = 630,67 + 861,30 = 1492 \text{ N.m}$$

$$C_{a_2} = C_2 + M_{dy} = -441,5 + 861,30 = 420 \text{ N.m}$$

$$C_{a_3} = C_3 + M_{dy} = 67,53 + 861,30 = 929 \text{ N.m}$$

$$C_{a_4} = C_4 + M_{dy} = 24,31 + 861,30 = 885,60 \text{ N.m}$$

6) - Couple moteur en régime transitoire correspondant aux quatre opérations durant le freinage.

$$C_{f_1} = C_1 - M_{dy} = 630,67 - 861,30 = -230,63 \text{ N.m}$$

$$C_{f_2} = C_2 - M_{dy} = 441,50 - 861,30 = -419,80 \text{ N.m}$$

$$C_{f_3} = C_3 - M_{dy} = 67,53 - 861,30 = -793,77 \text{ N.m}$$

$$C_{f_4} = C_4 - M_{dy} = 24,31 - 861,30 = -837 \text{ N.m}$$

7) - Couple moteur nominal du moteur pour $F = 40\%$

$$C_N = \frac{P_N}{\omega} = \frac{60 \cdot 10^3}{100,05} = 587,95 \text{ N.m}$$

8) - Couple critique du moteur.

$$C_{cr} = \lambda C_N = 6,37 \times 587,95 = 3745,23 \text{ N.m}$$

9) - Couple critique du moteur avec une chute de tension de 15%

$$C_{max} = 0,85^2 C_{cr}$$

$$C_{max} = 0,85^2 \times 3745,23 = 2706 \text{ N.m}$$

10). Couple maximum possible au démarrage: $C_{m.p.d}$

$$C_{m.p.d.} = 0,85 \times C_{cr.} = 0,85 \times 2700 = 2300 \text{ Nm.}$$

L'inégalité $C_{m.p.d} > \max(|C_{a1}|, |C_{a2}|)$ est satisfaite car

$$C_{mpd} = 2300 \text{ Nm et } \max(|C_{a1}|, |C_{a2}|) = 1302,80 \text{ Nm.}$$

Le moteur est bien choisi du point de vue surcharges mécaniques.

11). Temps d'accélération nécessaire pour atteindre la vitesse de régime correspondant aux quatre opérations.

L'équation des couples, nous donne: $t = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} - C_i} \text{ (s)}$

$$\text{soit } t_{a1} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} - C_1} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 - 630,67} = 0,9029 \text{ s.}$$

$$t_{a2} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} - C_2} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 + 441,50} = 0,5498 \text{ s}$$

$$t_{a3} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} - C_3} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 - 67,53} = 0,6752 \text{ s.}$$

$$t_{a4} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} - C_4} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 - 24,21} = 0,6623 \text{ s.}$$

12). Temps nécessaire au freinage, après avoir atteint la vitesse de régime correspondant aux quatre opérations.

Dans ce cas le couple électromagnétique devient un couple de freinage, donc il change de signe.

$$t_{f1} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} + C_1} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 + 630,67} = 0,5143 \text{ s}$$

$$t_{f2} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} + C_2} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 + 441,50} = 0,8110 \text{ s}$$

$$t_{f3} = \frac{J_{red.} \cdot \omega}{C_{md} + C_3} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 + 67,53} = 0,6366 \text{ s.}$$

$$t_{\text{red}} = \frac{J_{\text{red.}}}{C_{\text{md}} + C_4} = \frac{14,77 \times 102,05}{2300 + 24,31} = 0,6485 \text{ s.}$$

L'inégalité $\max(|t_{ai}|, |t_{fi}|) < 1,5 \Delta$ est vérifiée car $\max(|t_{ai}|, |t_{fi}|) = 0,9029 \Delta$

13). Temps correspondant à la vitesse de régime.

On suppose que: $t_i = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$

$$t_i = \frac{T_c F - \sum t_{ai} - \sum t_{fi}}{4} = 10,65 \Delta$$

avec:

$$T_c \cdot F = 120 \times 0,4 = 48 \Delta$$

$$\sum t_{ai} = 0,9029 + 0,5498 + 0,6752 + 0,6623 = 2,7902 \Delta$$

$$\sum t_{fi} = 2,6104 \Delta$$

14). Couple équivalent exact en tenant compte des régimes transitoires.

Ce couple est donné par la relation:

$$C_{\text{eq. ex}} = \sqrt{\frac{\sum C_i^2 t_i + \sum C_{ai}^2 t_{ai} + \sum C_{fi}^2 t_{fi}}{\sum t_i + \sum t_{ai} + \sum t_{fi}}}$$

avec

$$\sum C_i^2 t_i = 6\,366\,763,58$$

$$\sum C_{ai}^2 t_{ai} = 320\,956,71$$

$$\sum C_{fi}^2 t_{fi} = 2\,259\,278,24$$

$$\sum t_i + \sum t_{ai} + \sum t_{fi} = 48 \Delta$$

Soit

$$C_{\text{eq. ex}} = \sqrt{\frac{11\,835\,098,53}{48}} = \sqrt{246\,564,553}$$

$$\approx 496,553 \text{ N.m}$$

La condition $C_{\text{eq. ex}} < C_n$ est donc vérifiée, par conséquent le moteur est bien choisi du point de vue du couple mécanique.

15) - Puissance équivalente exacte.

$P_{eq. \text{ exacte}} = C_{eq} \cdot \Omega$

$P_{eq} = 496,553 \times 102,05 = \underline{50,614 \text{ kW}}$

On vérifié la condition $P_{eq} < P_{in}$

Le moteur est bien choisi aussi du point de vue sollicitations thermiques.

V- CALCUL DU RHEOSTAT DE DEMARRAGE.

1 - Choix du couple maximal de démarrage (C_{M1}) et du couple de commutation (C_m).

Vu que le coefficient de surcharge est $\lambda = 6,37$, on peut prendre $C_{M1} = 2,75 C_n$.

On doit toutefois satisfaire l'inégalité :

$C_{M1} < 0,85^2 C_{cr}$

$C_{M1} = 2,75 \times 587,95 = 1.616,86 \text{ N.m}$

$0,85 C_{cr} = 0,85 \times 6,37 \times 587,95 = 2696,57 \text{ N.m}$

La condition est donc satisfaite.

C_m est généralement égal à $1,2 C_n$.

$C_m = 1,2 \times 587,95 = 705,54 \text{ N.m}$

Donc :

$C_{M1} = 1.616,86 \text{ N.m}$

$C_m = 705,54 \text{ N.m}$

2 - Détermination du point G

En utilisant toujours la relation de KLOSS Simplifiée on trouve :

$$g^2 - 2 \frac{C_{cr} g_{cr}}{C} g + g_{cr}^2 = 0$$

Avec :

$$C_{cr} = \lambda C_n = 6,37 \times 587,95 = 3.745,23 \text{ N.m}$$

$$g_{cr} = g_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = \frac{1000 - 948}{1000} (6,37 + \sqrt{6,37^2 - 1}) = 0,2785$$

Pour : $C = C_m = 1.616,86 \text{ N.m}$, on obtient g_z .

$$g^2 - 2 \frac{3745,23 \times 0,2785}{1.616,86} g + 0,2785^2 = 0$$

$$g^2 - 1,29 g + 0,08 = 0$$

$$\Delta = 1,29^2 - 4 \times 0,08 = 1,66 - 0,32 = 1,34$$

$$\sqrt{\Delta} = 1,16$$

D'où :

$$g = \frac{+1,29 - 1,16}{2} = 0,07$$

De même pour $C = C_n = 705,54 \text{ N.m}$, on trouve g_m .

L'équation de KLOSS devient :

$$g^2 - 2 \frac{3745,23 \times 0,2785}{705,54} g + 0,2785^2 = 0$$

$$g^2 - 2,96 g + 0,08 = 0$$

$$\Delta = 2,96^2 - 0,32 = 8,44$$

$$\sqrt{\Delta} = 2,90$$

D'où :

$$\frac{2,96 - 2,90}{2} = 0,03$$

Là aussi, on ne prend que l'abscisse du point de concours a (ou b) de la droite représentant le couple constant C_M (ou C_n) avec la partie stable de la caractéristique mécanique naturelle. (Voir fig 1m.1)

3) Nombre de marche:

On déduit aussi d'après la figure 1 m, le nombre de marche \bar{z} .

ici $\bar{z} = 3$

4) - Les résistances totales par phase sont données par les relations suivantes :

(Voir fig. 1m.1)

$$R_{t_1} = R_2 \frac{1,415}{0,07} = 0,034 \frac{1}{0,07} = 0,943 \Omega$$

$$R_{t_2} = R_2 \frac{0,415}{0,07} = 0,034 \frac{0,415}{0,07} = 0,391 \Omega$$

$$R_{t_3} = R_2 \frac{0,17}{0,07} = 0,034 \frac{0,17}{0,07} = 0,160 \Omega$$

$$\text{Avec } R_2 = g_{12} \times R_n = \frac{1000 - 978}{1000} \times \frac{322}{120} = 0,034$$

R_2 est la résistance rotorique par phase.

5) - Résistance extérieure par phase, entre 2 Plots consécutifs du rhéostat.

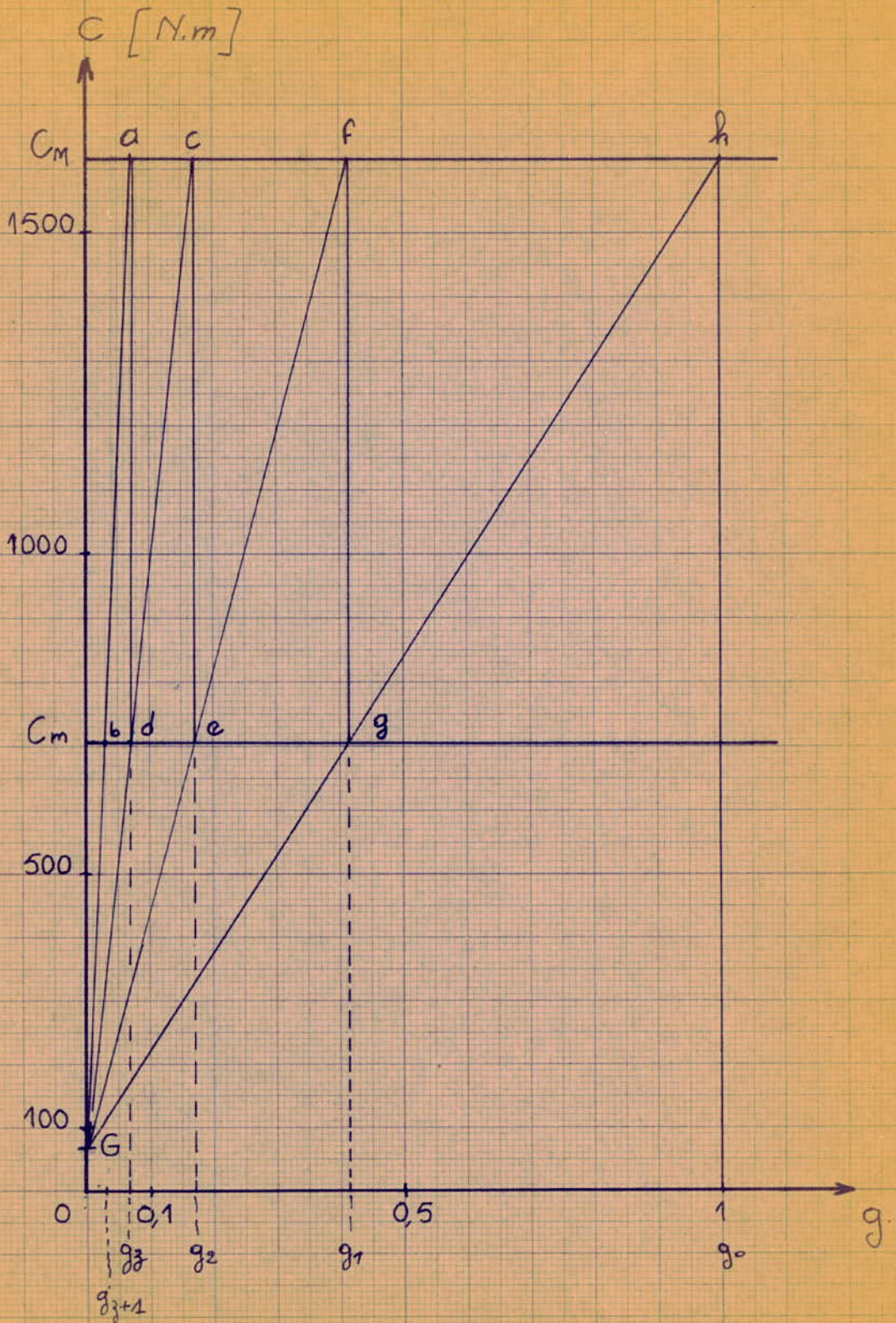
Le rhéostat de démarrage étant en étoile, on a :

$$R_1 = R_{t_1} - R_{t_2} = 0,943 - 0,391 = 0,285 \Omega$$

$$R_2 = R_{t_2} - R_{t_3} = 0,391 - 0,160 = 0,119 \Omega$$

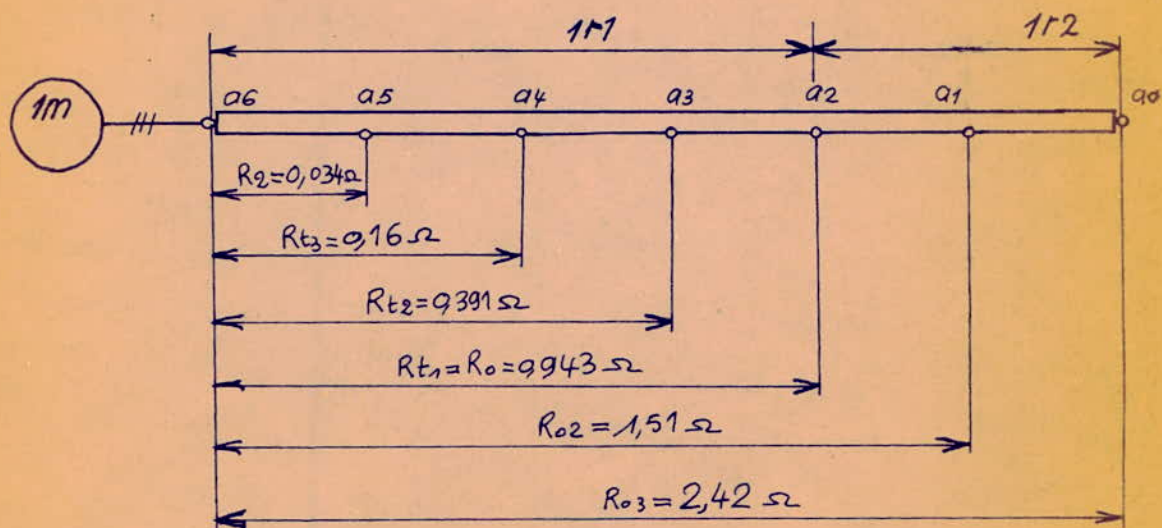
$$R_3 = R_{t_3} - R_2 = 0,160 - 0,034 = 0,049 \Omega$$

.../...



Détermination graphique des résistances de démarrage du moteur 1m.

Fig. 1m.1



Résistances de démarrage et résistances supplémentaires du moteur 1m.

Fig. 1m.2.

6) - Valeur total par phase de la résistance nécessaire au démarrage.

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0,453 \Omega$$

7) - Couple moyen de démarrage C.m.d.

$$C_{m.d} = \sqrt{C_{Tm} \cdot C_n} = 1616,86 \times 705,54 = 1068 \text{ N.m}$$

La relation $C_{m.d} < C_{max}$ de démarrage est vérifiée car nous avons vu que :

$$C_{max} \text{ démarrage} = 2300 \text{ N.m}$$

Connaissant $C_{m.d}$, il en résulte le temps réel de démarrage :

$$t_1 = \frac{J \cdot \omega}{C_{m.d} - C_n} = \frac{1,91 \times 102,05}{1068 - 630,37} = 3,45 \text{ s.}$$

C'est inférieur à 6 s, donc on peut dire que le démarrage s'effectue dans les limites admissibles.

8) - Résistance de marche préparatoire : R_{pr}

$$R_{pr} = R_{T1} + R_{T2}$$

avec $R_{T1} = \frac{V_N}{I_1}$ on impose $I_1 = 0,65 I_n$

$$R_{T1} = \frac{322}{0,65 \times 705,54} = 2,41 \Omega$$

D'où

$$R_{pr} = 2,41 - 0,943 = 1,467 \Omega$$

On peut diviser cette résistance en 2 nombres de marche par exemple de progression λ

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{pr}}{R_{T1}}}$$
$$\lambda = \sqrt{\frac{1,467}{0,943}} = \sqrt{1,56}$$

$$\lambda = 1,25$$

Les différentes marches sont données par les relations :

$$R_{o1} = R_{t1} = 0,943 \Omega$$

$$R_{o2} = \lambda R_{t1} = 1,60 \times 0,943 = 1,51 \Omega$$

$$R_{o3} = \lambda^2 R_{t1} = (1,6)^2 \times 0,943 = 2,42 \Omega$$

(Voir fig; 1m 2)

9 - FREINAGE

On utilise une seule marche de résistance :

$$R_f = \lambda \times r = 2,41 \times 0,453 = 1,09 \Omega$$

Avec :

$$\lambda = \frac{R_{t1}}{R_{t2}} = \frac{0,943}{0,453} = 2,10 - \text{raison de progression géométrique des résistances de démarrage}$$

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0,453 \Omega \text{ résistance extérieure totale par phase.}$$

Valeur réduite de la résistance de freinage :

$$R_f \% = \frac{R_f}{R_N} \times 100 = \frac{1,09}{1,57} \times 100 = 69,43 \%$$

Avec :

$$R_N = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} I_{2N}} = \frac{322}{\sqrt{3} \times 120} = 1,57 \Omega$$

La valeur du couple de freinage, après avoir atteint la vitesse nominale du moteur et le combinateur étant dans la première position est :

$$C_f \% = \frac{100}{R_f \%} (200 - g_n \%)$$

$$= \frac{100}{69,43} (200 - 2,2)$$

$$C_f \% = 284,83 \%$$

VI - CALCUL DE TEMPORISATION DES RELAIS :

On utilise toujours la relation :

$$t = \frac{PDE N}{375 C_n} \cdot \frac{g_{a+1}}{g_a - g_{a+1}} \cdot \text{Log} \frac{G_a - G_r}{G_{a+1} - G_r} \quad (8)$$

Avec :

$PD_C^2 = 579,41 \text{ N.m}$ - moment de giration du système entier réduit à l'arbre du moteur.

$\omega_s = 1.000 \text{ t/mn}$: vitesse de synchroniseur du moteur.

$C_n = 587,95 \text{ N.m}$: couple nominal du moteur.

$$T_a = \frac{C_n}{C_n} = \frac{1616,86}{587,95} = 2,75$$

$$T_a + 1 = \frac{C_n}{C_n} = \frac{705,54}{587,95} = 1,20$$

$$G_r = \frac{C_{eq. \text{ exa.}}}{C_n} = \frac{496,553}{587,95} = 0,85$$

1) - Calcul de temporisation du relais 1, d 41.

$$t_{41} = \frac{579,41 \times 1.000}{375 \times 587,95} \cdot \frac{1 - 0,415}{2,75 - 1,20} \cdot \text{Log} \frac{2,75 - 0,85}{1,20 - 0,85}$$

$$= 2,628 \times 0,378 \times 1,69 = 1,68 \text{ s.}$$

Avec $g_i = g_o = 1$

$$g_i + f = g_1 = 0,415$$

Le relais 1 d 41 sera donc réglé avec un retard de 2 s.

2) - Calcul de temporisation du relais 1 d 42.

$$t_{42} = 2,628 \times 1,69 \times \frac{0,415 - 0,17}{1,55}$$

$$= 2,628 \times 1,69 \times 0,158 = 0,7 \text{ s.}$$

.../...

