

11/87
104

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Sujet

Commande réversible d'un moteur
à courant continu avec logique de
basculement.

Proposé par :

M^r R. TAHMI

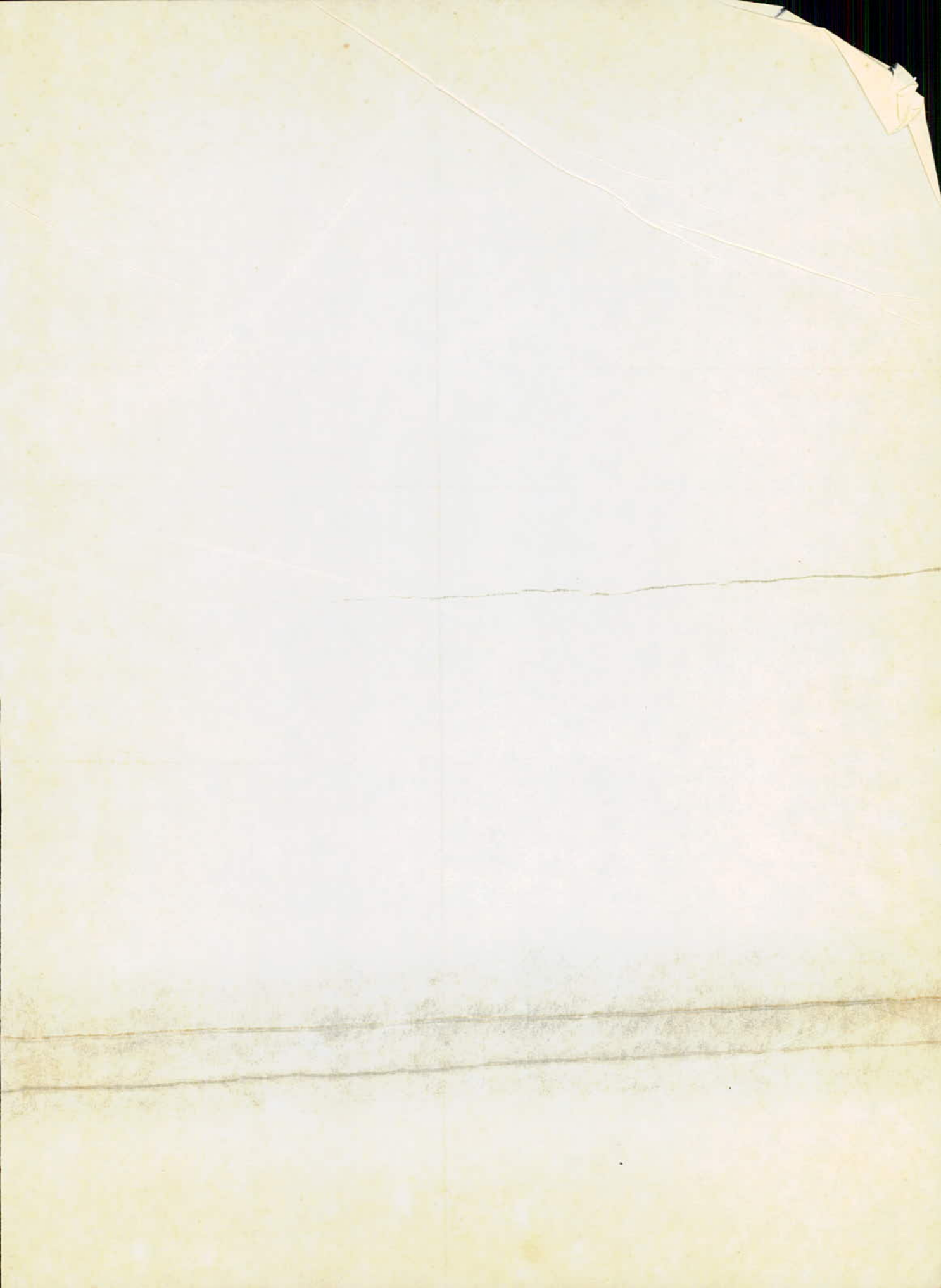
Etudié par :

SELLI Nadia

Dirigé par :

M^r R. TAHMI

PROMOTION : JANVIER 1987



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Sujet

Commande réversible d'un moteur
à courant continu avec logique de
basculement.

Proposé par :

M^r R. TAHMI

Etudié par :

SELLI Nadia

Dirigé par :

M^r R. TAHMI

PROMOTION : JANVIER 1987

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

D E D I C A C E S

- A Mon Père
- A Ma Mère
- A Mes Frères et Soeur
- A Mes Grands Parents
- A Mes Amis (es)
- A Tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

NADIA,

R E M E R C I E M E N T S

Je tiens à adresser mes plus vifs remerciements
à monsieur TAHMI R. pour ses dévouements, son
aide et les conseils précieux qu'il m'a apporté
tout le long de ce travail.

Je tiens également à exprimer mes sincères
remerciements à tous ceux qui ont contribué
de près ou de loin à ma formation.

TABLE DES MATIERES



INTRODUCTION :

Premier Chapitre :

Etude des Caractéristiques de la Commande non réversible.

1. Présentation du convertisseur et de la machine à courant continu utilisés.
2. Caractéristiques de la commande non réversible.

Deuxième Chapitre :

La commande à logique d'inversion ou de basculement.

1. La commande réversible à logique de basculement
2. Conception
3. Réalisation.

Troisième Chapitre :

Essais pratiques.