Avec :

$$g_1 = g_{11} = 0,415$$

$$g_{1+1} = g_{12} = 0,17$$

Le relais 1 d 42 sera réglé avec un retard de 1 s.

3) - Calcul de temporisation du relais 1 d 43:

$$t_{43} = 2,628 \times 1,69 \times \frac{0,17 - 0,07}{1,55}$$

$$= 2,628 \times 1,69 \times 0,065$$

$$= 0,29 \text{ s.}$$

Avec :

$$g_1 = g_{12} = 0,17$$

$$g_{1+1} = g_{11} = 0,07$$

Le relais 1 d 43 sera réglé avec un retard de 0,5 s.

C - MECANISME DE TRANSLATION DU CHARIOT

500/ 100 kN.

I - Données principales :

- Poids du chariot
- Vitesse de translation du chariot
- Durée du cycle de fonctionnement
- Diamètre des gallets.
- Facteur de manche.
- Diamètre du tourillon du gallet
- Poids du moufle du mécanisme principale.
- Poids du moufle du mécanisme secondaire.
- Charge maximale de levage.

$P_c = 150 \text{ kN}$
 $V_c = 20 \text{ m/100.}$
 $T_c = 120 \text{ s.}$
 $D = 500 \text{ mm.}$
 $F = 40 \%$
 $d = 75 \text{ mm.}$
 $q_1 = 21 \text{ kN.}$
 $q_2 = 2 \text{ kN.}$
 $Q = 500 \text{ kN.}$

II - PREDETERMINATION DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT.

On adopte une vitesse de rotation moyenne :

$N = 978 \text{ t/mn.}$

La vitesse angulaire correspondante est :

$$\omega = \frac{2\pi \cdot N}{60} = \frac{2\pi \cdot 978}{60} = 100,27 \text{ rad/s}$$

1- Calcul de la force d'inertie du mécanisme entraîné dans le cas où les paliers sont montés avec des roulements:

On utilise la relation :

$$F_G = F + F_P \quad (N)$$

Avec :

F : Force d'inertie du mécanisme entraîné.

F_P : Force d'inertie du mécanisme due à une pente éventuelle du chemin du roulement.

$$F = \beta \frac{Q + P + \sum q_i}{\delta} (\mu \cdot d + 2f) (N) \text{ et } F_P = \alpha (Q_N + P + \sum q_i)$$

Q_N = 500 kN : charge maximale de levage.

$G_c + \sum q = 150 + 21 + 2 = 173 \text{ kN}$

D = 0,5 m : diamètre du gallet

d = 0,075 m : diamètre du tourillon du gallet.

μ = 0,05 - coefficient de frottement des roulements.

f = 0,0005 - Coefficient de frottement entre gallet et rail.

β = 1,5 - Coefficient de frottement entre les bords du gallet et du rail.

$\lambda = 0,002$ - Coefficient qui tient compte d'une éventuelle pente du chemin de roulement.

En remplaçant les différents paramètres par leur valeur, on trouve:

$$F = 1,5 \frac{(500 + 173) \times 10^3}{0,5} - (0,05 \times 0,075 + 2 \times 0,0005) = 9489,30 \text{ N}$$

$$F_p = 0,002(500+173) \times 10^3 = 1346 \text{ N}$$

D'où

$$F = 9,50 + 1,346 = 10,85 \text{ kN.}$$

2 - Couple statique résistant rapporté à l'arbre du moteur.

a - Déplacement du chariot en charge.

Le couple dans ce cas se calcule par la relation.

$$C_1 = \frac{Ft}{2 i \eta_1}$$

avec

$$i = \frac{D}{2 N_c} = \frac{100,27 \times 0,5}{2 \times 60,333} = 75,21 \text{ rapport de transmission}$$

$$V_c = \frac{20}{60} = 0,333 \text{ m/s}$$

$$\eta_1 = 0,8$$

$$\text{soit : } C_1 = \frac{10,85 \times 0,5}{2 \times 75,21 \times 0,8} = 45,10 \text{ N.m.}$$

b - Déplacement du chariot à vide

De même, nous avons la relation qui reste toujours valable.

$$C_2 = \frac{F_0 \cdot D}{2 \eta_2 \cdot i}$$

avec

F_0 : Force d'inertie du chariot à vide ($Q_N = 0$)

$$F_0 = \beta \frac{R_0 + F_1}{D} (\mu \cdot l + 2f)$$
$$= 1,5 \frac{113}{0,5} (0,075 \times 0,05 + 2 \times 0,0005)$$

$$F_0 = 2,49 \text{ kN.}$$

$\eta_e = 0,6$ déterminé à l'aide des courbes $\eta_e = f(K)$

$$\text{où } K = \frac{\sum q}{\sum q + Q} = \frac{113}{113 + 500} = 0,254$$

$$\text{Soit } C_2 = \frac{2,49 \times 0,5 \times 10^3}{2 \times 0,6 \times 75,21} = 13,80 \text{ N.m.}$$

3 Couple équivalent approximatif du moteur d'entraînement.

$$C_{eq. \text{ app}} = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2}{2}} = \sqrt{\frac{45,10^2 + 13,8^2}{2}} = 33,40 \text{ N.m.}$$

4 Puissance équivalente approximative du moteur d'entraînement.

$$P_{eq. \text{ app.}} = C_{eq. \text{ app.}}$$

$$= 33,40 \times 100,27 = 3349,02 \text{ W}$$

$$P_{eq. \text{ app.}} = 3,35 \text{ kw.}$$

On choisit un moteur asynchrone de grues à rotor bobiné type M3-52-6B ayant les caractéristiques suivantes :

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| - Puissance nominale (F=40%) | $P_n = 7,5 \text{ kw.}$ |
| - Courant statorique nominal. | $I_{1N} = 21,75 \text{ A.}$ |
| - Courant rotorique nominal. | $I_{2N} = 35,40 \text{ A}$ |
| - Tension rotorique (entre bagues) | $U_{2N} = 138 \text{ V.}$ |
| - Vitesse nominale. | $N = 978 \text{ t/mn.}$ |
| - rendement du moteur. | $\eta = 80,2 \%$ |
| - Facteur de puissance. | $\cos \phi = 0,66$ |
| - Coefficient de surcharge | $\lambda = 4,4$ |
| - Moment du volant du moteur. | $C_{P_n} = 10,5 \text{ N. m}^2.$ |

III - VERIFICATION DU MOTEUR CHOISI :

1 - VERIFICATION A LA SURCHARGE MECANIQUE.

a) - Couple nominal du moteur :

$$C_N = \frac{P_n}{\Omega} = \frac{7,5 \times 10^3}{100,27} = 74,80 \text{ N.m}$$

b) - Couple critique du moteur :

$$C_{cr} = \lambda C_n = 4,4 \times 74,80 = 329,11 \text{ N.m}$$

c) - Couple critique du moteur avec une chute de tension de 15 %

$$\begin{aligned} C_{max} &= 0,85^2 C_{cr} \\ &= 0,85^2 \times 329,11 = 237,78 \text{ N.m} \end{aligned}$$

d) - Couple maximum possible au démarrage.

$$\begin{aligned} C_{m.p.d} &= 0,85 C_{max} \\ &= 0,85 \times 237,78 = 202,12 \text{ N.m} \end{aligned}$$

La Condition de surcharge mécanique est donc satisfaisante car nous avons l'inégalité satisfaite.

$$C_{m.p.d} > \max (|C_1|, |C_2|)$$

En effet :

$$C_{m.p.d} = 202,12 \text{ N.m}$$

$$\max (|C_1|, |C_2|) = 45,10 \text{ N.m}$$

2) - VERIFICATION DU MOTEUR A L'ECHAUFFEMENT

a) - Moment de giration du système entier réduit à l'arbre du moteur.

Déplacement du chariot en charge.

On utilise la relation.

$$PD_t^2 = 1,2 (PD_m^2 + PD_p^2) + PD_s^2 \quad (\text{N.m}^2)$$

avec :

$$PD_m^2 = 10,5 \text{ N.m} \quad \text{- moment de giration du moteur}$$

$$PD_p^2 = 50 \text{ N.m} \quad \text{- moment de giration des pièces entraînées par l'arbre du moteur.}$$

$PD_{s_0}^2$ = Moment de giration des pièces entraînées en translation.

$$PD_{s_0}^2 = 4 \frac{Q + \sum q + P_c}{\Omega^2 \eta_1} V_c^2$$

$$= 4 \frac{(500 + 173) \times 10}{100,27 \times 0,8} \times 0,333^2 = 36,45 \text{ N.m}^2$$

SOIT :

$$PD_t^2 = 1,2 (10,5 + 50) + 3645 = 109,05 \text{ N.m}^2$$

Il en résulte pour le moment d'inertie du chariot se déplaçant en charge.

$$PD_t^2 = P \cdot (2R)^2 = 4 PR^2 = 4 \cdot mg \cdot R^2 = 4 g (mR^2) = 4 g \text{ Jred.}$$

D'où :

$$J_{red} = \frac{PD_t^2}{4g} = \frac{109,05}{4 \times 9,81} = 2,78 \text{ Kg. m}^2$$

Déplacement du chariot à vide :

De même , nous avons :

$$PD_{t_0}^2 = 1,2 (PD_m^2 + PD_p^2) + PD_{s_0}^2 \quad (\text{N.m})$$

Avec:

$PD_{s_0}^2$: Moment de giration des pièces en translation rapporte à l'arbre du moteur.

$$PD_{s_0}^2 = \frac{P(2R)^2}{\eta_1} = \frac{4PR^2}{\eta_1} = \frac{4P}{\eta_1} \left(\frac{V_c}{\Omega} \right)^2 = 4 \frac{PV_c^2}{\eta_1 \Omega^2}$$

$$P = Q + R + \sum q = 173 \text{ kN}$$

$$PD_{s_0}^2 = 4 \times \frac{173}{100,27} \times \frac{0,333^2}{0,8} = 12,5 \text{ Nm}^2$$

$$PD_{t_0}^2 = 1,2 [10,5 + 50] + 12,5 = 85,10 \text{ N.m}^2.$$

.../...

D'où le moment d'inertie à vide :

$$J_{red} = \frac{PD^2}{4g} = \frac{85,10}{4 \times 9,81} = 2,17 \text{ kg m}^2$$

b) - Temps de démarrage et de freinage du chariot :

* Temps de démarrage :

- Chariot en charge:

$$t_{a1} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} - C_1} = \frac{2,17 \times 100,27}{202,12 - 45,10} = 1,78 \text{ s.}$$

- Chariot à vide :

$$t_{a2} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} - C_2} = \frac{2,17 \times 100,27}{202,12 - 13,8} = 1,16 \text{ s}$$

* Temps de freinage:

- Chariot en charge

$$t_{f1} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} + C_1} = \frac{2,17 \times 100,27}{202,12 + 45,10} = 1,13 \text{ s.}$$

- Chariot à vide :

$$t_{f2} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} + C_2} = \frac{2,17 \times 100,27}{202,12 + 13,8} = 1,01 \text{ s}$$

La condition $\max(|t_{a1}|, |t_{f1}|) < 8 \text{ s}$ est vérifiée car $\max(|t_{a1}|, |t_{f1}|) = 1,78 \text{ s}$

C) - Temps de fonctionnement à la vitesse de régime.

On suppose $t_i = t_1 = t_2$

$$t_i = \frac{T_c F - \sum T_{ai} - \sum t_{fi}}{2} \quad (\text{s})$$

$$\text{avec } \sum T_{ai} = 1,78 + 1,16 = 2,94 \text{ s.}$$

$$\sum t_{fi} = 1,13 + 1,01 = 2,14 \text{ s.}$$

$$T_{cf} = 120 \times 0,40 = 48 \text{ s.}$$

Donc:

$$t_i = \frac{48 - 2,94 - 2,14}{2} = \frac{42,92}{2} = 21,46 \text{ s}$$

.../...

d) Couple équivalent exact en tenant compte des régimes transitoires.

$$C_{eq.ex.} = \sqrt{\frac{\sum C_{mpd}^2 t_{ai} + \sum C_{fi}^2 t_{fi} + \sum C_{it}^2 t_i}{T_c \cdot F}}$$

On suppose que le couple maximal possible au démarrage est égal au couple de freinage.

$$C_{ai} = C_{mpd} = C_{fi} = 202,12 \text{ N.m}$$

$$C_{mpd}^2 [\sum t_{ai} + \sum t_{fi}] = 202,12^2 (2,94 + 2,14) = 207530,672$$

$$\sum C_{it}^2 t_i = 21,46 \times [13,8^2 + 45,10^2] = 47736,697$$

$$T_c \cdot F = 120 \times 0,40 = 48$$

Donc :

$$C_{eq.ex.} = \sqrt{\frac{207530,672 + 47736,697}{48}} = \sqrt{5318,07} \approx 72,95 \text{ N.m}$$

La condition $C_{eq.ex.} < C_n$ est satisfaite car :

$$C_{eq.ex.} = 72,95 \text{ N.m}$$

$$C_n = 74,80 \text{ N.m}$$

e) -Puissance équivalente exacte :

$$P_{eq.ex.} = 72,95 \times 100,27 = 7314,70 \text{ w}$$

$$= 7,315 \text{ kW.}$$

L'inégalité $P_{eq.ex.} < P_n$ est aussi vérifiée donc le moteur est bien choisi du point de vu sollicitations thermiques .

IV - CALCUL DES RHEOSTATS DE DEMARRAGE

1) - Choix du couple maximal de démarrage (C_M) et du couple de commutation (C_m).

Le coefficient de surcharge étant égal à 4,4 , on peut choisir un couple de démarrage C_M égal à 2,5 C_n .

Le couple de commutation (C_m) est généralement choisi égal à 1,2 C_n .

$$C_M = 2,5 C_n = 2,5 \times 74,80 = 187 \text{ N.m}$$

$$C_m = 1,2 C_n = 1,2 \times 74,80 = 89,76 \text{ N.m}$$

Avec la condition :

$$C_M < 0,85^2 C_{cr.}$$

$$0,85^2 \times C_{cr.} = 0,85 \times 4,4 \times 74,80 = 237,78 \text{ N.m}$$

Donc l'inégalité précédente est vérifiée.

.../...

2) - DETERMINATION DU POINT G.

L' équation de KLOSS simplifiée nous donne ;

$$g^2 - 2 \frac{C_{cr} \cdot g_{cr}}{C} g + g_{cr}^2 = 0$$

Avec :

$$\begin{aligned} g_{cr} &= g_n \left[\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right] \\ &= \frac{1000 - 978}{1000} \left[4,4 + \sqrt{4,4^2 - 1} \right] = 0,365 \end{aligned}$$

$$C_{cr} = \lambda C_n = 4,4 \times 74,80 = 329,12 \text{ N.m}$$

En posant $C = C_M = 187 \text{ N.m}$ et en remplaçant C_{cr} et g_{cr} par leur valeur, on trouve g_2 ; solution de l'équation :

$$g^2 - 2 \times \frac{329,12 \times 0,365}{187} g + 0,365^2 = 0$$

$$g^2 - 1,285 g + 0,133 = 0$$

$$\Delta = 1,285^2 - 4 \times 0,133 = 1,65 - 0,532 = 1,12$$

$$\sqrt{\Delta} = 1,06$$

$$\text{D'où } g_2 = \frac{1,285 - 1,06}{2} = 0,1125$$

On ne prend toujours que la racine la plus petite.

De même pour $C = C_n = 89,76 \text{ N.m}$ on trouve g_{3+1}

$$g^2 - 2 \times \frac{329,12 \times 0,365}{89,76} g + 0,365^2 = 0$$

$$g^2 - 2,67 g + 0,133 = 0$$

$$\sqrt{\Delta} = 2,57$$

D'où

$$g_{3+1} = \frac{2,67 - 2,57}{2} = 0,05$$

.../...

3) - NOMBRE DE MARCHE : Z

D'après la fig. 2m 1, on a 3 droites (gh, ef et cd) donc

3 marches de résistances:

$$Z = 3$$

4) - Les résistances totales par phase sont :

(Voir fig. 2 m 2).

$$R_t = R_2 \frac{\quad}{a C M} = 0,095 \times \frac{1}{0,112} = 0,85$$

$$R_t = R_2 \frac{\quad}{\quad} = 0,095 \times \frac{0,465}{0,112} = 0,395$$

$$R_t = R_2 \frac{\quad}{\quad} = 0,095 \times \frac{0,215}{0,112} = 0,183$$

$$\text{Avec : } R_2 = \frac{gn R_n}{1,000} = \frac{1000 - 958}{1,000} \left(\frac{138}{1,000} \right) = 0,095$$

5) - Résistance extérieure par phase, entre 2 plots consécutifs du rhéostat

Le rhéostat de démarrage étant en étoile, on a :

$$= R_t - R_t = 0,85 - 0,395 = 0,255$$

$$= R_t - R_t = 0,395 - 0,183 = 0,212$$

$$= R_t - R_2 = 0,183 - 0,095 = 0,088$$

6) - Valeur totale par phase de la résistance de démarrage.

$$\begin{aligned} r &= r + r + r \\ &= 0,255 + 0,212 + 0,088 \\ &= 0,555 \end{aligned}$$

7) - Couple moyen de démarrage : Cm. d

$$\begin{aligned} C_m. d &= C_M C_m = 187 \times 89,76 = 16785,12 = 129,7 \text{ N.m} \\ &= 129,70 \text{ N.m} \end{aligned}$$

La condition $C_m. d$ C_{max} de démarrage est satisfaisante car nous avons vu que C_{max} déma. = 202,12 N.m

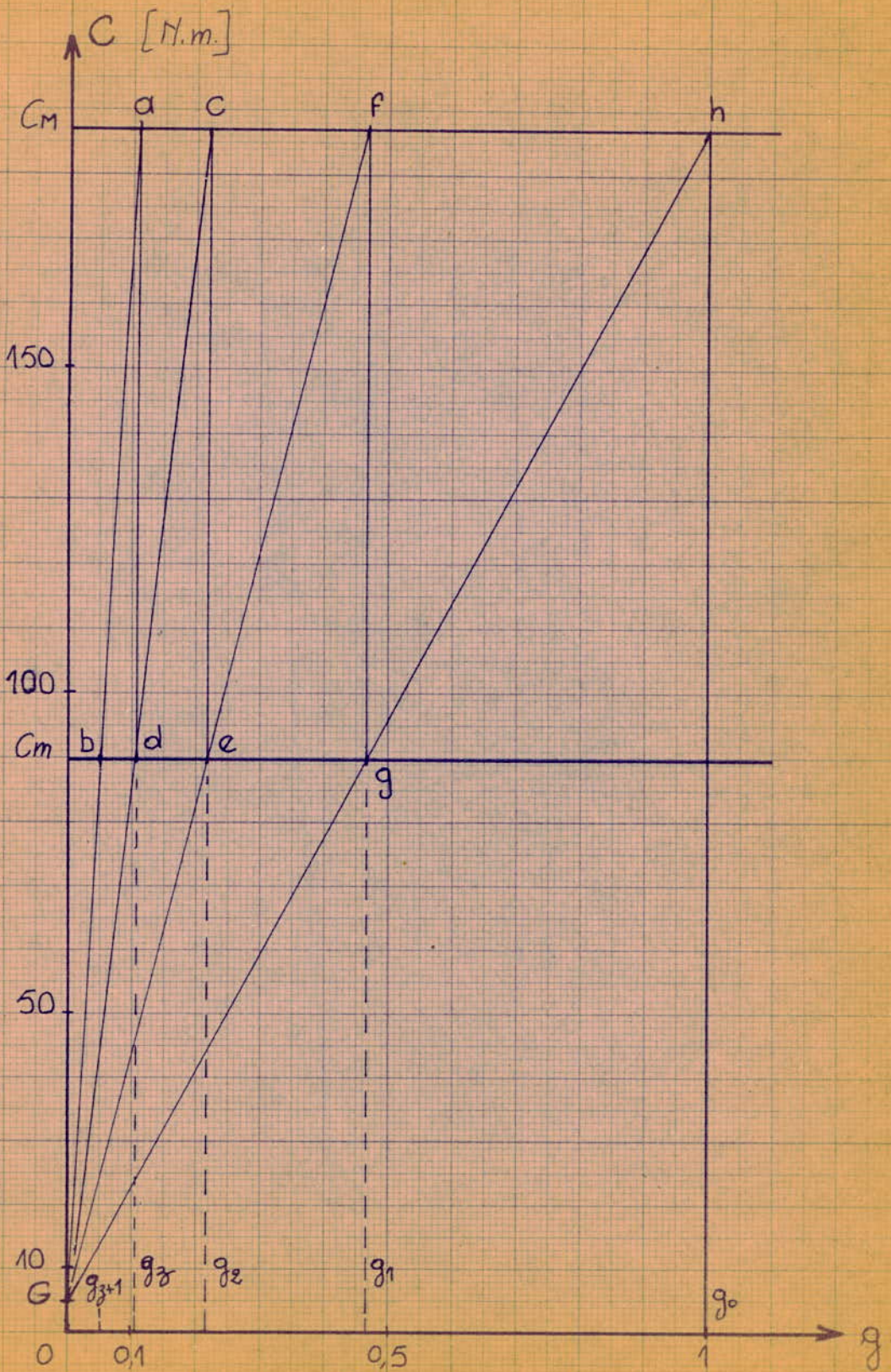
Connaissant le couple moyen de démarrage, nous déduisons le temps réel de démarrage:

$$t_2 = \frac{\quad}{\quad} = \frac{2,78 \times 100,27}{129,70 - 45,10} = 3,29 \text{ s.}$$

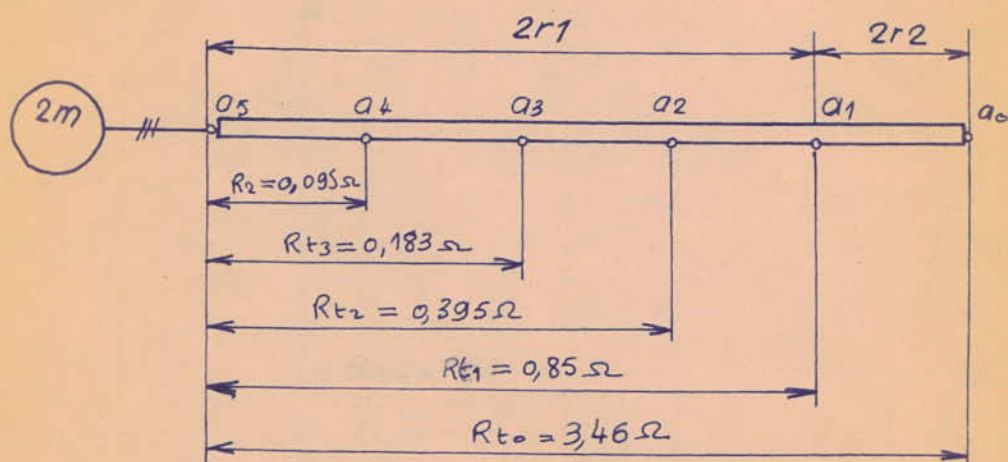
Le temps de démarrage est inférieur à 6 s donc, nous pouvons dire que le moteur démarre dans les limites admissibles.

.../...

Fig. 2m.1



Détermination graphique du rhéostat de démarrage du moteur 2m.



Résistances de démarrage et résistances supplémentaires du moteur 2m.

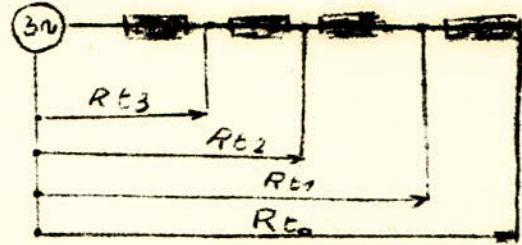
Fig. 2m.2.

8) - RESISTANCE DE MARCHE PREPARATOIRE : R_{pr}

$$R_{pr} = R_{t0} - R_{t1}$$

Calcul de R_{t0} .

$$R_{t0} = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} I_0}$$



Pour le calcul, de marche préparatoire on impose $I_0 = 0,65 I_n$.

$$\text{Donc : } R_{t0} = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} \times I_n \times 0,65} = \frac{138}{\sqrt{3} \cdot 0,65 \cdot 35,40} = 3,46 \Omega$$

D'où:

$$R_{pr} = R_{t0} - R_{t1} = 3,46 - 0,850 = 2,61 \Omega$$

9) Résistance de freinage :

On utilise une seule marche de résistance :

LA résistance de freinage par phase est donnée par la relation :

$$R_f = \chi r = 2,15 \times 0,555 = 1,19 \Omega$$

Avec :

$$\chi = \frac{R_{t1}}{R_{t2}} = \frac{0,85}{0,395} = 2,15 : \text{Raison de progression des résistances de démarrage.}$$

$$r = r_1 + r_2 + r_3 : \text{Résistance totale extérieure par phase.}$$

Valeur réduite de la résistance de freinage.

$$R (\%) = \frac{R_f}{R_N} \times 100 = \frac{1,19}{2,25} \times 100 = 52,88 \%$$

$$\text{Avec } R_N = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} I_n} = \frac{138}{\sqrt{3} \cdot 35,40} = 2,25 \Omega$$

.../...

Valeur du couple de freinage, le combinateur étant dans la position zéro, après que le moteur ait atteint sa vitesse nominale.

$$C_f (\%) = \frac{100}{R_f \%} \times (200 - g_n (\%))$$

$$R_f = 52,88 \%$$

$$g_n = \frac{1000 - 958}{1.000} = 4,2 \%$$

DONC :

$$C_f (\%) = \frac{100}{52,88} (200 - 4,2)$$

$$= 370,27 \%$$

VI - CALCUL DE TEMPORISATION DES RELAIS :

On utilise toujours la relation:

$$t = \frac{PD_t^2 \cdot N_s}{375 C_n} \cdot \frac{g_i - g_{i+1}}{a - b_{a+1}} \log \frac{a - b_r}{b_{a+1} - b_r} (\text{s})$$

Avec :

- $PD_t^2 = 109,05 \text{ N.m}$: Moment de giration du système entier rapporté à l'arbre moteur.

- $N_s = 1.000 \text{ t/mn}$: vitesse de synchronisme.

- $C_n = 74,80 \text{ N.m}$: Couple nominal du moteur.

- g_i = Glissement du moteur électrique au début de fonctionnement sur l'une des marches des résistances.

- g_{i+1} = Glissement à la fin du fonctionnement sur la marche correspondante.

- t : Intervalle de temps après lequel, il faut court-circuiter la marche de résistance en fonctionnement.

$$- a = \frac{CM}{C_n} = \frac{187}{74,80} = 2,5$$

$$- b_{a+1} = \frac{C}{C_n} = \frac{89,76}{74,80} = 1,2$$

$$- b_r = \frac{C_{eq,ex}}{C_n} = \frac{72,95}{74,80} = 0,975$$

1) - Calcul de temporisation du relais 2 d 41.

$$t_{41} = \frac{109,05 \times 1000}{375 \times 74,80} = \frac{1 - 0,465}{2,5 - 1,2} \text{Log} \frac{2,5 - 0,975}{1,2 - 0,975}$$

$$= 3,89 \times 0,412 \times 1,91 = 3;06 \text{ s}$$

$$\text{Avec } g_i = g_0 = 1 \text{ et } g_{i+1} = g_1 = 0,465$$

Le relais 2 d 41 sera réglé avec un retard de 3 s.

2) - Calcul de temporisation du relais 2 d 42 :

$$t_{42} = 3,89 \times 1,91 \times \frac{0,465 - 0,215}{2,5 - 1,2} = 3,89 \times 1,91 \times 0,192 = 1,43 \text{ s}$$

Avec:

$$g_i = g_1 = 0,465$$

$$g_{i+1} = g_2 = 0,215$$

Le relais 2 d 42 sera réglé avec un retard de 1,5 s.

3) - CALCUL DE TEMPORISATION DU RELAIS 2 d 43

$$t_{43} = 3,89 \times 1,91 \times \frac{0,215 - 0,113}{2,5 - 1,2} = 3,89 \times 1,91 \times 0,0785 = 0,585 \text{ s.}$$

Avec :

$$g_i = g_2 = 0,215$$

$$g_{i+1} = g_3 = 0,113$$

Le relais 2 d 43 sera réglé avec un retard de 1 s.

D-MECANISME DE TRANSLATION DU PONT-

I- DONNEES PRINCIPALES

-Poids du pont	P= 380 kN.
-Vitesse de translation du pont	$V_p = 75 \text{ m/mn.}$
-Durée du cycle de fonctionnement	$T_c = 120 \text{ s.}$
-Facteur de marche	F=40%
-Rendement du mécanisme	$\eta = 0,88$
-Diamètre des gallets	D=710mm.
-Diamètre du tourillon des gallets	d =140 mm
-Charge maximale de levage	$Q_N = 500 \text{ kN.}$

II - CHOIX DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT DU MECANISME.

On adopte une vitesse de rotation moyenne :

$$N = 975 \text{ t/ mn.}$$

La Vitesse correspondante sera :

$$\omega = \frac{2 \pi N}{60} = \frac{2 \pi \cdot 975}{60} = 102,05 \text{ rad /s.}$$

1 - Calcul des forces d'inertie.

On utilise toujours la relation :

$$F_t = F + F_p$$

Avec :

$$F = \frac{Q_N + \sum P}{D} (\mu \times d + 2 \times f) \quad [N] \quad (15)$$

F. étant la force d'inertie du système.

$$F_p = \alpha (Q_N + \sum P) \quad [N]$$

Fp. étant la force d'inertie du mécanisme due à une
du chemin de roulement.

pente éventuelle

$\beta = 1,6$ Coefficient de correction qui tient compte du frottement entre le bord du gallet et du rail.

$\mu = 0,02$ coefficient de frottement des roulements.

$f = 0,0005$ coefficient de frottement entre le gallet et le rail.

$\alpha = 0,002$ coefficient qui tient compte de la pente du chemin de roulement.

a) En charge :

$$F = 1,6 \times \frac{(500 + 380)}{0,71} (0,02 \times 0,14 + 2 \times 0,0005) \times 10^3 \\ = 7535,78 \text{ N.}$$

$$F_p = 0,002 (500 + 380) \times 10^3 = 1760 \text{ N.}$$

$$F_{t1} = 7535,78 + 1760 = 9295,78 \text{ N.}$$

b) A vide :

$$F_2 = 1,6 \frac{380 \times 10^3}{0,71} (0,02 \times 0,14 + 2 \times 0,0005) = 3254,09 \text{ N}$$

$$F_{p2} = 0,002 (380) \times 10^3 = 760 \text{ N.}$$

$$F_{t2} = F_2 + F_{p2} = 3254,09 + 760 = 4.014,09 \text{ N.}$$

2) - Calcul du couple statique résistant réduit à l'arbre. du moteur.

a) - En charge :

$$C = \frac{F_{t1} \times D}{2 i \cdot \eta_1} \quad [\text{N.m.}]$$

$$\text{Avec : } i = \frac{\Omega D}{2 V_p} = \frac{102,05 \times 0,071}{2 \times 1,25} = 28,98$$

$$V_p = 75 \text{ m/mn} = 1,25 \text{ m/s.}$$

.../...

Donc :

$$C_1 = \frac{9254,72 \times 0,71}{2 \times 28,98 \times 0,88} = 128,83 \text{ N.m}$$

b) à vide :

$$C_2 = \frac{Ft_2 \cdot D}{2 i \cdot \eta_2} \quad (\text{N.m})$$

Avec :

$\eta_2 = 0,79$: rendement à vide qui a été déterminé en fonction de K à l'aide des courbes : $\eta_2 = f(K)$

$$\text{ou } K = \frac{P}{Q_n + P}$$

$$K = \frac{380}{500 + 380} = 0,43$$

$$C_2 = \frac{4014,09 \times 0,71}{2 \times 28,98 \times 0,79} = 62,25 \text{ N.m}$$

3 - COUPLE EQUIVALENT APPROXIMATIF DU MOTEUR:

La méthode des couples équivalents nous donne la relation suivante :

$$C_{\text{éq. app.}} = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2}{2}} = \sqrt{10236,12} = 101,18 \text{ N.m.}$$

4) - Puissance équivalente approximative du moteur :

On sait que la puissance est reliée au couple par la relation;

$$P = C \cdot \Omega$$

Donc :

$$P_{\text{éq. app.}} = C_{\text{éq. app.}}$$

$$= 101,18 \times 102,05 = 10,325 \text{ kW.}$$

.../...

On choisit donc un moteur asynchrone de grue à rotor bobiné type M3 - 52 - 6B ayant les caractéristiques suivantes :

- Puissance nominale (F = 40 %)	Pn = 32 kW.
- Courant statorique nominale	I _{1n} = 72 A.
- Courant rotorique nominal	I _{2n} = 67,4 A.
- Tension entre bagues.	U _{2N} = 314 V
- Vitesse nominale	Nn = 975 t / mn.
- Rendement du moteur	η = 85 %
- Facteur de puissance	cos ϕ = 0,75
- Coefficient de surcharge	λ = 3,8
- Moment du volant du moteur	PD ³ _m = 45, 8 m ²
- Tension statorique	U _{1N} = 380 V.

III - Vérification du moteur choisi en tenant comptes des régimes transitoires.

1. Vérification du moteur à la surcharge mécanique

a) - Couple nominal du moteur:

$$C_n = \frac{P}{\Omega} = \frac{32.000}{102,05} = 313,58 \text{ N.m}$$

b) - Couple critique du moteur:

$$C_{cr} = \lambda C_n = 3,8 \times 313,58 = 1.191,57 \text{ N.m}$$

c) - Couple critique du moteur en supposant une chute de tension de 15 %.

$$\begin{aligned} C_{max} &= 0,85^2 \times C_{cr} \\ &= 0,85^2 \times 1.191,57 = 857,03 \text{ N.m} \end{aligned}$$

d) - Couple maximum possible du démarrage.

$$\begin{aligned} C_{m.p.d} &= 0,85 C_{max} \\ &= 0,85 \times 857,03 = 729,24 \text{ N.m} \end{aligned}$$

La condition de surcharge mécanique :

$$C_{m.p.d} > \max(|C_1|, |C_2|)$$

est satisfaite car $\max(|C_1|, |C_2|) = 128,83 \text{ N.m.}$

Donc le moteur est bien choisi du point de vue surcharge mécanique.

.../...

2) - Vérification du moteur choisi à l'échauffement.

a) - Moment de giration du système entier réduit à l'arbre du moteur.

*Déplacement du pont en charge.

On utilise toujours la relation:

$$PD_t^2 = 1,2 (PD_m^2 + PD_p^2) + PD_s^2 . \quad [N.m]$$

Avec:

$$PD_m^2 = 45,8 \text{ N.m} \quad : \text{Moment de giration du moteur.}$$

$$PD_p^2 = 46,2 \text{ N.m} \quad : \text{Moment de giration des pièces entraînées par l'arbre du moteur.}$$

$$PD_s^2 = \text{Moment de giration des pièces entraînées en translation:}$$

$$PD_s^2 = 4 \frac{Q_n + P}{\Omega^2 \times \eta_1} V_p^2$$

$$= \frac{4 \times (500 + 380) \times 10}{102,05 \times 0,88} \times 1,25 = 600,14 \text{ N.m}$$

Soit :

$$PD_t^2 = 1,2 (45,8 + 46,2) + 600,14 = 710,54 \text{ N.m}^2$$

Calcul du moment d'inertie.

Nous avons vu que le moment de giration est lié au moment d'inertie axial par la relation: $PD_t^2 = 4g \text{ Jred.}$

D'où :

$$Jred = \frac{PD_t^2}{4g} = \frac{710,54}{4 \times 9,81} = 18,11 \text{ N.m}^2$$

.../...

* Déplacement du pont à vide : ($Q_n = 0 \text{ kN}$)

$$PD_{t_0}^2 = 1,2 (PD_m^2 + PD_p^2) + PD_{s_0} \quad (\text{N.m}^2)$$

où

$$PD_{s_0} = 4 \times \frac{P + Q_n}{\Omega^2 \cdot l^2} \times V_p \quad [\text{N.m}^2]$$
$$= 4 \frac{380}{102,05^2 \times 0,79} \times 1,25^2 = 288,80 \text{ N.m}^2$$

Donc :

$$PD_{t_0}^2 = 1,2 [45,8 + 46,2] + 288,80 = 399,29 \text{ N.m}^2$$

Par conséquent le moment d'inertie axial à vide est :

$$J_{red} = \frac{PD_{t_0}^2}{4g} = \frac{399,20}{4 \times 9,81} = 10,17 \text{ N.m}^2$$

b) - Temps de démarrage et de freinage du pont :

* Temps de démarrage:

. Pont en charge.

$$t_{d_1} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} - C_1} = \frac{10,17 \times 102,05}{729,24 - 62,25} = 3,078 \text{ s.}$$

. Pont à vide

$$t_{d_2} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} - C_2} = \frac{10,17 \times 102,05}{729,24 - 62,25} = 1,556 \text{ s}$$

* Temps de freinage.

. Pont en charge;

$$t_{f_1} = \frac{J_{red} \cdot \Omega}{C_{m.p.d} + C_1} = \frac{18,11 \times 102,05}{729,24 + 128,83} = 2;154 \text{ s.}$$

Pont à vide :

$$t_{fv} = \frac{J_{red} \times \Omega}{C.m. p. d + C_L} = \frac{10,17 \times 102,05}{729,24 + 62,25} = 1,311 \text{ s.}$$

La condition $\max(|t_{ai}|, |t_{fi}|) < 0,8 \Delta$ est vérifiée car $\max(|t_{ai}|, |t_{fi}|) = 3,078 \text{ s.}$

c) - Temps de fonctionnement à vitesse de régime :

On suppose :

$$t_i = t_1 = t_2.$$

et t_i est donné par la relation :

$$t_i = \frac{T_c \cdot F - \sum t_{ai} - \sum t_{fi}}{2}$$

Avec :

$$\sum t_{ai} = T_a + t_a = 4,634 \text{ s}$$

$$\sum t_{fi} = T_f + t_f = 3,465 \text{ s}$$

$$T_c \cdot F = 120 \times 0,40 = 48 \text{ s.}$$

Donc :

$$t_i = \frac{48 - 4,634 - 3,465}{2} = 19,95 \text{ s}$$

d) - Couple équivalent exact - Puissance équivalente exacte.

Ce couple est donné par la relation suivante, si on tient compte des régimes Transitoires :

$$C_{eq. \text{ exa.}} = \sqrt{\frac{\sum C_{mpd}^2 \times t_{ai} + \sum C_{fi}^2 \times t_{fi} + \sum C_i^2 t_i}{T_c \cdot F}}$$

.../...

On suppose que le couple maximal possible au démarrage est égal au couple de freinage :

$$C_{n.p. d} = C_{fi} = C_a$$

La relation précédente devient :

$$C_{eq. exa} = \sqrt{\frac{\sum C_a^2 (t_{ai} + t_{fi}) + \sum C_i^2 t_i}{T_c \cdot F}}$$

Avec :

$$\sum C_a^2 (t_{ai} + t_{fi}) = 729,24 (8,099) = 4,306.975,13$$

$$\sum C_i^2 t_i = 19,95 (128,83 + 62,25) = 408.421,02$$

$$T_c \cdot F = 120 \times 0,4 = 48$$

$$C_{eq. exa} = \sqrt{\frac{4715496,15}{48}} = \sqrt{98237,42}$$
$$= 313,42 \text{ N.m}$$

La condition $C_{eq. exa} < C_n$ est satisfaite car

$$C_n = 313,58 \text{ N.m}$$

Puissance équivalente exate :

$$P_{eq. exa} = C_{eq. exa} \times \Omega$$

$$= 313,42 \times 102,05 = 31,985 \text{ kW.}$$

$P_{eq. exa} < P_n$, donc le moteur est bien choisi vu les sollicitations thermiques,

IV - CALCUL DES RHEOSTAT DE DEMARRAGE.