Conclusion Générale.

I N T R O D U C T I O N

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

La commande des moteurs à courant continu est réalisée à l'aide de différents convertisseurs dont chacun est conçu suivant la source d'alimentation :

- Les convertisseurs alternatif-continu dont la commutation de leurs thyristors se fait directement par le réseau.
- Le hacheur réalise la conversion continu-continu

Il existe deux modes de commande dont la première est non réversible ou bien ne commandant qu'un seul sens de rotation du moteur; le convertisseur ne travaillant qu'en redresseur il ne permet pas de freinage rapide.

La deuxième, réversible, utilise des convertisseurs alternatif-continu réversible pour opérer des inversions de rotations rapides, lesquelles peuvent être réalisées de trois façons:

- à circulation de courant
- à bande morte
- à logique de basculement qui fait l'objet de notre travail.

L'étude de cette commande se fera en trois parties : la première partie est consacrée à l'étude, en général de la commande non réversible; la deuxième partie est destinée à la conception théorique de la logique de basculement, pour ensuite la réaliser et la troisième partie consiste en l'expérimentation de cette logique.

Premier Chapitre.

ETUDE DES CARACTERISTIQUES
DE LA COMMANDE NON RÉVERSIBLE

I. 1 : Présentation du Convertisseur et de la machine à courant continu utilisés :

Le mode de commande utilisé est la commande "arc cosinus" verticale obtenu par la superposition de deux tensions : la première alternative, la seconde U_c tension de commande.

Ce qui donne la fonction de transfert

$$\alpha = \text{arc cos } U_{cm} / U_m$$

L'angle d'amorçage des thyristors.

Les parties essentielles du dispositif de commande sont représentées sur le schéma de la figure 1.

- Le déphaseur sert à déphaser la tension de _
_ livrée par le réseau de 120 la tension déphasée obtenue est la tension de référence.

- Le comparateur compare la tension de commande (continue) à la tension de référence.

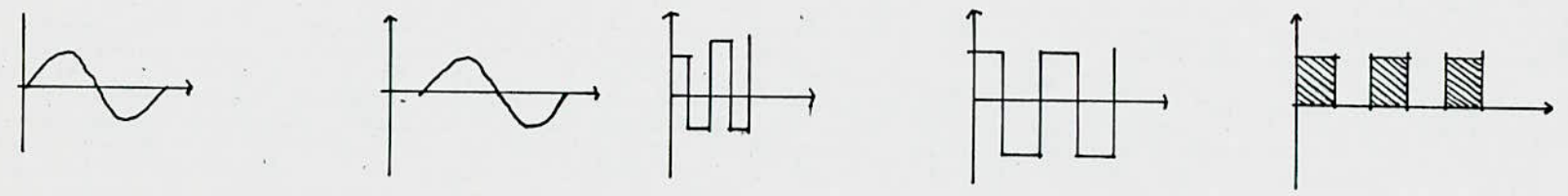
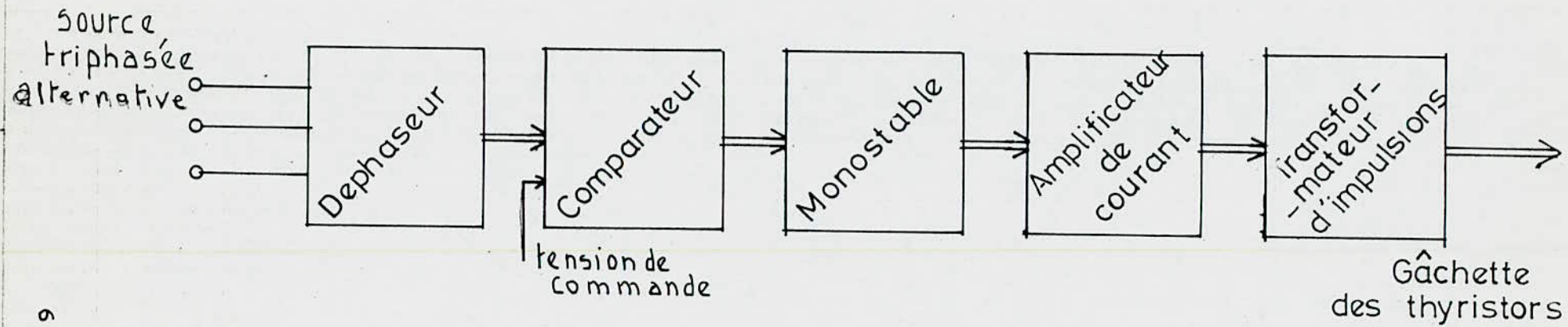


FIG. N°1 SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA COMMANDE

-Le monostable génère des impulsions de durée égale à 4 mS

- L'Amplificateur de courant amplifie le courant fourni par le monostable.

La machine de travail est un moteur à courant continu dont la plaque signalétique est la suivante :

Tension.....	110 V
Vitesse.....	1800 Tr/min
Puissance active.....	2,2 Kw
Courant d'induit.....	24 A
Courant d'inducteur.....	0,95 A
Excitation.....	Séparée.

I. 2 - Caractéristiques de la commande non
reversible.

- I.2.1. - Le montage de la figure(2) nous permet de relever les caractéristiques P.Q.U. en fonction de I courant d'induit pour un même angle d'amorçage

Les valeurs relevées des essais effectués à $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ et 75° sont regroupées respectivement sur les tableaux A, B, C et D.