1 - Choix du couple maximal de démarrage (C_{pm}) et du couple minimal de démarrage (C_m) qui est appelé aussi couple de commutation :

Le coefficient de surcharge mécanique étant égal à 3,8,
On prend donc :

$$C_M = 2,2 C_n$$

$$C_m = 1,2 C_n$$

Condition suivante :

.../...

Avec la condition suivante :

$$C_M < 0,85^2 C_{cr}$$

$$C_M = 2,2 \times 313,58 = 689,88 \text{ N.m}$$

$$C_n = 1,2 \times 313,58 = 276,30 \text{ N.m}$$

$$0,85^2 \times C_{cr} = 0,85 \times 3,8 \times 313,58 = 857,93 \text{ N.m}$$

L'inégalité précédente est vérifiée.

2 - Détermination du point G.

Nous avons vu que la relation de KLOSS simplifiée peut se mettre sous la forme :

$$g^2 - 2 \frac{C_{cr} g_{cr}}{C} g + g_{cr}^2 = 0$$

Avec :

$$C_{cr} = \lambda C_n = 3,8 \times 313,58 = 1191,57 \text{ N.m}$$

$$g_{cr} = g_n \times \left[\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right] = 0,025 \left[3,8 + \sqrt{3,8^2 - 1} \right] \\ = 0,1865.$$

L'abscisse g_3 du point (a) est déterminé en posant :

$$C = C_M = 689,88 \text{ N.m}$$

dans l'équation du 2e. degré :

$$g^2 - 2 \frac{1191,57 \times 0,1865}{689,88} g + 0,1865^2 = 0$$

$$g^2 - 2 \times 0,322 g + 0,035 = 0$$

Le déterminant réduit est :

$$\Delta' = b'^2 - ac = 0,322^2 - 0,035 = 0,1037 - 0,035 = 0,0687$$

D'où :

$$g_3 = \frac{-b' - \sqrt{\Delta'}}{a} = + 0,322 - 0,256 = 0,07$$

.../...

L'abscisse $gz+1$ du point b est obtenu en posant : C

$$C = C_m = 376,30 \text{ N.m}$$

Donc :

$$g^2 - 2 \frac{1191,57 \times 0,1865}{376,30} g + 0,1865^2 = 0$$

$$g^2 - 2 \times 0,59 g + 0,035 = 0$$

$$\Delta' = 0,59^2 - 0,035 = 0,348 - 0,035 = 0,313$$

$$\sqrt{\Delta'} = \sqrt{0,313} = 0,557$$

D'où

$$gz + 1 = 0,59 - 0,557 = 0,033.$$

On ne prend que les petites racines des 2 équations précédentes car on ne considère que le point de concours de la droite représentant le couple constant CM (ou C_m) avec la partie stable de la caractéristique mécanique naturelle du moteur.

3) - Nombre de marche : z

Le nombre de marche z est égal au nombre de droites hg , fc , et Cd .

Par conséquent :

$$z = 3$$

(Voir fig. 3 m 1 et 3 m 2)

4) - Résistances totales par phase :

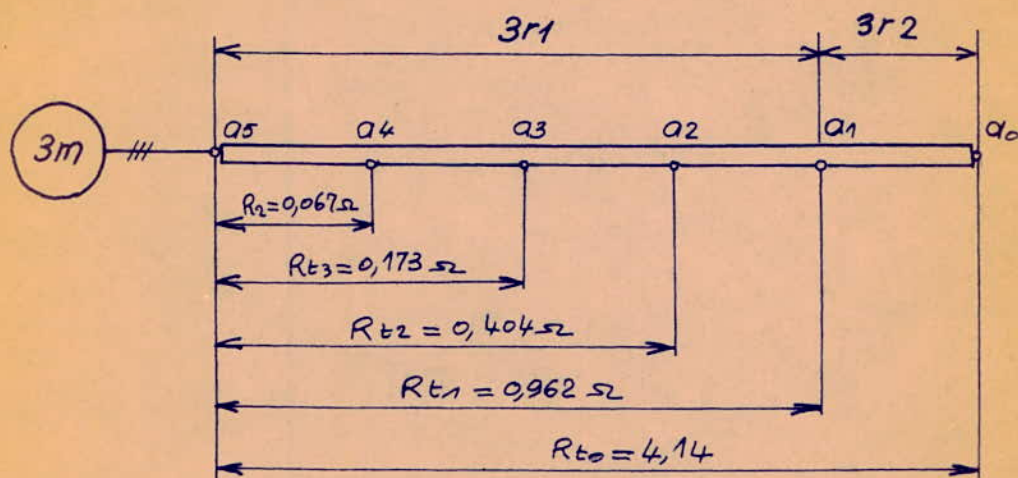
(Voir fig. 3 m 1).

$$R_{t1} = R_2 \frac{f C_m}{a C_m} = 0,067 \times \frac{1}{0,07} = 0,962 \Omega$$

$$R_{t2} = R_2 \frac{f C_m}{a C_m} = 0,067 \times \frac{0,42}{0,07} = 0,404 \Omega$$

$$R_{t3} = R_2 \frac{c C_m}{a C_m} = 0,067 \times \frac{0,18}{0,07} = 0,173 \Omega$$

$$\text{avec } R_2 = R_n g_n = \frac{314}{\sqrt{3} 674} \times \frac{1000 - 975}{1000} = 0,067 \Omega$$



Résistances de démarrage et résistances supplémentaires du moteur 3m.

Fig. 3m.2.

5) - Résistances extérieure par phase entre 2 Plots consécutifs du rhéostat.

$$r_1 = R_{t1} - R_{t2} = 0,962 - 0,404 = 0,558 \Omega$$

$$r_2 = R_{t2} - R_{t3} = 0,404 - 0,173 = 0,231 \Omega$$

$$r_3 = R_{t3} - R_{t4} = 0,173 - 0,067 = 0,106 \Omega$$

6) - Résistance extérieure totale par phase nécessaire au démarrage.

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0,558 + 0,231 + 0,106 = 0,895 \Omega$$

$$r \text{ est aussi égal à } R_{t1} - R_{t4} = 0,962 - 0,067 = 0,895 \Omega$$

c'est un moyen de vérifier les résultats.

7) - Couple moyen de démarrage : $C_{m.d}$

C'est la moyenne géométrique des couples maximal et minimal de démarrage.

$$C_{m.d} = \sqrt{C_{m1} \times C_{m2}} = \sqrt{689,88 \times 376,30} = 509,50 \text{ N.m}$$

La condition $C_{m.d} < C_{max}$ de démarrage est satisfaite car

$$C_{max \text{ démarrage}} = 857,93 \text{ N.m}$$

Connaissant le couple moyen de démarrage, nous pouvons déduire le temps réel de démarrage.

$$t_1 = \frac{J_{ud} \cdot \Omega}{C_{m.d} - C_1} = \frac{18,11 \times 102,05}{509,50 - 128,83} = 4,855 \text{ s.}$$

Le temps t_1 est inférieur à 6 s, donc nous pouvons dire que le démarrage se déroule dans de bonnes conditions.

8) - Résistance de marche préparatoire.

$$R_{pr} = R_{t0} - R_{t1}$$

Avec :

$$R_{t0} = \frac{U_{2N}}{\sqrt{3} I_0} = \frac{314}{\sqrt{3} \times 67,4 \times 0,65} = 4,14 \Omega$$

On impose au démarrage :

$$I_0 = 0,65 \text{ In.}$$

D'où :

$$R_{pr} = 4,14 - 0,962 = 3,178 \Omega$$

.../...

9) - Résistance de freinage :

On utilise une seule marche de résistance.

La résistance de freinage est donnée par la relation :

$$R_f = \chi r = 2,38 \times 0,895 = 2,13 \ \Omega$$

Avec :

$$\chi = \frac{R_{t1}}{R_{t0}} = \frac{0,962}{0,404} = 2,38$$

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0,895 \ \Omega$$

Nous donnons ci-après l'ordre de grandeur du couple de freinage en % après avoir atteint la vitesse de régime et cela toujours sur la première position du combinateur.

$$C_f \% = \frac{100}{R_f \%} (200 - g_n \%)$$

Avec :

$$R_f \% = \frac{R_f \times 100}{R_n} = \frac{2,13 \times 100}{314} \times \sqrt{3} \times 67,4 = 79,23 \%$$

$$g_n \% = \frac{1000 - 975}{1.000} = 0,025$$

D'où :

$$C_f \% = \frac{100}{79,23} \times [200 - 0,025] = 249,27 \%$$

.../...

VI - CALCUL DE TEMPORISATION DES RELAIS

Le temps de réglage des relais est donné par la relation :

$$t = \frac{PD_t^2 \cdot N_s}{375 C_n} \times \frac{g_i - g_{i+1}}{G_a - G_{a+1}} \text{Log} \frac{G_a - G_r}{G_{a+1} - G_r} \quad (\Delta)$$

Avec :

$PD_t^2 = 710,54 \text{ N.m}^2$ - Moment de giration du système entier réduit à l'arbre du moteur.

$N_s = 1.000 \text{ t/mn}$ - Vitesse de synchronisme du moteur

$C_n = 313,58 \text{ N.m}$ - Couple nominal du moteur.

g_i : glissement au début d'une marche

g_{i+1} : glissement à la fin de la marche précédente.

(Voir fig. 3m 2 pour les valeurs des glissements g_i et g_{i+1})

$$G_a = \frac{C_m}{C_n} = \frac{689,88}{313,58} = 2,2$$

$$G_{a+1} = \frac{C_n}{C_n} = \frac{376,30}{313,58} = 1,20$$

$$G_r = \frac{C_{eq. Exa}}{C_n} = \frac{309,56}{313,58} = 0,99$$

1) - Calcul de temporisation du relais 3 d 41.

$$T_{41} = \frac{710,54 \times 1.000}{375 \times 313,58} \frac{1 - 0,42}{2,2 - 1,2} \text{Log} \frac{2,2 - 1,2}{1,2 - 0,99}$$

$$= 6,042 \times 0,58 \times 1,56 = 5,47 \text{ s.}$$

Avec : $g_0 = 1$

$$g_T = 0,42$$

Le relais 3 d 41 sera réglé avec un retard de 5 s.

?.../...

2) - CALCUL DE TEMPORISATION DU RELAIS 3 d 42

$$t_{42} = 6,042 \times \frac{0,42 - 0,18}{2,2 - 1,2} \times 1,56$$
$$= 6,042 \times 0,24 \times 1,56 = 2,26 \text{ s.}$$

Avec :

$$g_i = g_1 = 0,42$$

$$g_{i+1} = g_2 = 0,18$$

Le relais 3 d 42 sera réglé avec un retard de 2, s.

3) - CALCUL DE TEMPORISATION DU RELAIS 3 d 43

$$t_{43} = 6,042 \times (0,18 - 0,07) \times 1,56$$
$$= 6,042 \times 0,11 \times 1,56 = 1,04 \text{ s.}$$

Avec :

$$g_i = g_1 = 0,18$$

$$g_{i+1} = g_2 = 0,07$$

Le relais temporisé 3 d 43 sera réglé avec un retard de 1 s.

Nous avons pris les valeurs par défaut , parce nous devons respecter la condition de démarrage qui précise que le temps de celui-ci doit être inférieur à 8s.

XII- EQUIPEMENT ELECTRIQUE .

L'appréciation d'un projet , se fait sur la base d'une étude technico-économique complexe et sur la base du thème de projet .

Dans le thème du projet on précise la désignation des différents éléments , les conditions d'utilisation et les caractéristiques principales du pont roulant .

L'étude technico-économique s'effectue dans le but de la consolidation de l'efficacité économique , de l'assimilation dans la production du nouveau type de produit .

Ne mettons pas en doute le rôle du pont roulant , nécessaire dans les sections de fonderies pour le transport du métal fondu , ainsi que le transport des différentes pièces massives .

Pour réduire le temps de réalisation du projet , nous avons utilisé dans une large échelle des pièces unifiées et normalisées .

Par l'utilisation des pièces unifiées , on obtient une importante économie de main d'oeuvre et une réduction sensible de la période d'assimilation .

Par la normalisation des pièces , on réduit au strict nécessaire le nombre de type et de dimension .

La standardisation des processus technologiques consiste en l'établissement d'un même processus de fabrication des différents produits .

Tout le long du projet, nous avons eu en vue la réduction du prix de revient par l'utilisation des schémas d'entraînement simples et rationnels qui conduisent à une économie des matériaux.

Le calcul technico-économique se fait normalement par un service annexe. Nous donnons ci-après, la liste du matériel utilisé que doit lui remettre le service projetant.

.../...

Liste du matériel utilisé :

- 1 - 4 connexions pour moteur asynchrone à bagues.
- 2 - 4 moteurs asynchrones à bagues :
 - * Type M₃ - 92 - 6B de 60 kW, F = 40 %, 1000 t/mn , 380v, 50 hz
 - * Type M₃ - 71 - 6B de 32 kW, F = 40 %, 1000 t/mn , 380v, 50 Hz
 - * Type M₃ - 71 - 6B de 23 kW, F = 40 %, 1000 t/mn , 380v, 50 Hz
 - * Type M₃ - 52 - 6B de 7,5kW, F = 40 %, 1000 t/mn , 380v, 50 Hz
- 3 - 6 Leveurs de frein hydroélectriques.
 - * 4 Type R $\frac{80}{6}$ - abc pour les mécanismes de levage 100 et 500 kN
 - * 1 Type R $\frac{20}{5}$ - abc pour le mécanisme de translation du chariot
 - * 1 Type R $\frac{32}{5}$ - abc pour le mécanisme de translation du pont.
- 4 - 4 Rhéostats de démarrage pour moteur asynchrone à bagues:
 - * 1 Pour le moteur de 60 kw
 - * 1 Pour le moteur de 23 kw
 - * 1 Pour le moteur de 7,5 kw
 - * 1 Pour le moteur de 32 kw.
- 5 - 1 limiteur de course à came et tourillon combiné avec un limiteur pour les circuits secondaires pour le mécanisme de levage 500 kN.
- 6 - 1 Limiteur de course pour le mécanisme de levage 100 kN
- 7 - 4 Limiteurs de course à levier pour le mécanisme de levage et rapprochement.

- 8 - 4 Limiteurs de course à levier pour le mécanisme de translation du chariot.
- 9 - 2 interrupteurs à levier capsulés de 400 A.
- 10 - 1 circuit tripolaire de fusible de 400 A
- 11 - 4 Boites d'appareillage.
- * Mécanisme de levage principal (500 kN)
* Mécanisme de levage secondaire (100 kN)
* Mécanisme de translation du chariot
* Mécanisme de translation du pont.
- 12 - 1 boite à relais temporisés.
- 13 - 1 boite d'appareillage auxiliaire.
- 14 - 1 bloc de commande à 4 contacteurs.
- 15 - 4 Patins de courant de 500 A.
- 16 - 1 interrupteur automatique type UR - 926 M III
500 A - Siemens avec 1 Boite à 8 relais thermiques type R - 1328 Siemens.
- 17 - 2 porte cable T. 828/ d - 60
- 18 - 6 chariots porte - cables T. 828 / d - 7-0
- 19 - 2 Boites de connexion . T. 828 / d - 8-0
- 20 - 1 Transformateur le grue de 5 kVA; 380v / 12 - 24 - 120 V
- 21 - 1 transformateur de grue de 1 kVA - 380 / 220 v
- 22 - 1 cloche à moteur
- 23 - 1 hyppe de manoeuvre (sirène) 220 V.
- 24 - 2 Ampoules pour le compartiment des machines de 60 W - 24 v.
- 25 - 2 Cassettes de signalisation à 2 Ampoules:
- 1 Vert
- 1 Rouge
- 26 - 6 Projecteurs étanches (à plusieurs lampes)
- 27 - 6 Projecteurs étanches avec sécurité accrue, 200 w - 250 v
- 28 - 2 Phares projecteurs de 500 w avec Socle E.
- 40 ampoules de 120 v par phare.
- 29 - 2 prises bipolaires à carcasse métallique
- 30 - 1 prise bipolaire en silamin (Alliage) - 16 A - 380 V
- 31 - 3 interrupteurs blocs dipolaires : 10 A - 500 V.
- 32 - 30 Boucles de mise à la terre.
- 33 - 5 Vérifications de boites.
- 34 - 70 Essais de câble.
- 35 - 4 Essais de panneaux
- 36 - 8 Essais de relais
- 37 - 60 mètres de bandes en acier galvanisé (30 x 4 mm² pour la mise à la terre des carcasses métalliques.
- 38 - 280 mètres de conducteurs électriques isolés en polyvényl de section 2 x 2, 5 mm².

- 39 -30 m. de conducteurs électriques isolés en polyvényl de section 6 mm².
- 40 -30 m. de conducteurs électriques isolés en polyvényl de section de 25 mm².
- 41 -30 m. de câble recouvert de caoutchouc à forte résistance à la chaleur de section de 2 x 2,5 mm².
- 42 -Cable recouvert de caoutchouc à forte résistance à la chaleur:
200 m de section 3 x 2,5 mm²
70 m " 3 x 6 mm²
70 m " 3 x 25 mm²
100 m " 3 x 35 mm²
- 43 - Cable recouvert d'isolant pour les tensions jusqu'à 1000 v ayant aussi un tissu métallique.
- | | | | |
|---|---------|------------|-------------------------|
| * | 1300 m. | de section | 2 x 2,5 mm ² |
| * | 620 m | " | 3 x 2,5 mm ² |
| * | 100 m. | " | 3 x 6 mm ² |
| * | 120 m. | " | 3 x 2,5 mm ² |
| * | 120 m. | " | 3 x 35 mm ² |
| * | 180 m. | é | 3 x 50 mm ² |
- 44 1-Installation pour alimentation de la cabine du pont roulant type Ke. 24 Weith.

-o- B I B L I O G R A P H I E -o-

- 1 - BOTAN N.V.
Commande électrique des grues et des ponts
roulants.
Bucarest. Edition technique 1968.
- 2 - SAAL Carol.
Commande électromécanique. Comportement des
moteurs électriques usuels. Choix des moteurs.
Institut polytechnique de Brasov. 1970.
- 3 - BOTAN N.V.
Choix des moteurs électriques pour l'entraî-
nement des mécanismes et machines industriels.
Bucarest. Edition 1972.
- 4 - I.S.C.I.R.
Instructions techniques pour la construction
des grues.
Bucarest 1966.
- 5 - SEBASTUN L.
Outillage électromécanique des entreprises
industrielles. Bucarest.
Edition didactique et pédagogique. 1965.

...