Les courbes sont représentées respectivement sur les figures 3, 4, 5 et 6.

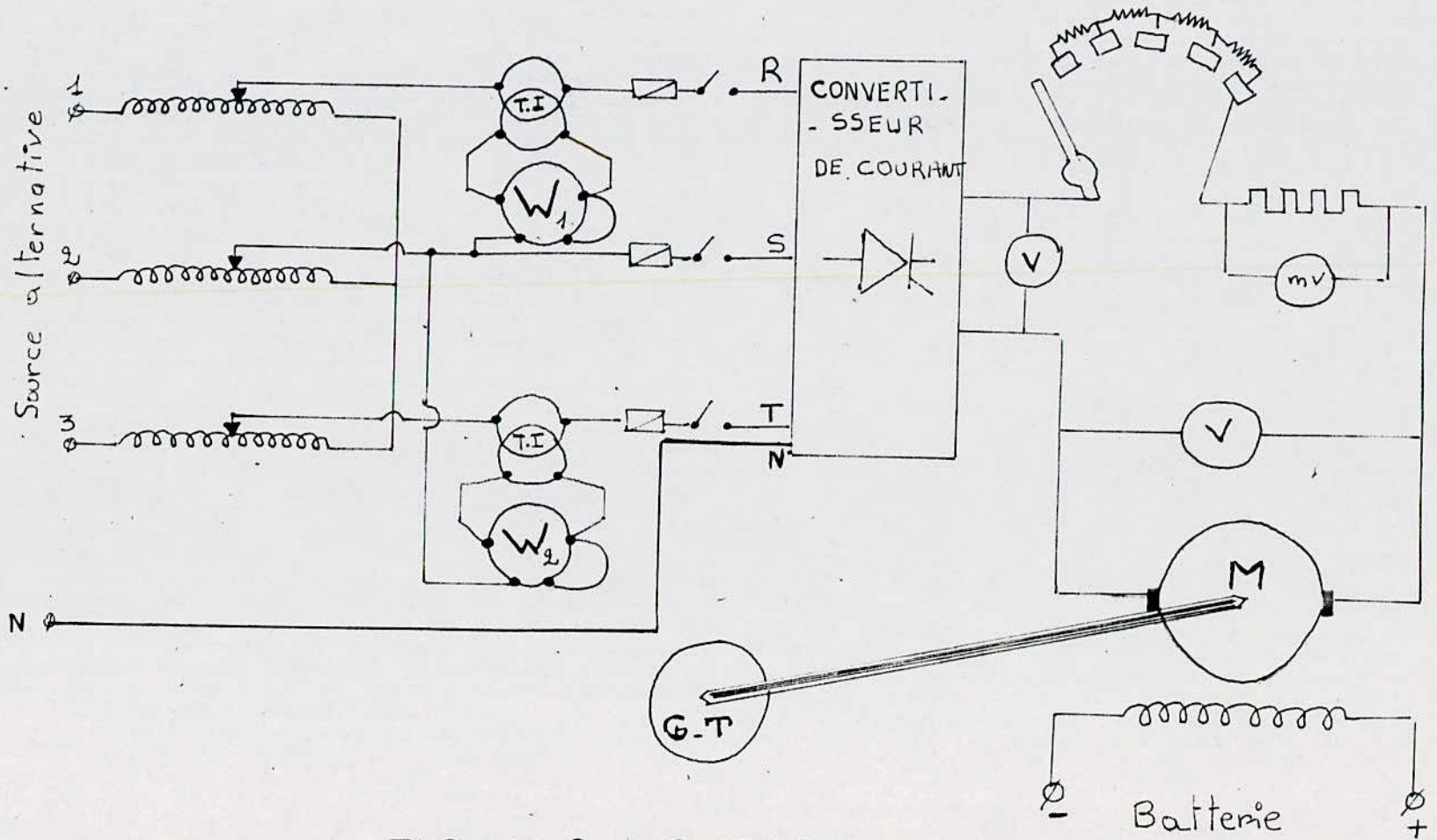


FIG. N° 2 MONTAGE

$I_{(A)}$	3,9	9,3	9,7	13,7	14,3	17,6	18
$U_{(V)}$	112	106	105	100	100	96	95
$N_{(tr/mn)}$	1940	1804	1770	1687	1670	1603	1586
$P_{(W)}$	500	1020	1060	1440	1480	1790	1820
$Q_{(VAR)}$	52	173	173	277	277	364	381

A. tableau de mesure pour $\alpha = 30^\circ$

$I_{(A)}$	3,7	8,5	12,7	13,1	16,5	19,6
$U_{(V)}$	104	98	93	92	88	86
$N_{(tr/mn)}$	1804	1670	1570	1553	1470	1386
$P_{(W)}$	400	890	1270	1320	1600	1850
$Q_{(VAR)}$	69	260	398	416	537	658

B. tableau de mesure pour $\alpha = 45^\circ$

$I_{(A)}$	3,4	7,2	10,5	13,2	15,6	17,8	19,8
$U_{(V)}$	86	79	78	75	72	66	64
$N_{(Tr/mn)}$	1486	1336	1253	1169	1119	1069	1002
$P_{(W)}$	280	600	890	1080	1230	1400	1530
$Q_{(VAR)}$	156	381	550	700	918	1039	1161