UNIVERSITE D'ALGER

25/75

20272

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Departement Electricité



SCHÉMAS ÉLECTRIQUES DE LA COMMANDE

D'UN PONT ROULANT DANS UNE FONDERIE

Proposé par :

M. Carol SAAL :

Etudié par :

Mohamed SEKER :

Slimane KORIDET :

JUIN 1975

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Departement Electricité

ANNEXE

SCHÉMAS ÉLECTRIQUES DE LA COMMANDE

D'UN PONT ROULANT DANS UNE FONDERIE

osé par :

Carol SAAL :

Etudié par :

Mohamed SEKER :

Slimane KORIDET :

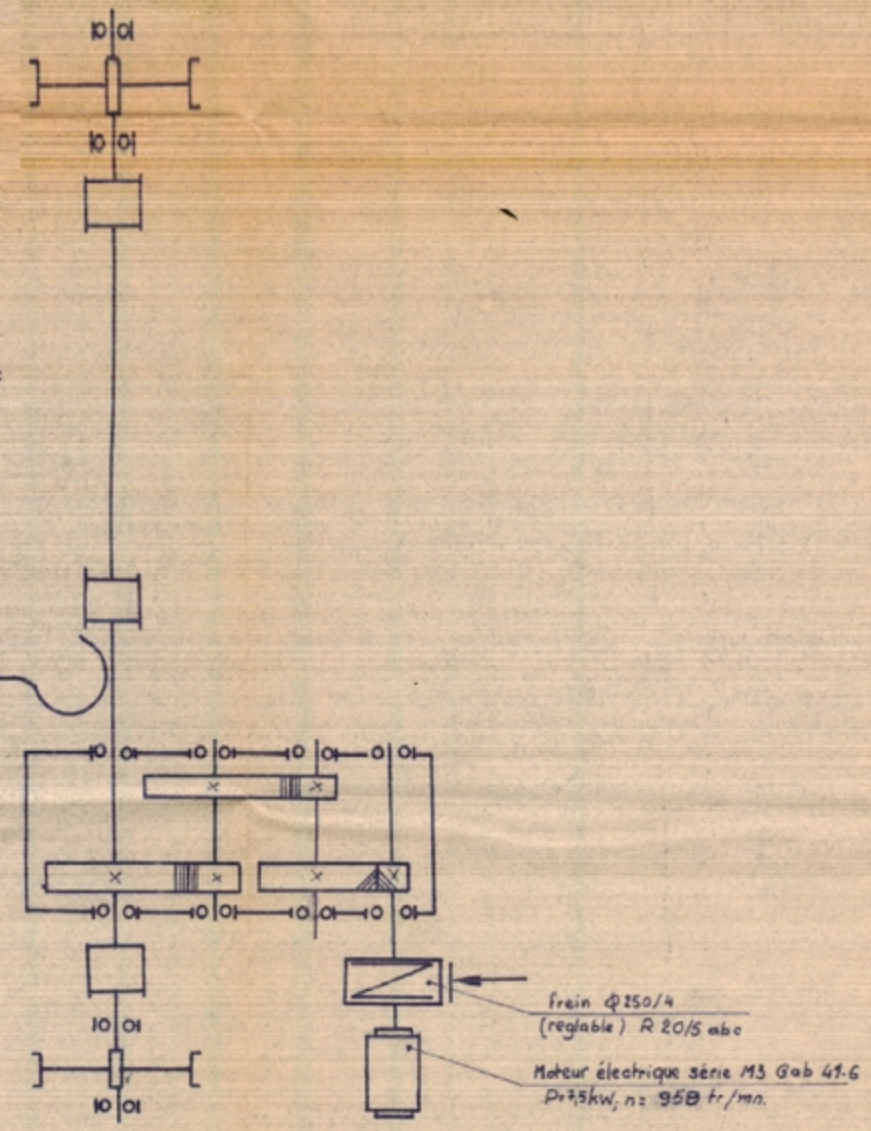
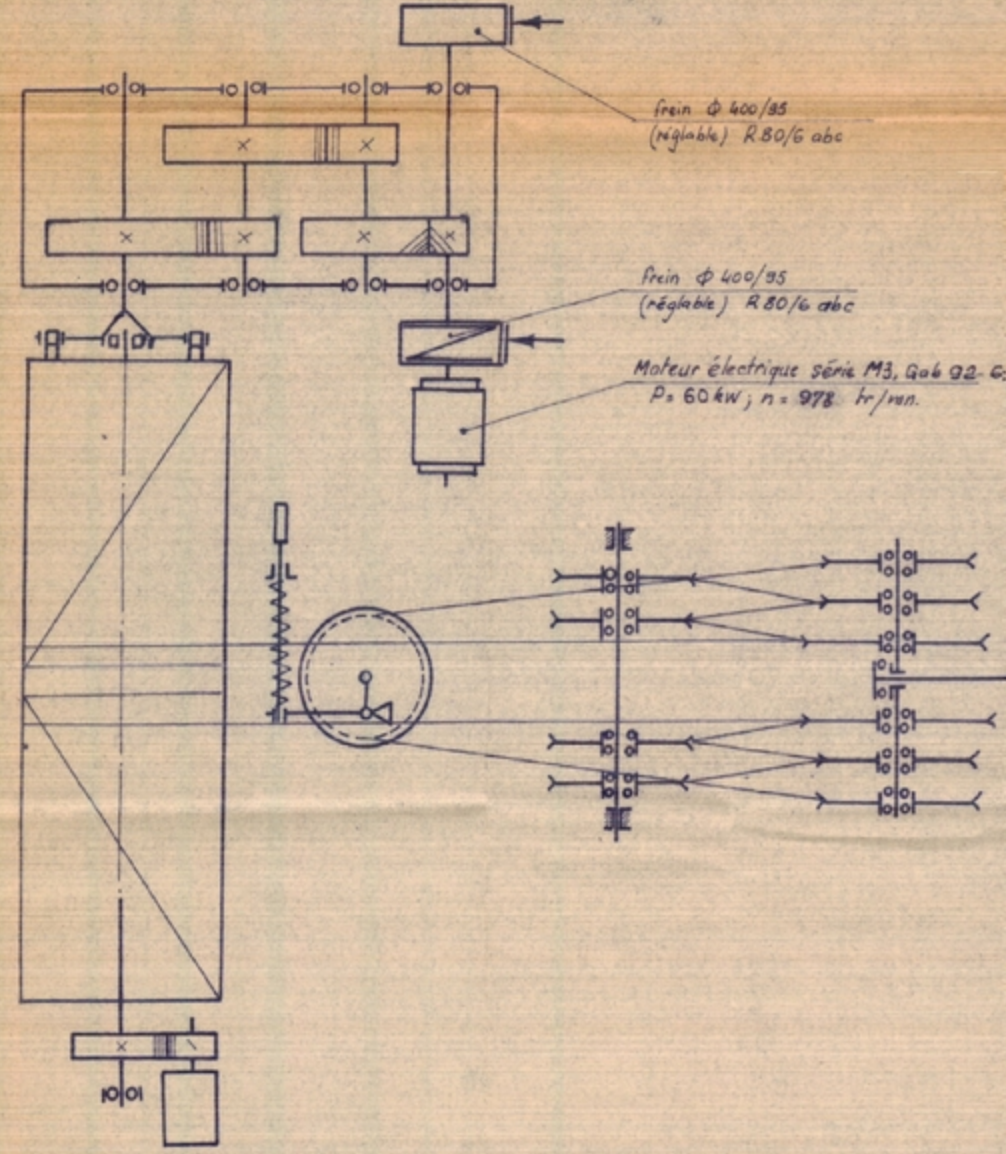
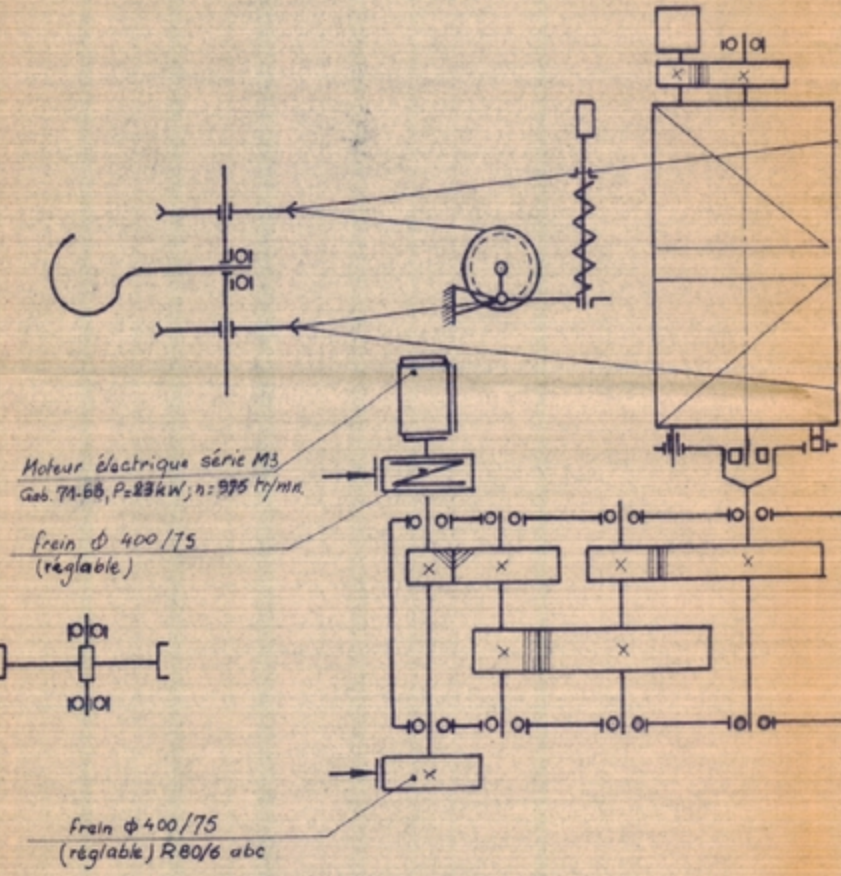
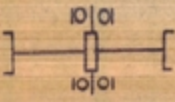
JUIN 1975

1-	Schéma cinématique: chariot mobile 100 / 500 kN.	01
2-	Schéma cinématique: mécanisme de translation du pont.	02
3-	Schéma électrique développé: alimentation, protection et signalisation.	03
4-	Schéma électrique développé: mécanisme principal de levage (500 kN.)	04
5-	Schéma électrique développé: mécanisme de trans- lation du chariot.	05
6-	Schéma électrique développé: mécanisme de translation du pont.	06
7-	Schéma électrique développé: mécanisme de levage secondaire (100 kN.)	07
8-	Schéma électrique de connexion du bloc de protection, alimentation et signalisation. ...	08
9-	Schéma électrique de connexion: boîte d'appareillage mécanisme de levage principal. ...	09
10-	Schéma électrique de connexion: boîte d'appareillage mécanisme de translation du chariot.	10
11-	Schéma électrique de montage: boîte d'appareillage pour le déplacement du pont.	11
12-	Schéma électrique de connexion du mécanisme de levage secondaire.	12
13-	Schéma de connexion du bloc de commande.	13
14-	Schéma de câblage.	14
15-	Schéma de commande.	15
16-	Nomenclature.	16

Mécanisme de levage 500 kN

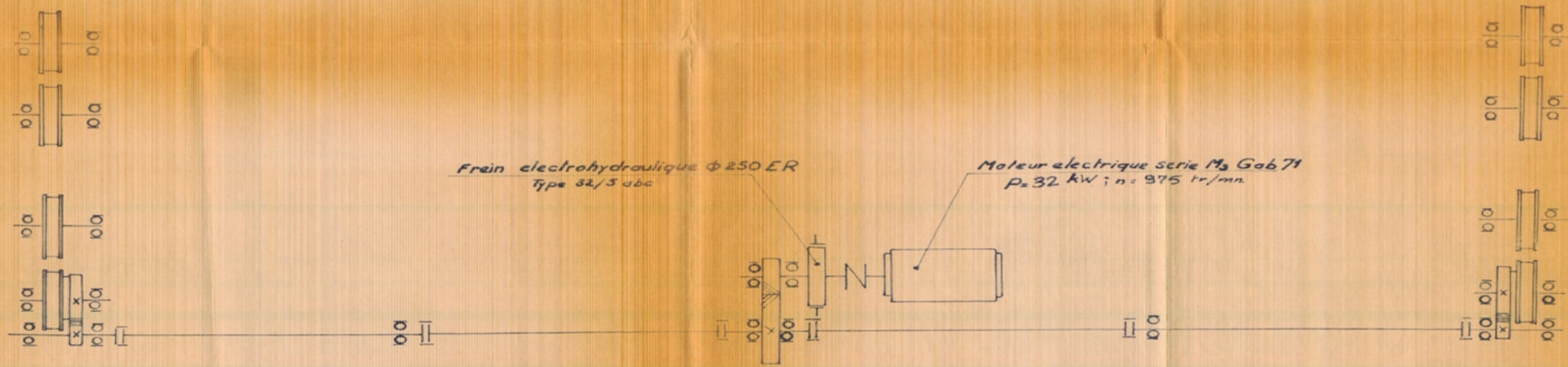
Mécanisme de translation du chariot

Mécanisme de levage 100 kN



SCHEMA CINEMATIQUE
CHARIOT MOBILE 500/100 kN

PLN: 01

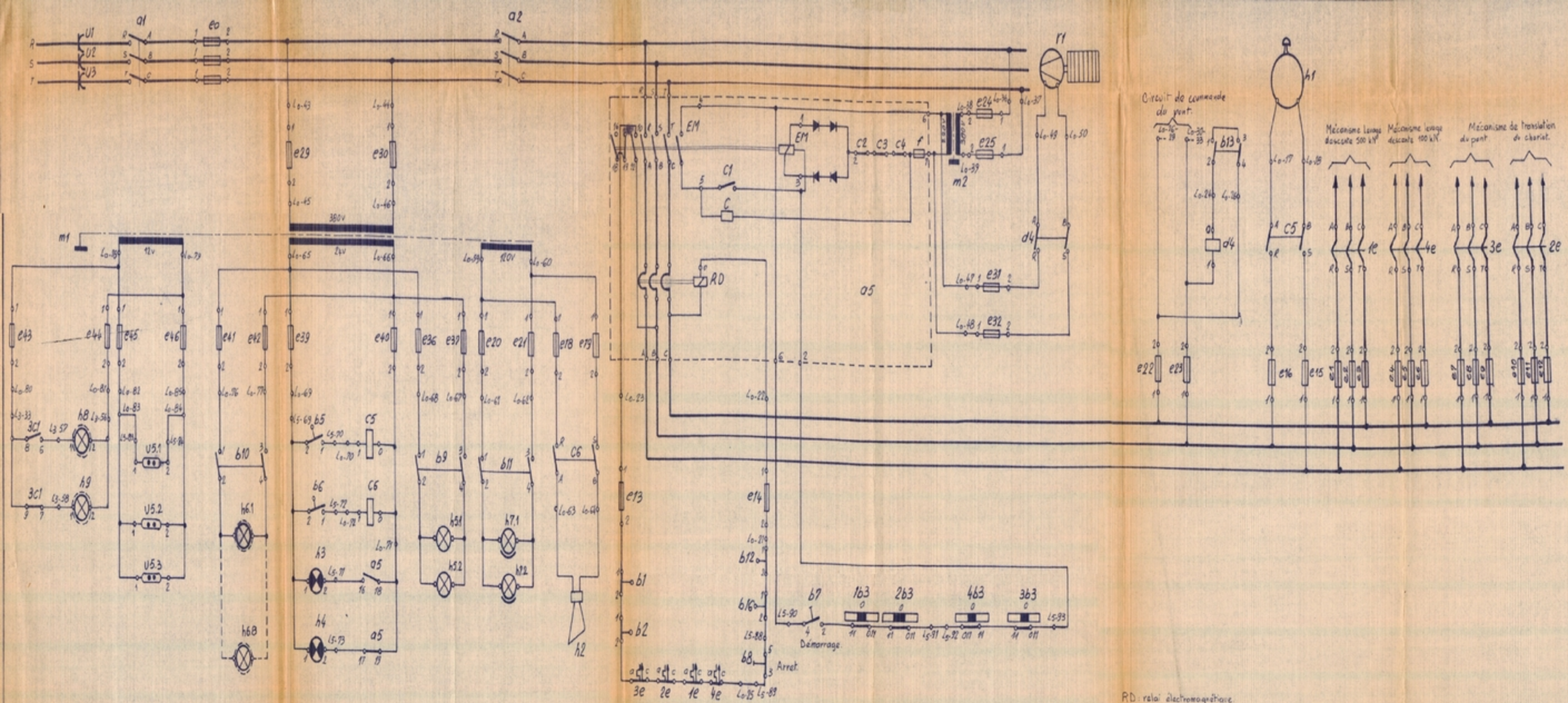


Caractéristique Cinématique :