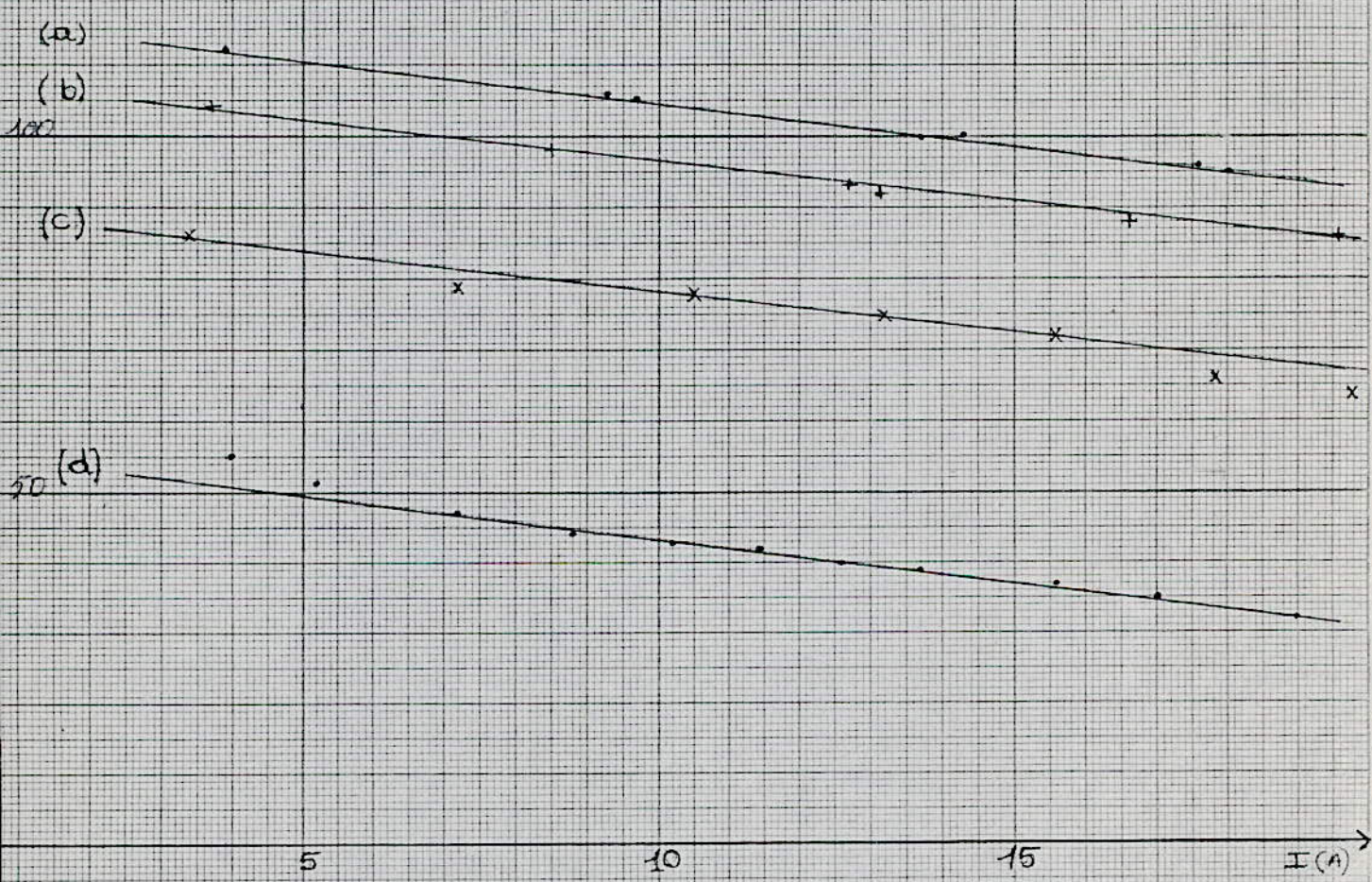
C. TABLEAU DE VALEURS POUR $\alpha = 60^\circ$

$I_{(A)}$	3	5,2	7,2	8,8	10,2	11,4	12,6	13,6	15,6	17	19
$U_{(V)}$	55	51	47	44	43	42	40	39	37	35	32
$N_{(Tr/mn)}$	930	835	768	718	668	635	601	585	534	450	418
$P_{(W)}$	150	250	400	520	590	640	670	820	930	970	1150
$Q_{(VAR)}$	225	416	572	728	849	970	1057	1161	1300	1500	1680