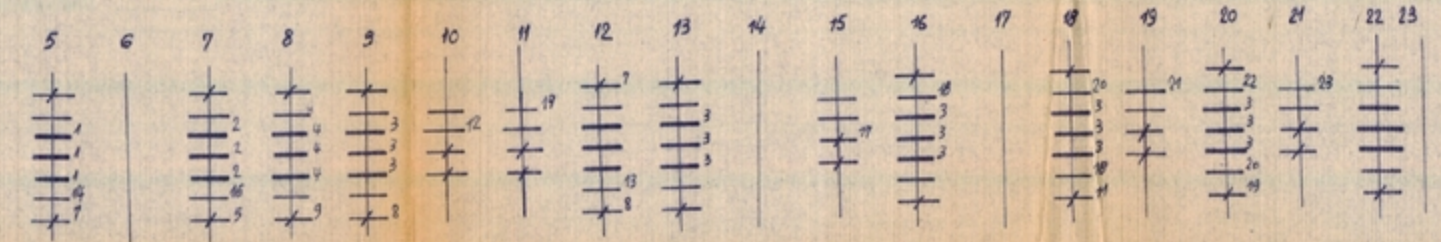
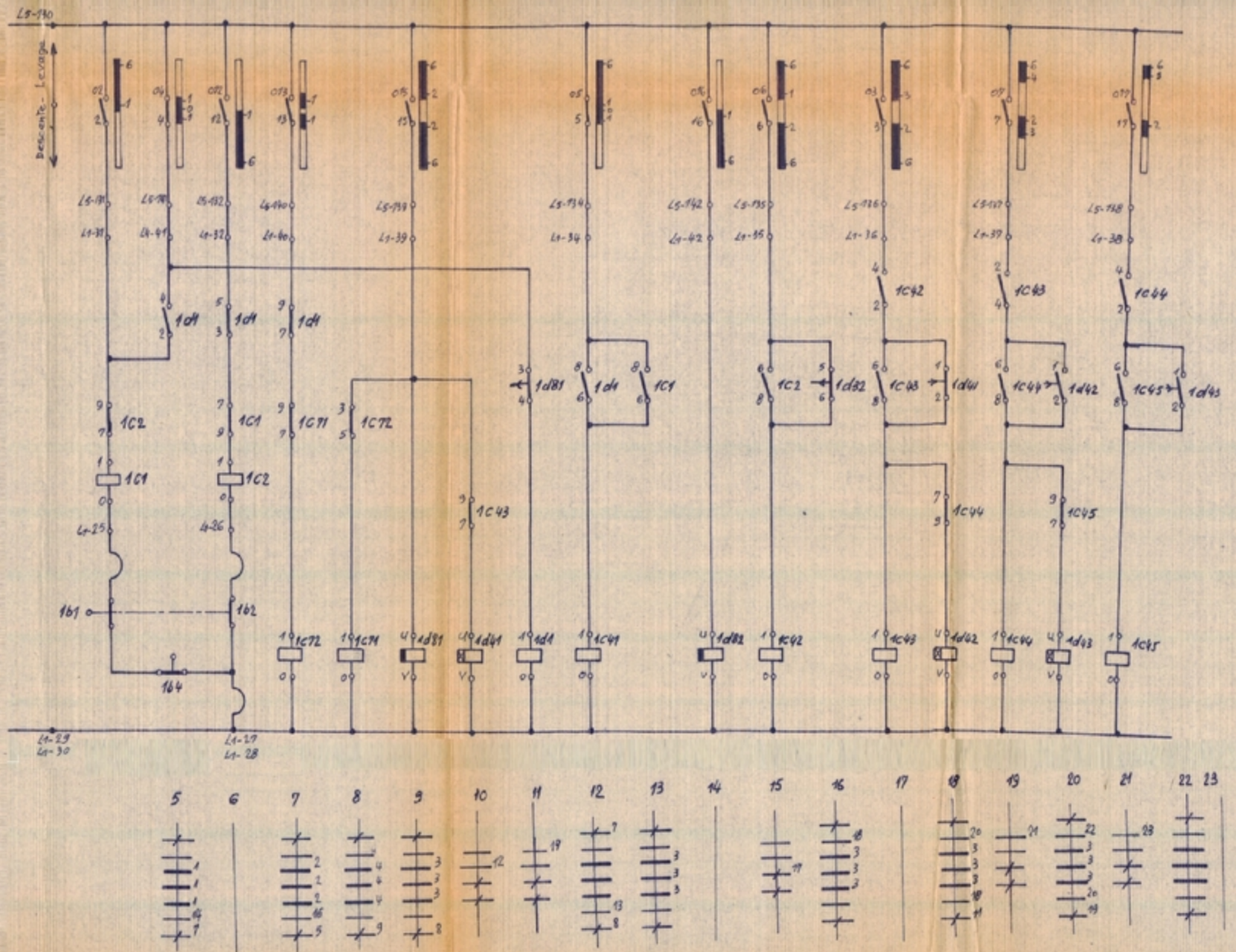
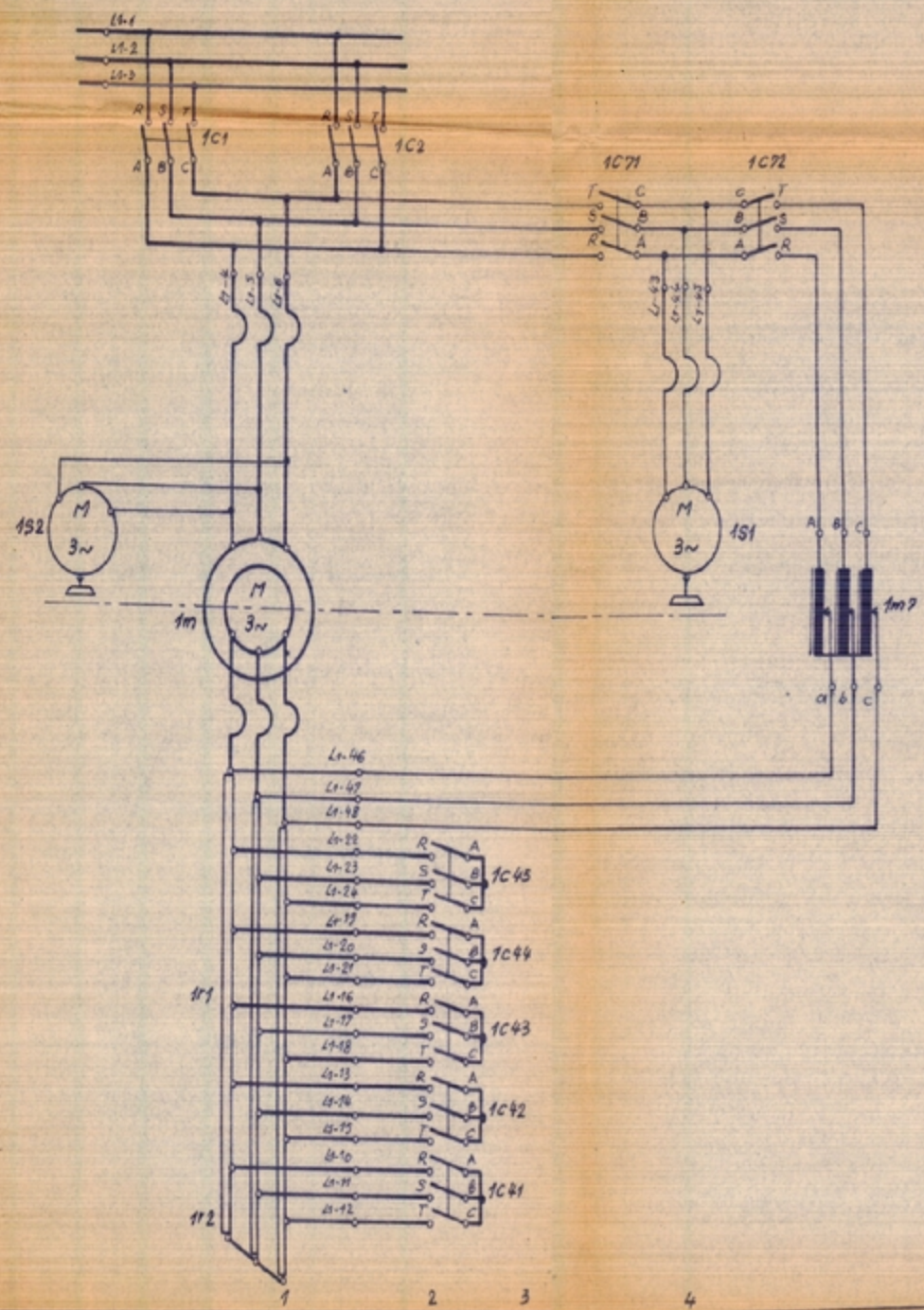
- Vitesse de translation du pont : 75 m/mn.
- Microvitesse de translation : 16 m/mn.

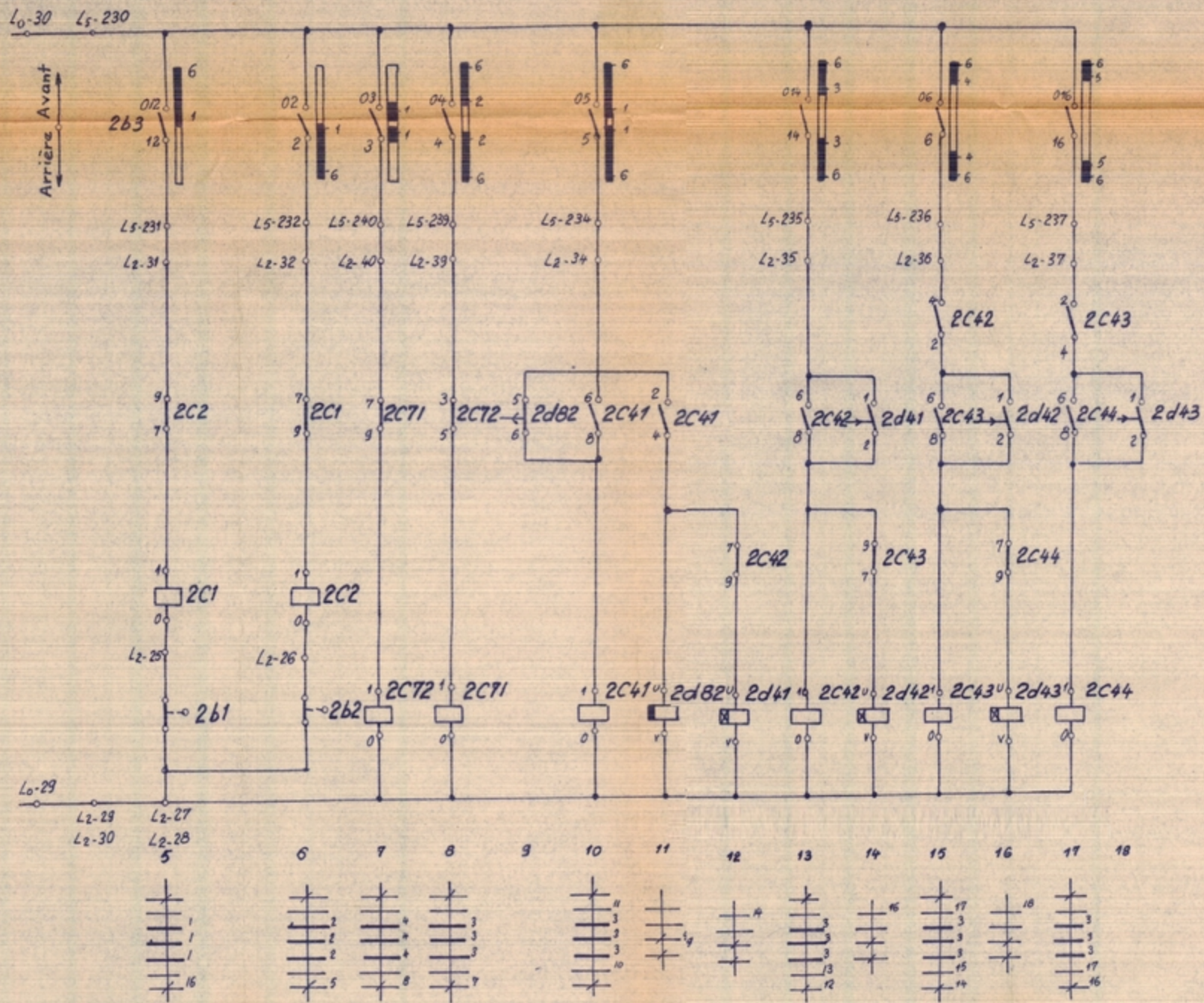
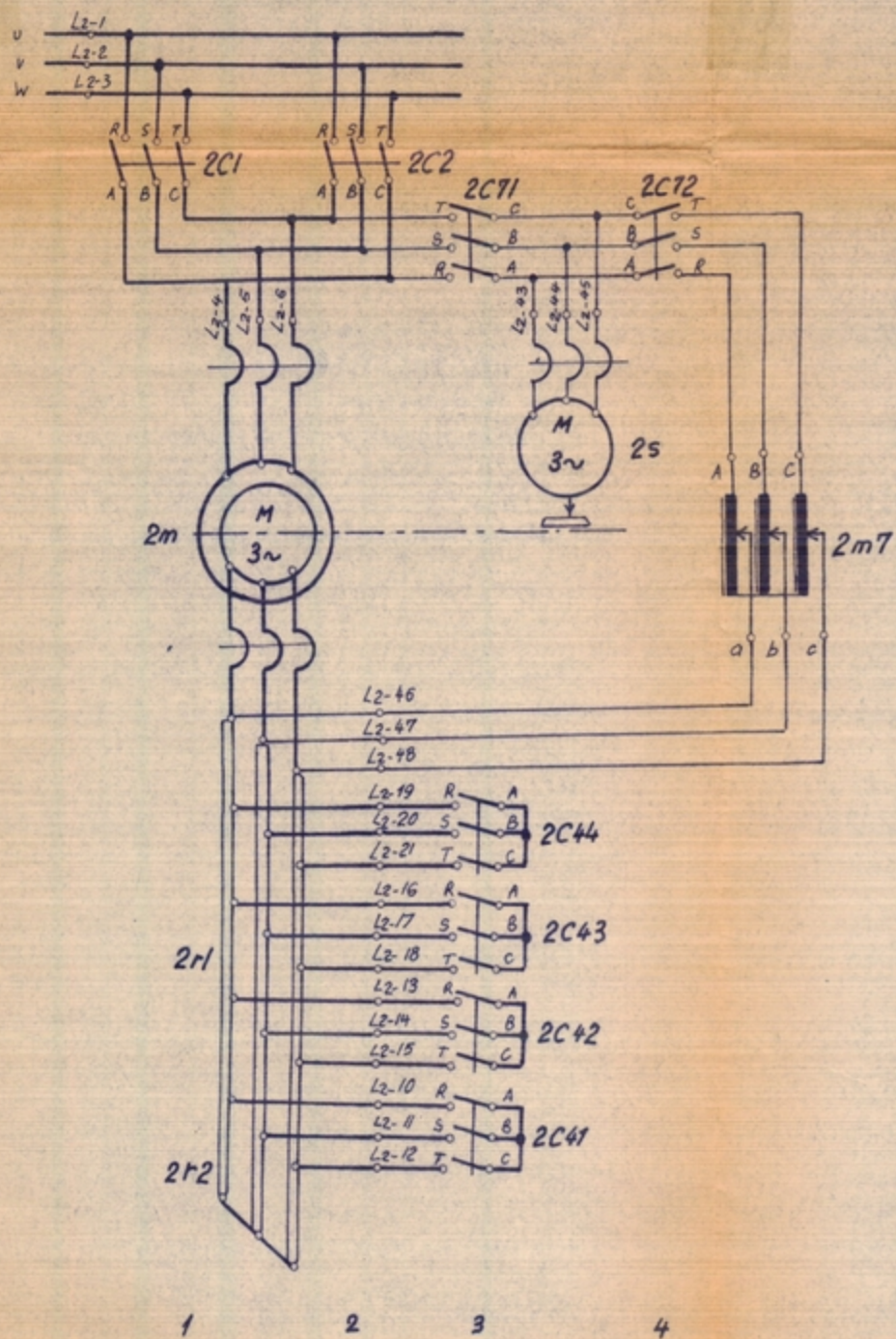
Schéma Cinématique
Mécanisme de Translation du Pont.

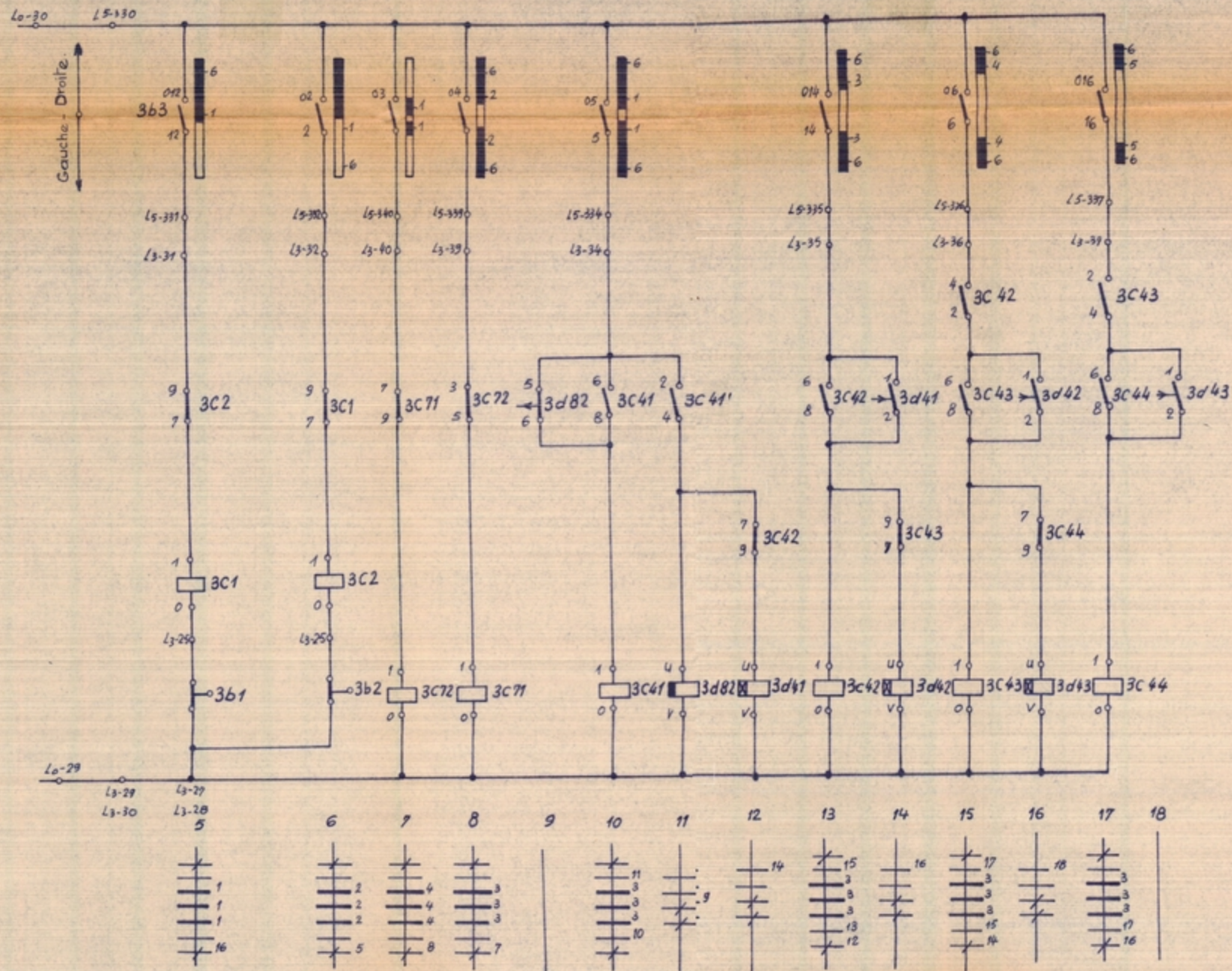
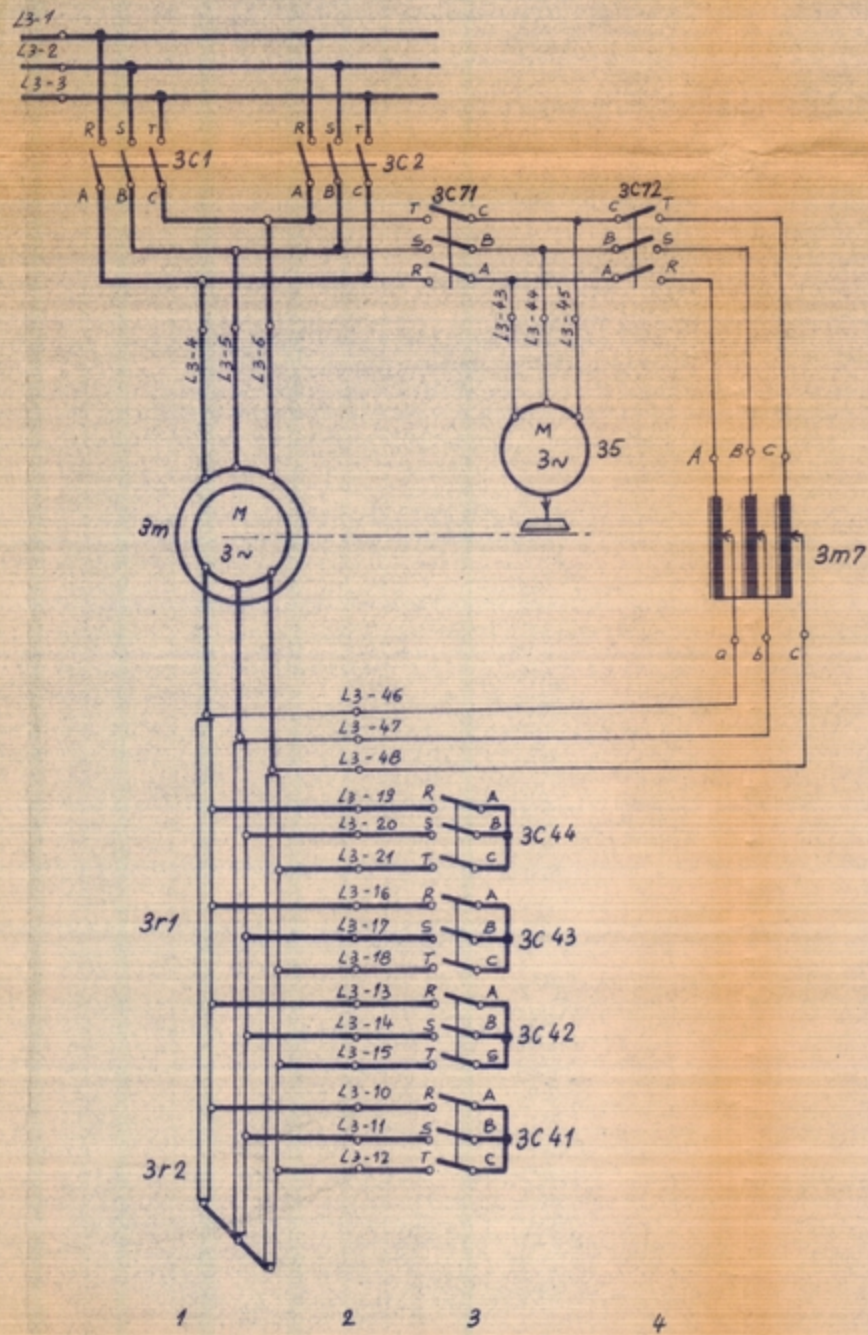
PL.N02



RD: relai électromagnétique.
EM: bobine d'enclenchement.