D. TABLEAU DE VALEURS POUR $\alpha = 75^\circ$

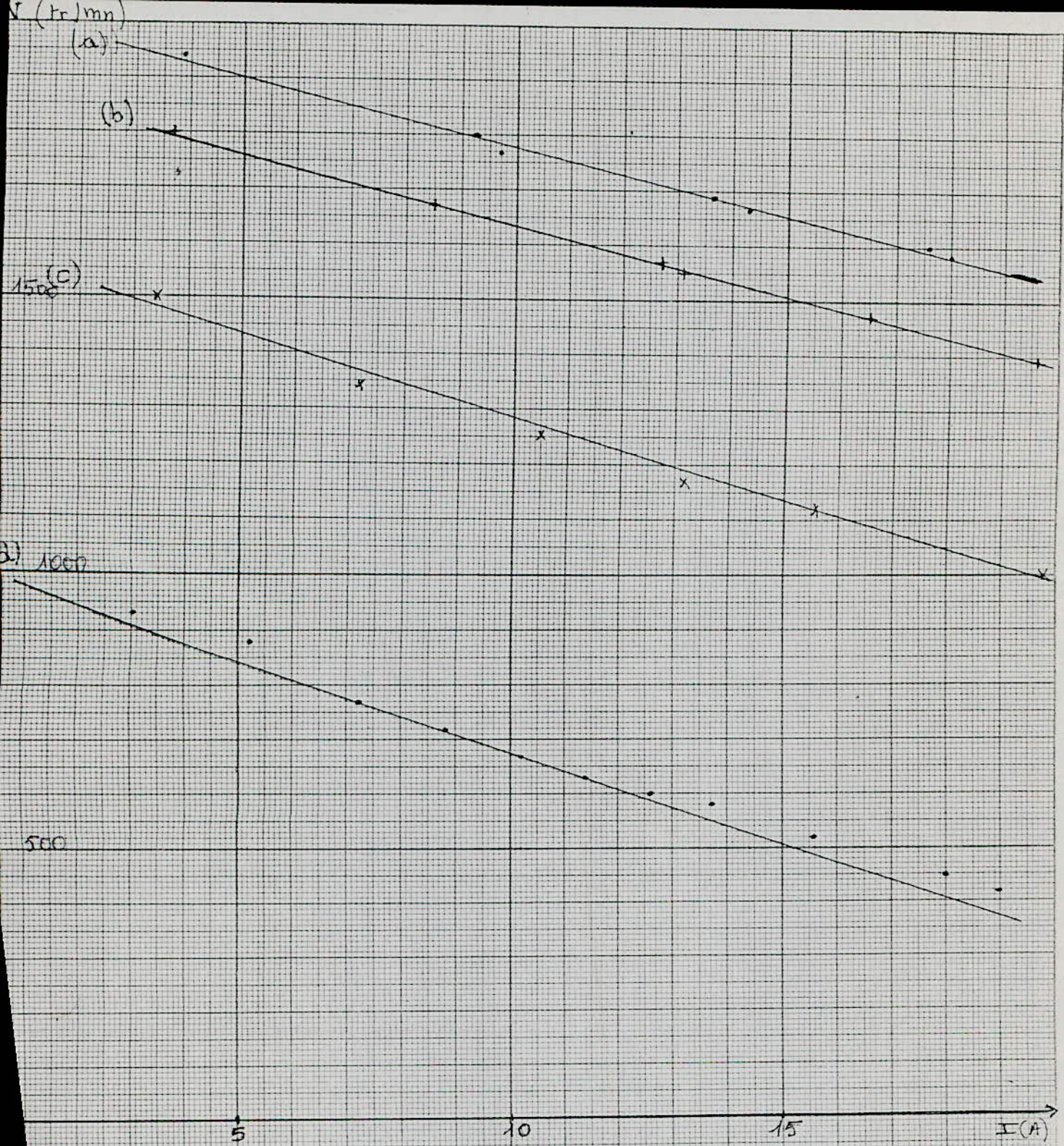
$u(v)$

150



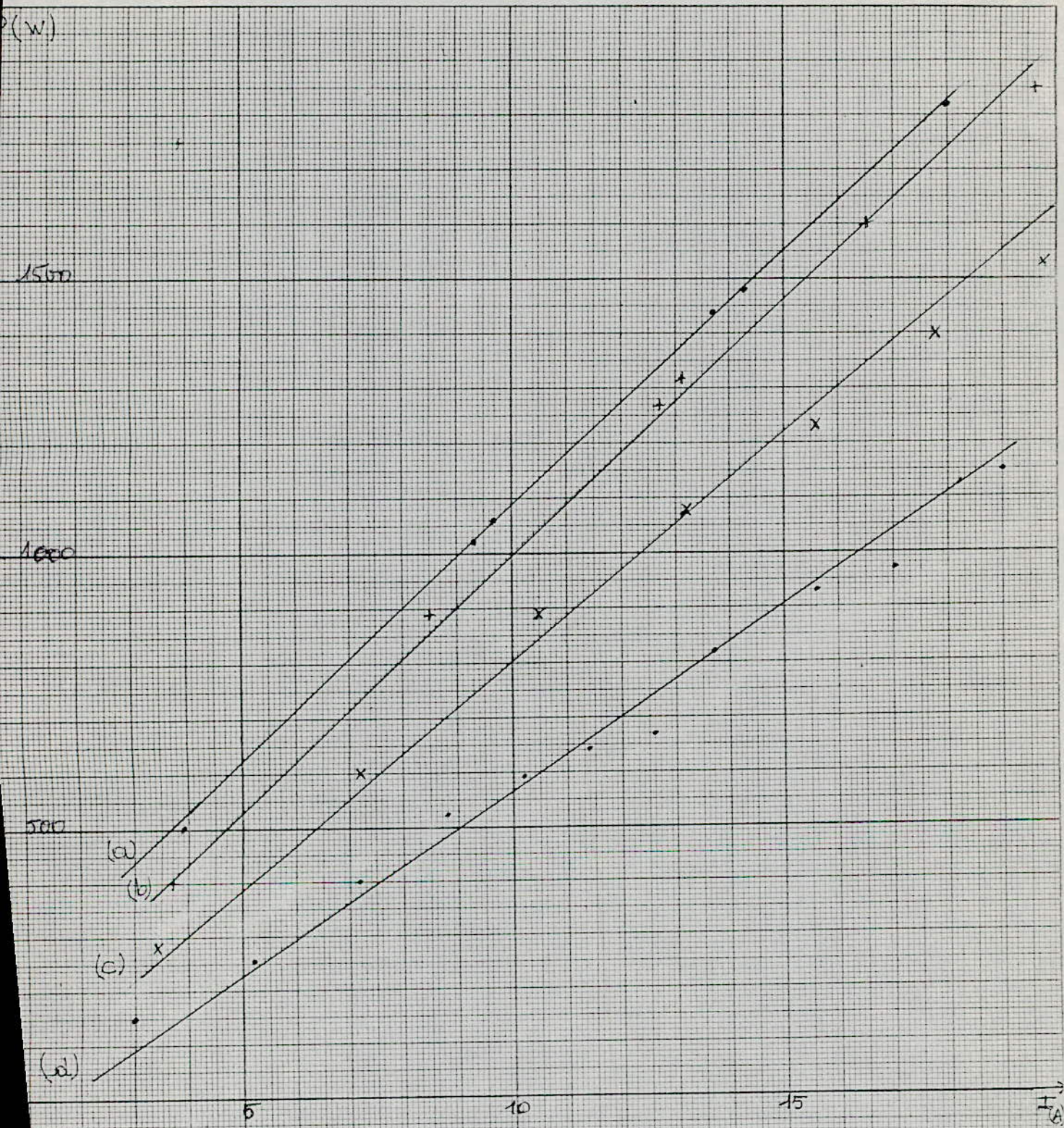
- a - caractéristique $u=f(I)$ pour $\alpha = 30^\circ$
- b - " " pour $\alpha = 45^\circ$
- c - " " pour $\alpha = 60^\circ$
- d - " " pour $\alpha = 75^\circ$