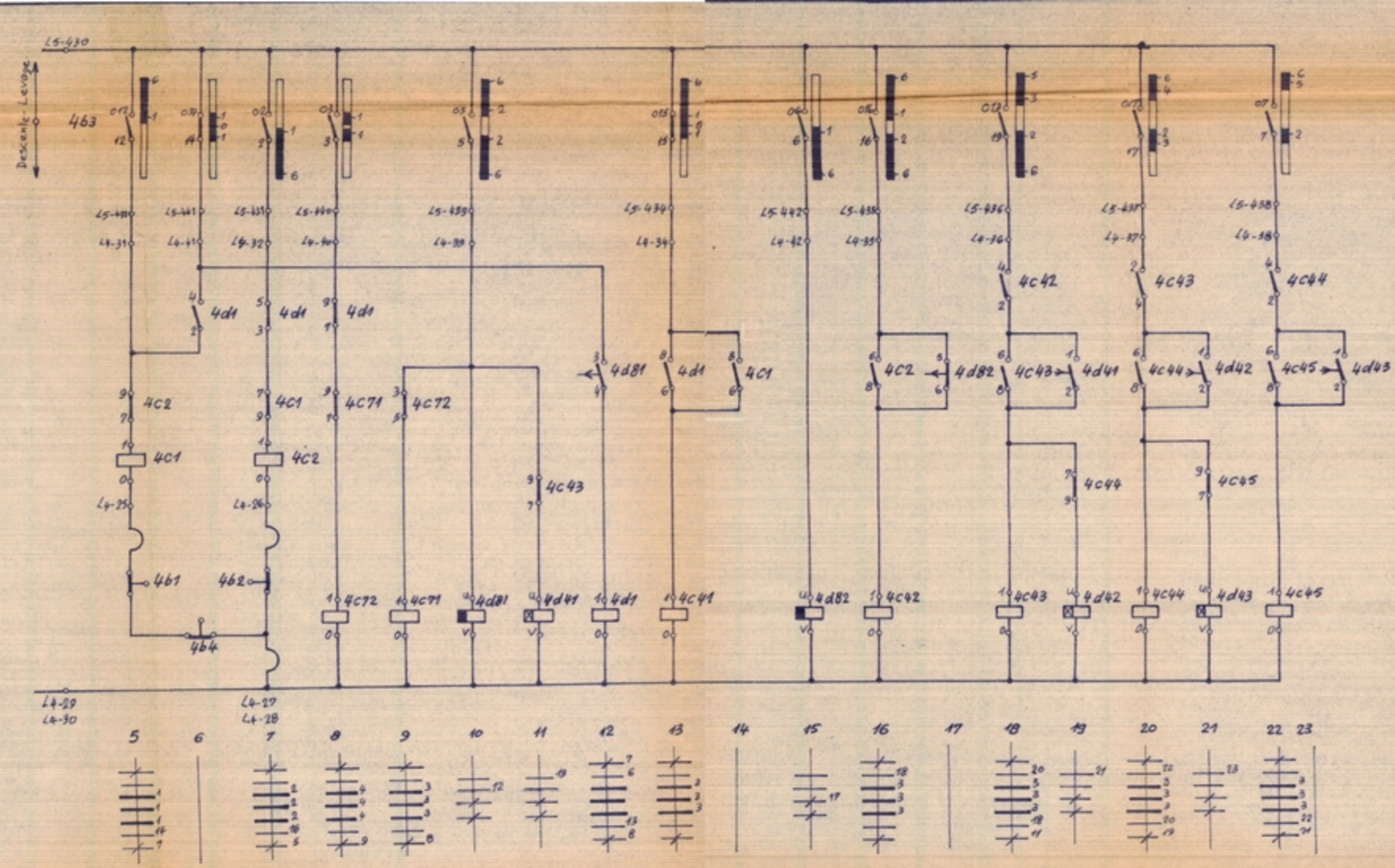
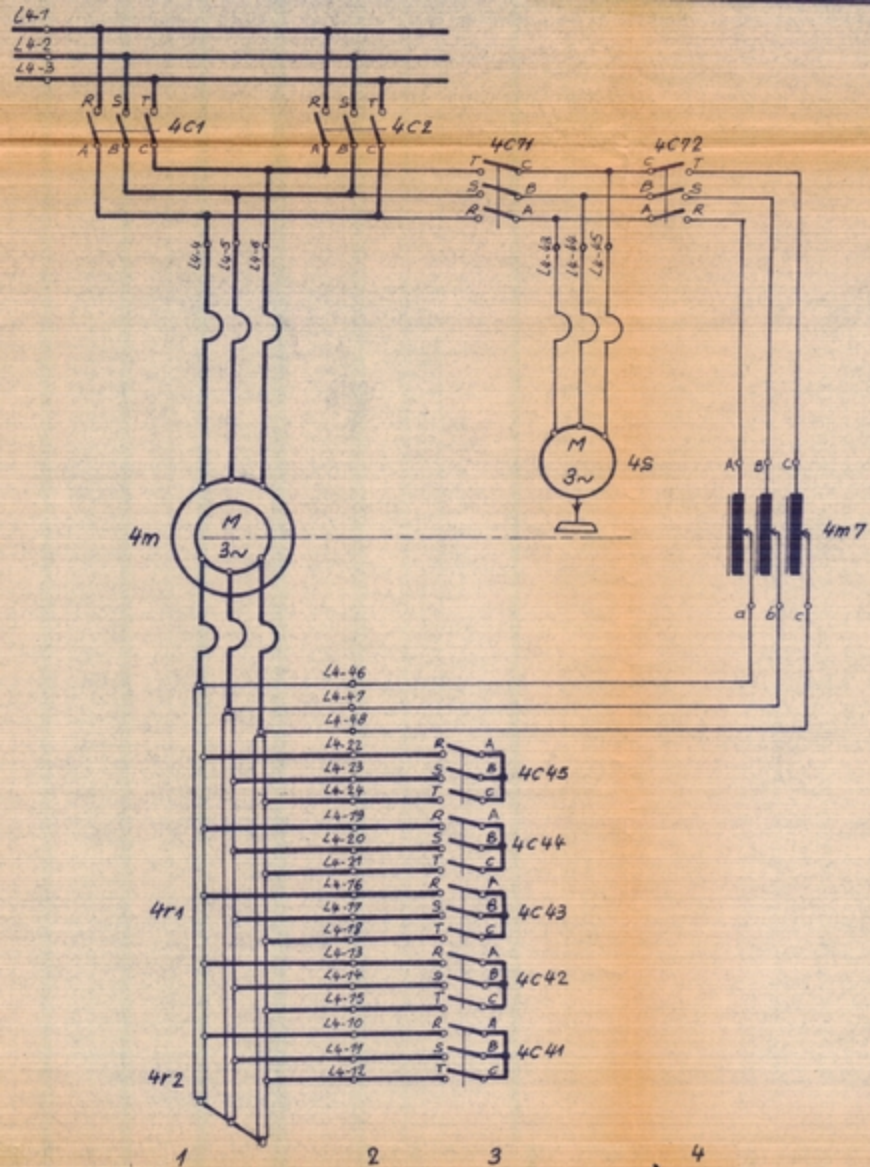




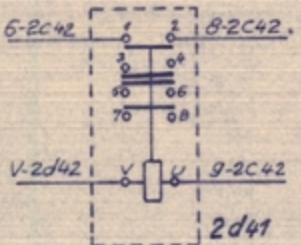
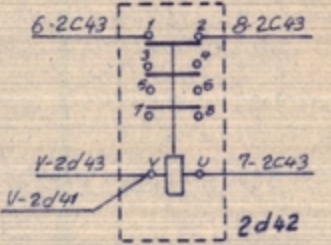
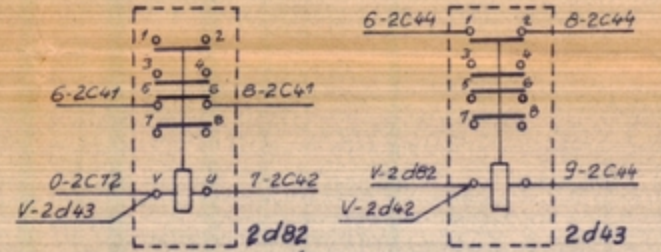
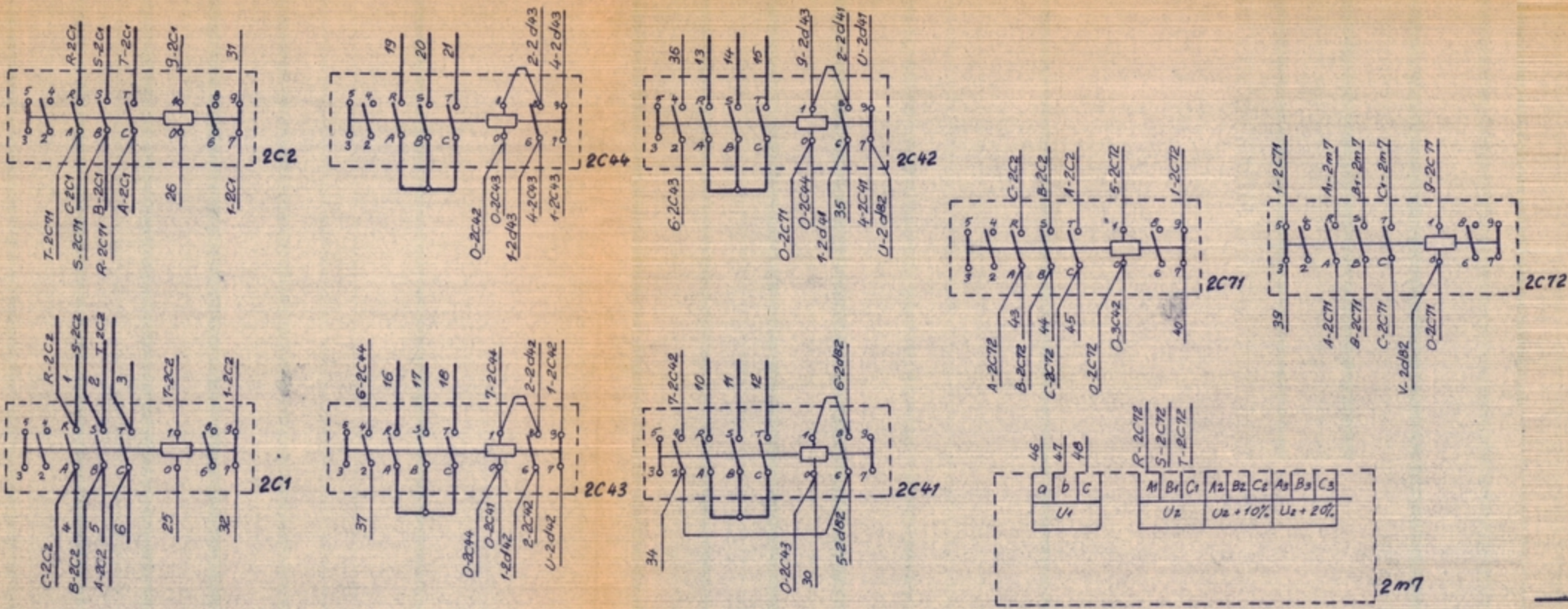


SCHEMA ELECTRIQUE DEVELOPPE
DU MECANISME DE TRANSLATION DU PONT

PL.N06



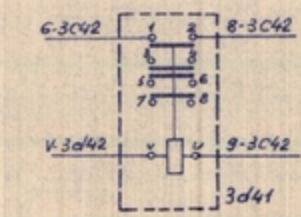
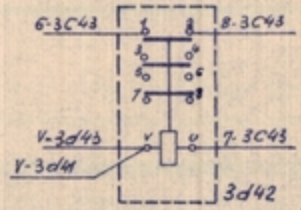
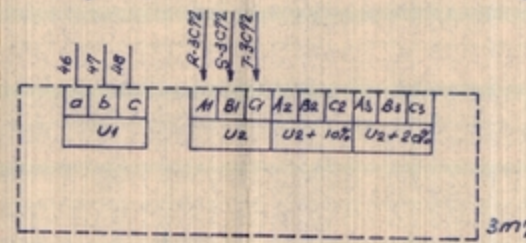
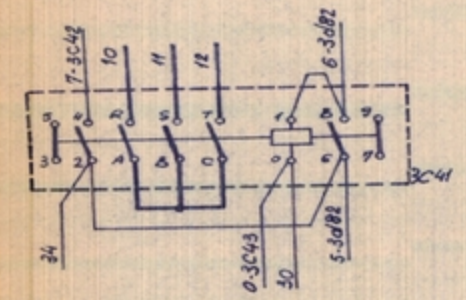
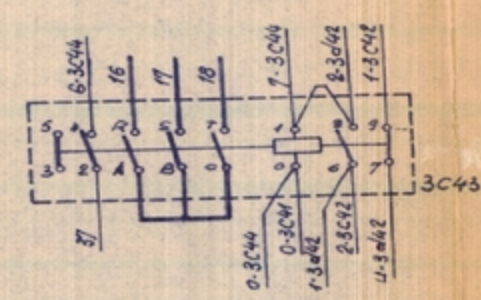
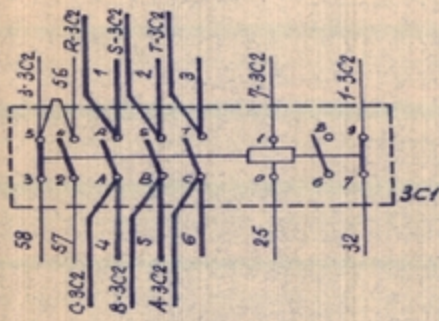
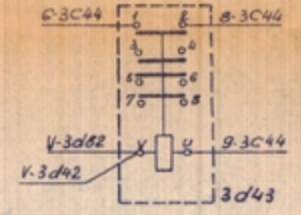
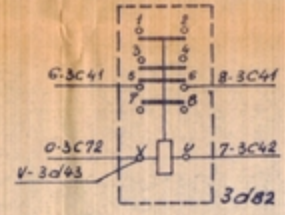
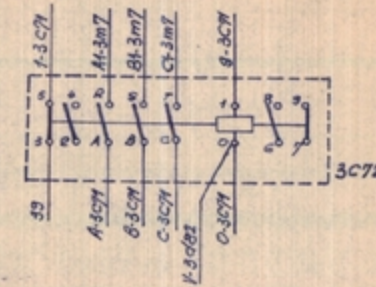
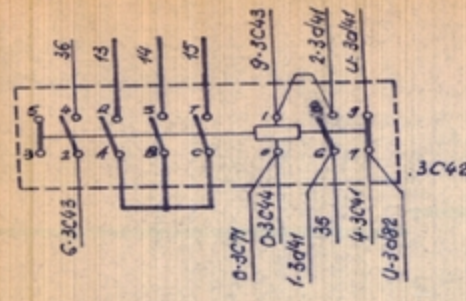
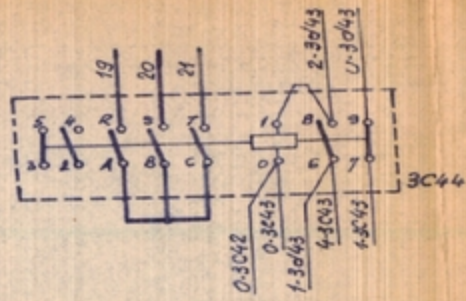
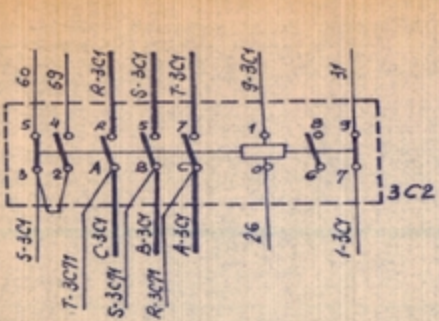
SCHEMA ELECTRIQUE DEVELOPPE
 DU MECANISME DE LEVAGE SECONDAIRE
 PL N07



— Circuit de puissance
 - - - Circuit de commande

1	R	2C1
2	S	2C1
3	T	2C1
4	A	2C1
5	B	2C1
6	C	2C1
7		
8		
9		
10	R	2C41
11	S	2C41
12	T	2C41
13	R	2C42
14	S	2C42
15	T	2C42
16	R	2C43
17	S	2C43
18	T	2C43
19	R	2C44
20	S	2C44
21	T	2C44
22		
23		
24		
25	O	2C1
26	O	2C2
27		
28		
29		
30	O	2C41
31	S	2C2
32	T	2C1
33		
34	2	2C41
35	6	2C42
36	4	2C42
37	2	2C43
38		
39	3	2C72
40	7	2C71
41		
42		
43	A	2C71
44	B	2C71
45	C	2C71
46	a	2m7
47	b	2m7
48	c	2m7
49		

SCHEMA ELECTRIQUE DE CONNEXION
 Boite d'appareillages pour la translation du chariot PL.N10.

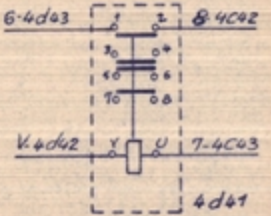
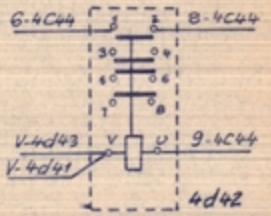
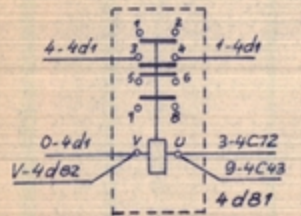
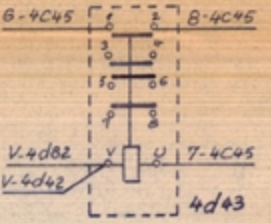
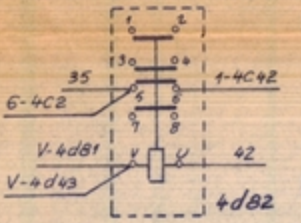
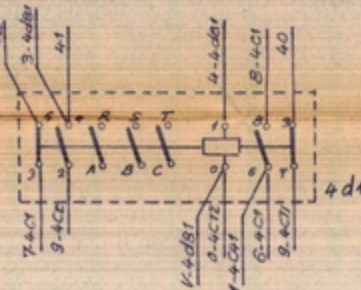
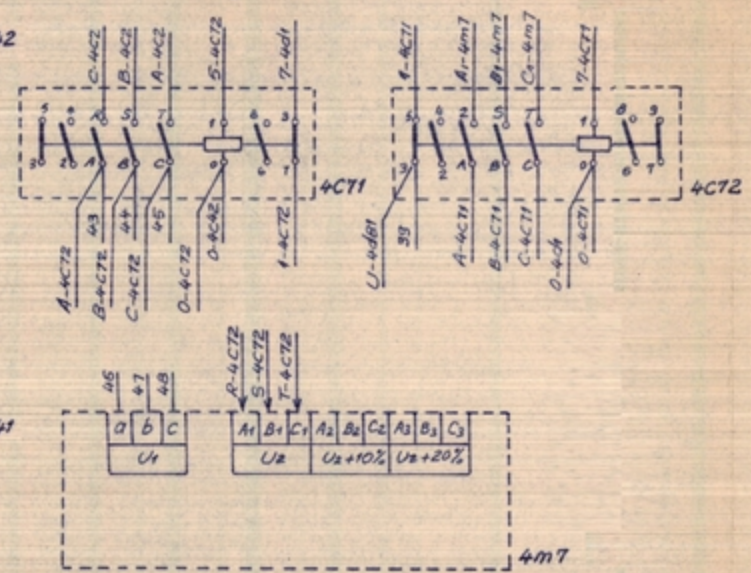
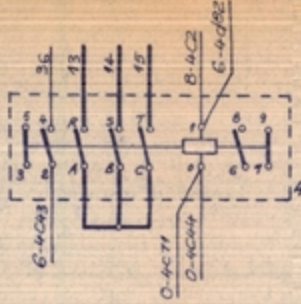
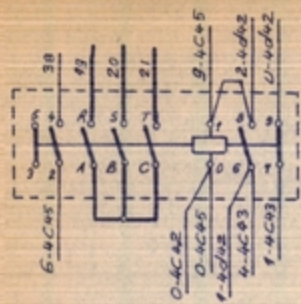
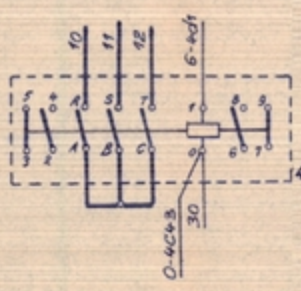
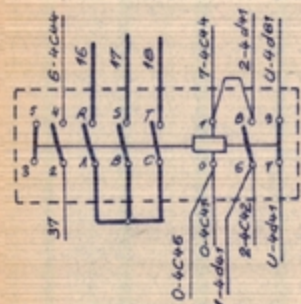
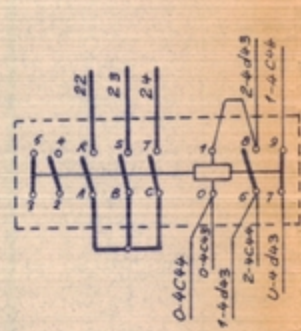
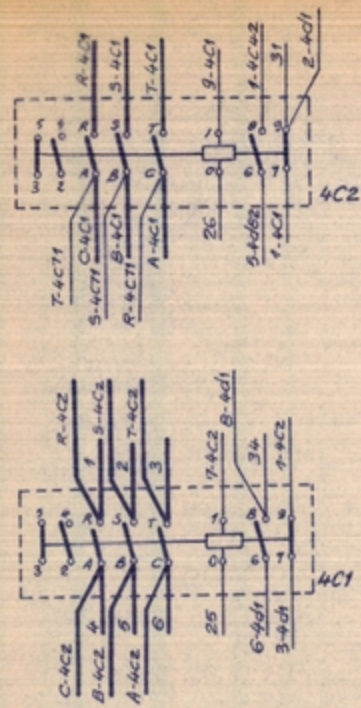