FIG. N° 3



- a. Caractéristique $N=f(I)$ pour $\alpha = 30^\circ$
- b. " " " pour $\alpha = 45^\circ$
- c. " " " pour $\alpha = 60^\circ$
- d. " " " pour $\alpha = 75^\circ$

FIG. N° 4



a - Caractéristique $P = \frac{P}{I(I)}$ pour $\alpha = 30^\circ$
 b - " " " " $\alpha = 45^\circ$
 c - " " " " $\alpha = 60^\circ$
 d - " " " " $\alpha = 75^\circ$

FIG. N° 5

Q (VAR)

1500

1000

500

(d)

(c)

(b)

(a)

5

10

15

I (A)

- a. Caractéristique $Q = f(I)$ pour $\alpha = 30^\circ$
- b. " " " $\alpha = 45^\circ$
- c. " " " $\alpha = 60^\circ$
- d. " " " $\alpha = 75^\circ$

FIG. N° 6

I. 2. 2. - Interpretation

Caractéristique $U = f(I)$

1) Pour un même angle α d'amorçage, la tension redressée moyenne en charge est plus faible qu'à vide; cette chute de tension est due :

- à une chute de tension ΔU_L dans les inductances du transformateur d'alimentation lors et hors de la commutation.

- à une chute de tension dans les résistances du circuit primaire ΔU_R

- à une chute de tension directe dans les thyristors ΔU_d égale à 1 v (par thyristor).

Ainsi, la tension redressée en charge U_c' est égale à celle à vide diminuée des trois chutes de tension.

2) Les caractéristiques $U = f(I)$ sont presque parallèles, ceci s'explique par le fait que la chute de tension totale.

$\Delta U = U_{co} \cos \alpha - U_c'$ est constante pour un même courant.

Caractéristique de vitesse $N = f(I)$ pour $i_{ex} = \text{const.}$

selon l'équation de la F.E.M. d'un moteur compensé

$$U = E + R_a I = C_e n \Phi + R_a I$$

d'où
$$n = \frac{U - R_a I}{C_e \Phi}$$

La caractéristique $N = f(I)$ est tombante à cause de la chute de tension $R_a I$.

Plus on augmente α , plus les caractéristiques s'abaissent. ceci est dû au fait que l'augmentation de l'angle diminue la tension U .

Caractéristique de Puissance Active $P = f(I)$

L'équation de la puissance P s'écrit :

$$P = U I \cos \alpha$$

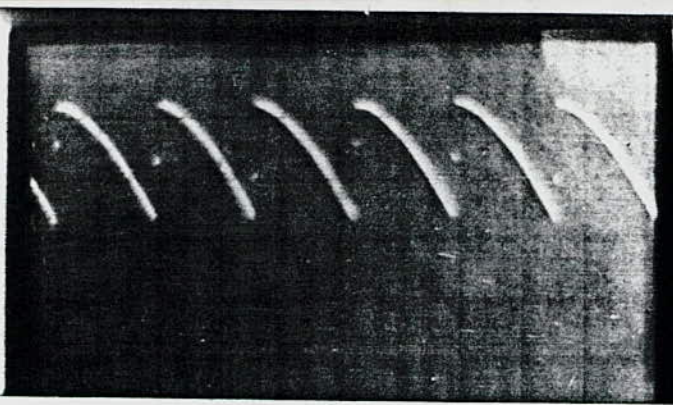
Pour un même angle α donc un même $\cos \alpha$ et une tension relativement constante, P se trouve directement proportionnelle à I , ce qui explique la linéarité de la caractéristique $P = f(I)$.

Pour α variant de 30° à 75° $\cos \alpha$ diminue, donc les courbes $P = f(I)$ sont respectivement décroissantes.

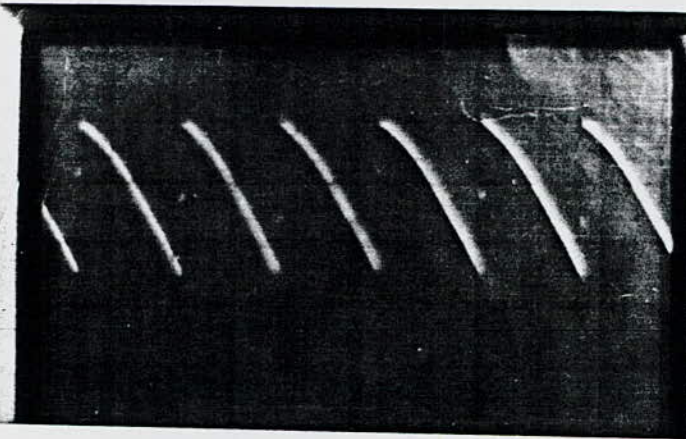
Caractéristique $Q = f(I)$

$$Q = UI \sin \alpha$$

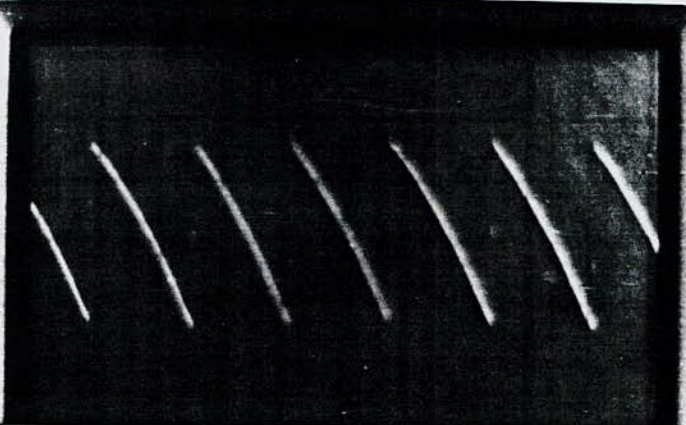
Plus α augmente plus $\sin \alpha$ augmente d'où la superposition des droites $Q = f(I)$



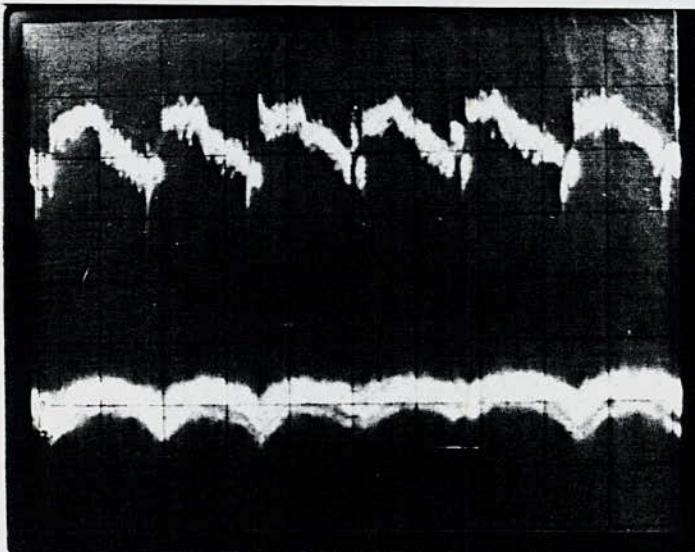
Tension redressée
Pour $\alpha = 30^\circ$



Tension redressée
Pour $\alpha = 45^\circ$



Tension redressée
Pour $\alpha = 60^\circ$



- Tension aux bornes
du moteur

- Courant dans l'induit
du moteur

Deuxième Chapitre

LA COMMANDE A LOGIQUE D'INVERSION

OU DE BASCULEMENT

II. - 1. La commande réversible à logique de basculement

Le montage à logique de basculement est un montage sans courant de circulation; ainsi on bloquera le pont inutilisé pendant que l'autre conduit, ce blocage étant réalisé par la suppression des impulsions de commande des thyristors du pont correspondant.

Le passage d'un groupe à l'autre est régi par les conditions suivantes :

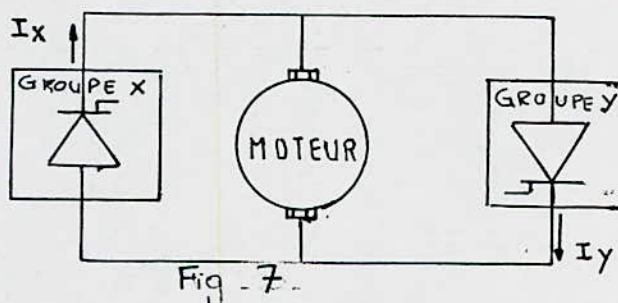
- Les deux groupes ne doivent jamais fonctionner en même temps.
- Il faut retarder le déblocage d'un groupe par rapport au blocage de l'autre.

C'est à dire qu'il faut attendre le désamorçage total des thyristors conducteurs avant d'amorcer les thyristors de l'autre pont.

- L'ordre de basculement est donné à partir d'un signal de référence (tension de consigne).