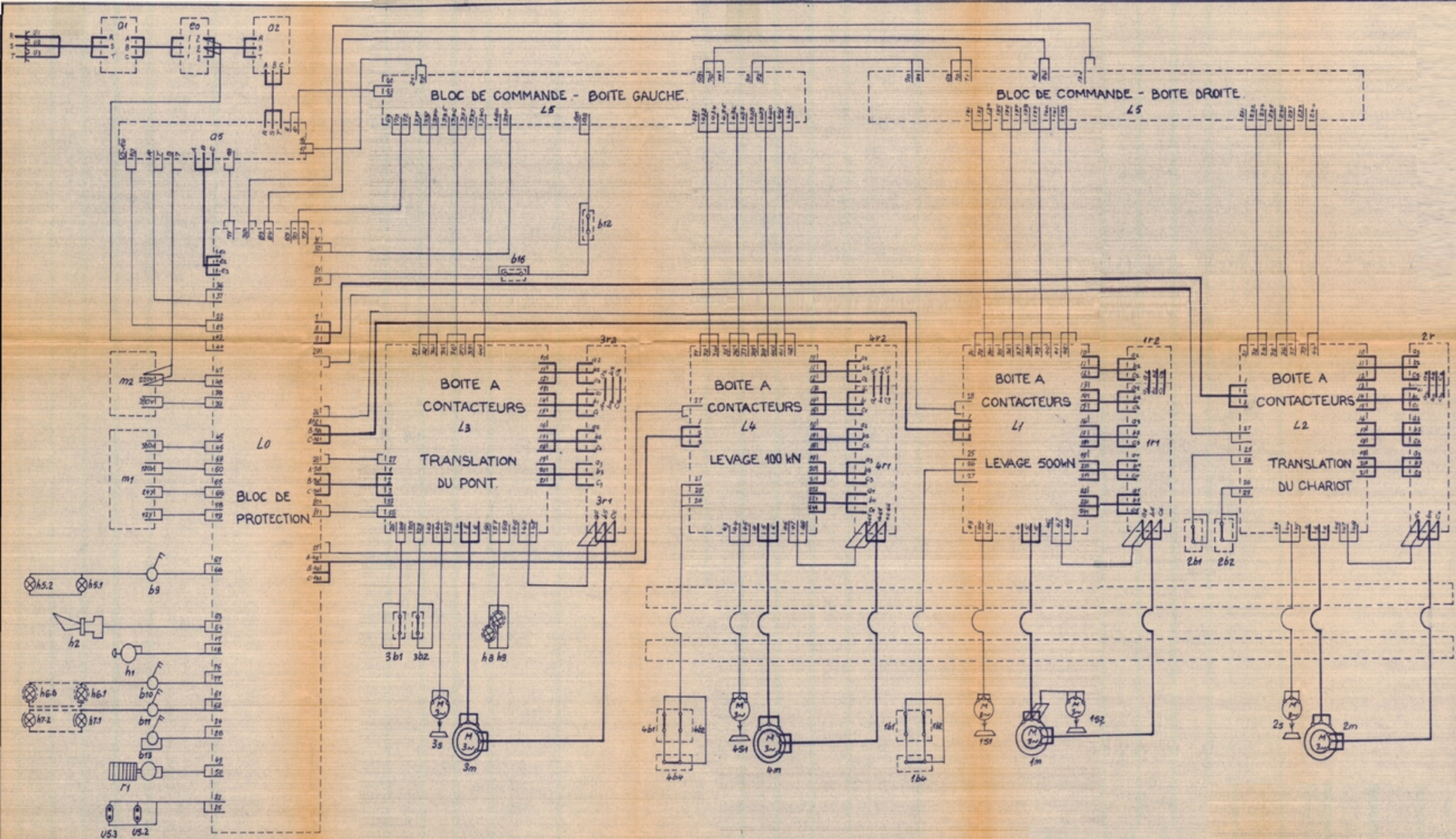
— Circuit de Puissance
 — Circuit de commande

1	R	3C1
2	S	3C1
3	T	3C1
4	A	3C1
5	B	3C1
6	C	3C1
7		
8		
9		
10	R	3C41
11	S	3C41
12	T	3C41
13	R	3C42
14	S	3C42
15	T	3C42
16	R	3C43
17	S	3C43
18	T	3C43
19	R	3C44
20	S	3C44
21	T	3C44
22		
23		
24		
25	0	3C1
26	0	3C2
27	0	
28	0	
29	0	
30	0	3C41
31	0	3C2
32	0	3C1
33		
34	2	3C41
35	6	3C42
36	4	3C42
37	2	3C43
38		
39	5	3C72
40	7	3C71
41		
42		
43	A	3C71
44	B	3C71
45	C	3C71
46	a	3m7
47	b	3m7
48	c	3m7
49		

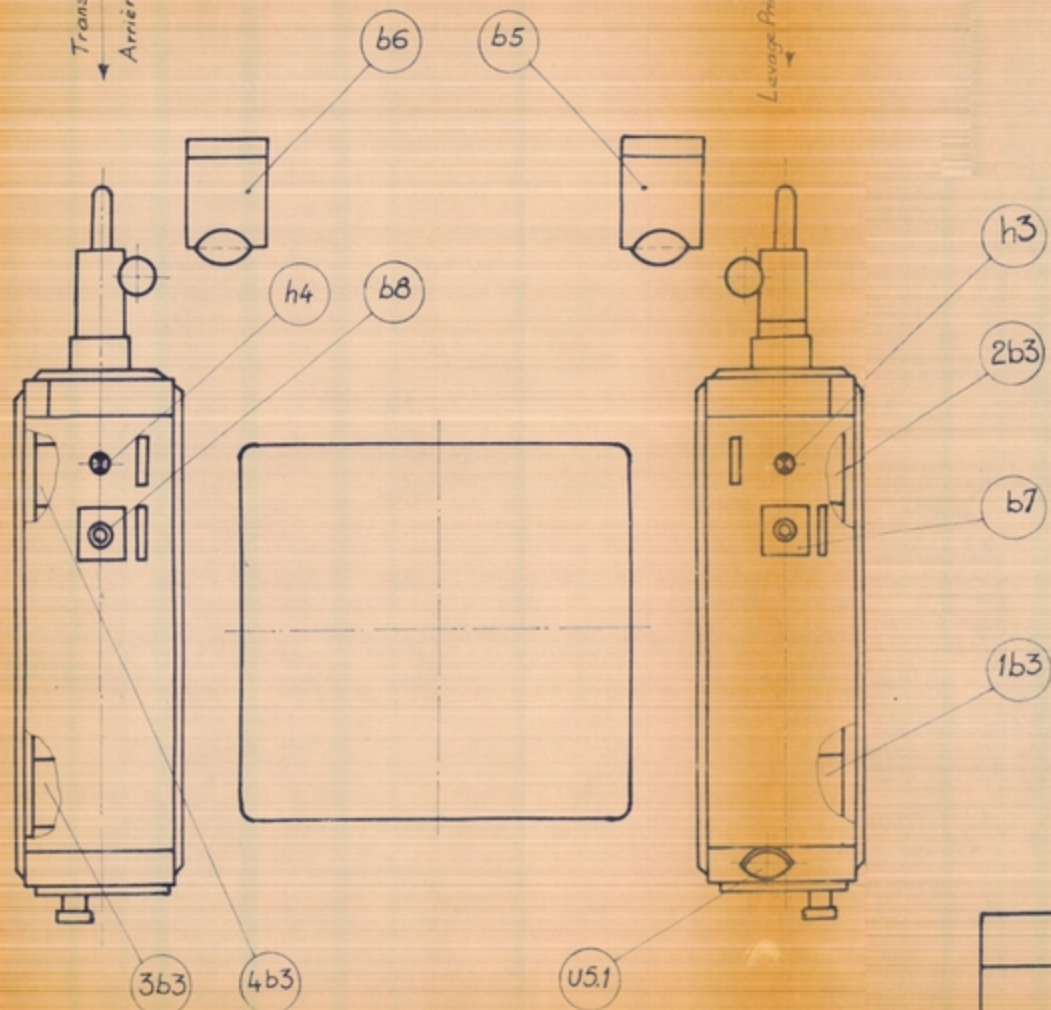
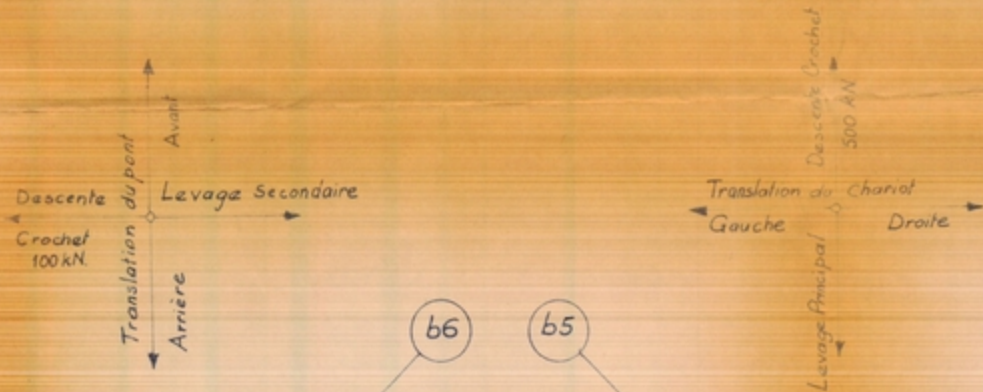
56	4	3C1
57	2	3C1
58	3	3C1
59	4	3C2
60	5	3C2

1	R	4C1
2	S	4C1
3	T	4C1
4	A	4C1
5	B	4C1
6	C	4C1
7		
8		
9		
10	R	4C45
11	S	4C41
12	T	4C41
13	R	4C42
14	S	4C42
15	T	4C42
16	R	4C43
17	S	4C43
18	T	4C43
19	R	4C44
20	S	4C44
21	T	4C44
23	R	4C45
23	S	4C45
24	T	4C45
25	O	4C1
26	O	4C2
27		
28		
29		
30		
31	S	4C2
32	S	4d1
33		
34	S	4C1
35	S	4d2
36	A	4C2
37	R	4C43
38	A	4C44
39	S	4C72
40	S	4d1
41	A	4d1
42	U	4d2
43	A	4C71
44	B	4C71
45	C	4C71
46	D	4m7
47	B	4m7
48	C	4m7
49		
50		
51		
52		
53		
54		





SCHEMA DE CABLAGE PL.N14



Repères	DESIGNATION
1b3 - 2b3 3b3 - 4b3	Contrôleur à came (2x6 Positions)
h3 - h4	Lampe de contrôle
b5 - b6	Limiteur de course en translation
b7 - b8	Bouton de Commande
U5.1	Prise bipolaire en carcasse métallique

Schéma de Commande .		PLN15
----------------------	--	-------

PLANCHE N.03				Symbole				Designation				Caractéristiques techniques				Type ou code				N°			
U1, U2, U3	Capteur de courant.	500A - 500V	CEP - 500	1	a5	Interrupteur automa- -tique 400A.	400A - 500V	AMT 400 cod 3257	1	2.b3	Contrôleur à 4 Camés 2x6 positions	GA, 380V	Cod 6063A	1	35	Résistance électrique de démarrage	ZR 7.2C	3x0,90 ohm	1				
b1, b2	Micro-interrupteurs.	2A - 380V	cod - 5938	2	20	Boîte à circuit triphasé MFA 400-630A	Fusible 400A avec boîte type 50-25	Cod 1807	1	2b51, 2b52	Limiteur de course à levier	GA, 500V	Cod 4485	2	3m	Leveur de frein hydroélectrique	R50/5abc	Force de freinage 80kgf, Course 50mm	1				
b12... b16 b5, b6	Limiters de course en translation.	6A - 380V	cod - 4463	6	a1 - a2	Interrupteurs capsulés	400A - 500V	cod 1821	2	2d41, 2d43	Relais temporisé à enclenchement retardé	Interv. 02-10s Bob: 380V	RTP G1A	3	3	Moteur électrique asynchrone à bague	M3-71.G	32kw 975tr/mn	1				
U51... U53	Prises bipolaires en carcasse métallique.	10A - 250V	cod 0741	3	h3 - h4	Lampes de control LVC	5W - 24V	Symbole: 81014-1	2	2d82	Relais temporisé à déclenchement retardé	Interv. 02-10s Bob: 380V	RTP G1C	4									
d4	Contacteur tripolaire TCA	32A - 380V Tension bob: 380V	Cod 4010	1						2m7	Auto transformateur	400VA 100/380V	AFE 1	4	PLANCHE N.07								
h8 - h9 h61 - h68	Armatures d'éclairage à torches	60W - 250V deuille E27.	1-EP60 B-1103-2	6						2C41, 2C44	Contacteur tripolaire TCA	GA, 380V Bob: 380V	TCA G3 Cod 4020	4	4b4	Limiteur de course	GA, 380V	Cod 4463	4				
h51, h52	Lampes des compar- -timents des machines.	60W - 250V deuille E27.	LCM-E B-1304	2	PLANCHE N.04						2C1, 2C2 2C71, 2C72	Contacteur tripolaire TCA	32A, 380V Bob: 380V	TCA 32 Cod 4010	4	4b1, 4b2	Limiteur de course à vis	25A, 380V	Cod 4471	4			
h71, h72	Pharos projecteurs 1kw	500W - 120V deuille E40	1862 FP 300C	2	1b1, 1b2	Limiteur de course à vis.	25A 380V	cod 4473	1	2F2	Résistance électrique supplémentaire	3x2,61 ohm	SR-12	4	4b3	Contrôleur à Camé 2x6 positions	GA, 380V	Cod 6063A	4				
b9 - b10 - b11 b13	Interrupteurs relatifs	25A - 380V	cod 0522	3	1b4	Limiteur de course	6A - 380V	cod 4463	1	2F1	Résistance électrique de démarrage.	3x0,8 ohm	TR-12	4	4d1, 4d4	Relais temporisé à enclenchement retardé	Interv. 02-10s Tens. bob: 380V	RTP G1A	4				
r1	Radiateur avec ventilateur	1kw - 220V 50Hz	SBY-1	1	1b3	Contrôleur à 7 camés C 2x6 positions	6A - 380V	cod 6063	1	2S	Leveur de frein hydroélectrique	Force de freinage 20kgf, Course 50mm	R20/5abc	1	4dB1, 4dB2	Relais temporisé à déclenchement retardé	Interv. 02-10s Tens. bob: 380V	RTP G1C	2				
h2	Sirène de manœuvre	120V - 50Hz	RS-7005B	1	1dB1, 3dB2	Relais temporisés à déclenchement retardé	Int. 02...10s Tens. bob: 380V	RTP G1C	2	2m	Moteur électrique asynchrone à bague	7,5kw, 950tr/mn	M3-71.G	1	4m7	Auto transformateur	400VA 210/380-5%	AFE 2	4				
h1	Cloche avec moteur	380V - 50Hz	cod 4350A.	1	1d41 - 1d44	Relais temporisés à enclenchement retardé	Int. 02...10s Tens. bob: 380V	RTP G1A	4						4d1 4C71, 4C72	Contacteur tripolaire TCA	32A, 380V Tens. bob: 380V	TCA 32 Cod 4010	3				
e10... e46	Fusibles 25A	avec fusible configuration mont.		36	1m7	Auto transformateur	400VA 380/115	AFE 2	1	PLANCHE N.06					4C1 - 4C2 4C41, 4C45	Contacteur tripolaire TCA	125A 380V Tens. bob: 380V	TCA 125 Cod 402B	7				
b7 - b8	Boutons de commande	6A - 500V	cod 3761	2	1d1	Contacteur tripolaire TCA	32A - 380V Tens. bob: 380V	TCA 32 Cod 4010	1	3b1, 3b2	Limiteur de course à levier	Cod 4485	GA 380V	2	4Y2	Résistance électrique supplémentaire	3x3,124 ohm	ZR-7.G	4				
1b3 - 2b3 3b3 - 4b3	Contrôleur à camé 2x6 positions	6A - 380V	cod 6063A	4	1C71 - 1C72	Contacteurs tripolaires TCA	32A - 380V Tens. bob: 380V	TCA 32 Cod 4010	2	3b3	Contrôleur à 7 camés 2x6 positions	Cod 6063A	GA 380V	1	4Y1	Résistance électrique de démarrage.	3x0,883 ohm	ZR-7.4	4				
C5, C6	Contrôleurs tripolaires TCA	32A - 380V Tens. bob: 380V	cod 4010	2	1C41... 1C45	Contacteurs tripolaires TCA	20A - 380V Tens. bob: 380V	TCA 200 cod 4032	5	3d82	Relais temporisé à déclenchement automatique	RTP G1.C	Interv. 02-10s Tens. bob: 380V	1	4S1	Leveur de frein hydroélectrique	Force de freinage 80kgf, Course 50mm	R80/6abc	2				
2e	Relais thermique	32A - 380V Ia = 15A	cod 3632.	1	1C1 - 1C2	Contacteurs tripolaires TCA	20A - 380V Tens. bob: 380V		2	3d41 - 3d44	Relais temporisé à enclenchement retardé	RTP G1.A	Interv. 02-10s Tens. bob: 380V	4	4m4	Moteur électrique asynchrone à bague	23kw, 975tr/mn	M3-71.GB	1				
1a - 4a - 3a	Relais thermique	400A - 380V - 30mm Ia = 100A - 40,30 - 100A	cod 9678	1	1Y2	Résistance électrique supplémentaire	3x1,48 ohm	ZR-77	1	3m7	Auto transformateur	AFE 2	400VA 315/380V	4									
27 - 28 - 29	Fusibles 100A	Fusible 100A	cod 2080	3	1Y1	Résistance de démarrage	3x0,91 ohm	ZR-77	1	3C71, 3C72	Contacteur tripolaire	TCA 32 Cod 4010	TCA 32, 380V Tens. bob: 380V	2									
e1... e6	Protection à fusibles type Mpr 315A	Avec fusible 200A	cod 2880	6	1S1 - 1S2	Leveur de frein hydroélectrique	Force de freinage 80kgf, Course 50mm	R50/6abc	2	3C1 - 3C2 3C41 - 3C45	Contacteur tripolaire	TCA 125 Cod 402B	TCA 125, 380V Tens. bob: 380V	7									
m1	Transformateur monoph.	5kVA - 380V 120/24/12V	TMM-5	1	1m	Moteur électrique asynchrone à bagues.	600W 975tr/mn	M3-92-6	1	3F2	Résistance électrique supplémentaire	ZR-7.5	3x3,178 ohm	4									