II - 2. C O N C E P T I O N

Le convertisseur réversible est réalisé par deux groupes convertisseurs unidirectionnels montés en tête bêche aux bornes du moteur (voir figure (77))



Ce type de montage est destiné à alimenter le moteur à courant continu fonctionnant dans les deux sens de rotation.

Son freinage est assuré par le changement de la polarité de la tension aux bornes de l'enroulement d'induit du moteur en marche (freinage par contre courant).

Soient les variables suivantes :

I_c : Tension de consigne, prioritaire car elle correspond au déblocage de l'un ou de l'autre groupe.

$I_c = 0$ signifie que la référence de courant correspond au groupe X.

$I_c=1$ signifie que la référence de courant correspond au groupe Y

$I_x=1$ signal de présence de courant pour le groupe X

$I_y=1$ Signal de présence de courant pour le groupe Y

$G_1=1$ Correspond à l'existence d'impulsions d'amorçage sur le groupe X.

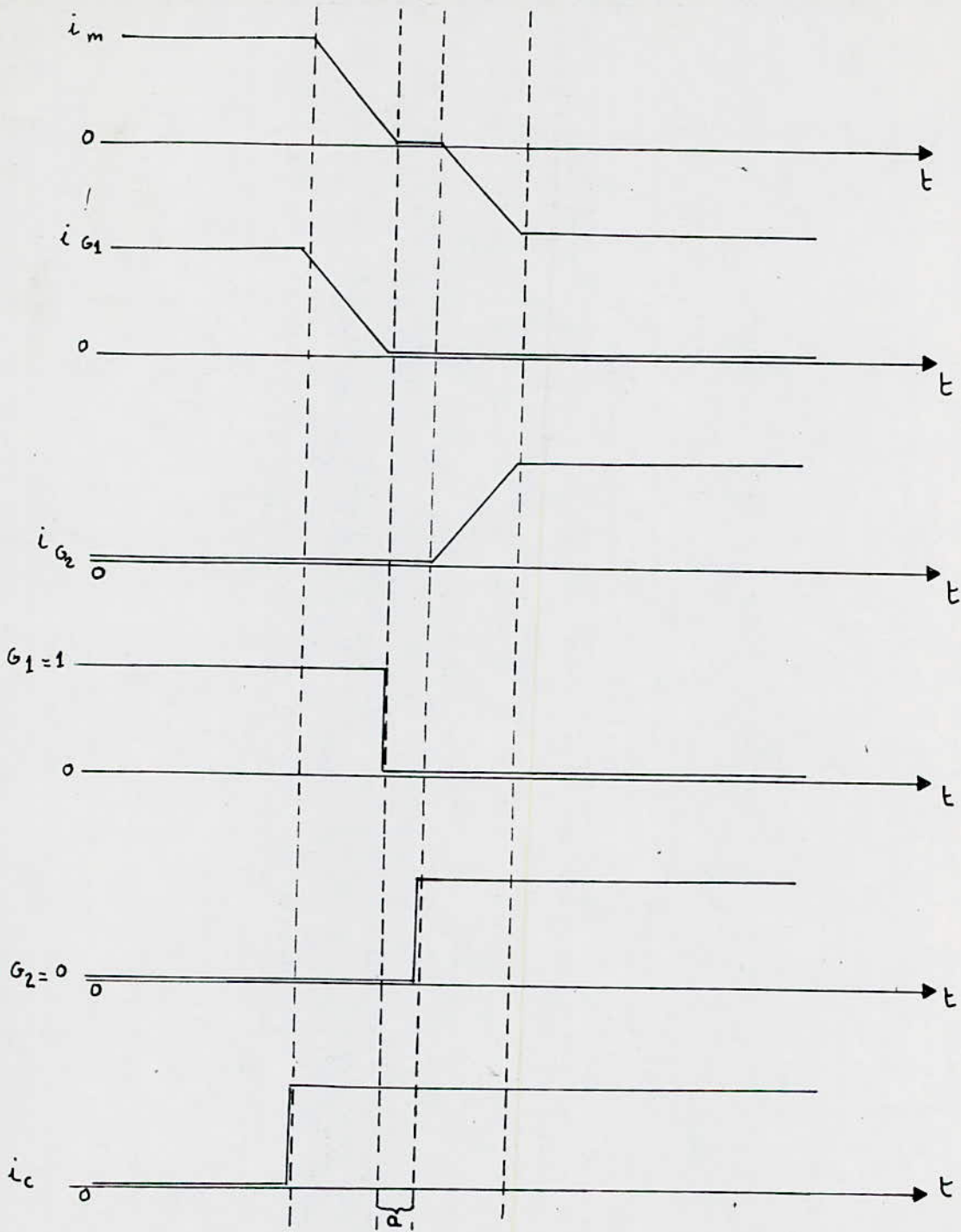
$G_2=1$ Correspond à l'existence d'impulsions d'amorçage sur le groupe Y.

Table de vérité :

cas	1	2	3	4	5	6	7	8
I_x	0	1	0	0	1	1	0	1
I_y	0	0	1	0	1	0	1	1
I_c	0	0	0	1	0	1	1	1
G_1	1	1	0	0	0	1	0	0
G_2	0	0	1	1	0	0	1	0

- Les cas 5 et 8 correspondent à un court-circuit, il faut donc supprimer les impulsions dans les deux ponts.
- Si la référence est donnée pour un pont et que c'est l'autre qui conduit, il faut supprimer les impulsions de ce dernier et les fournir à l'autre (cas 3 et 6).

Les tableaux de Karnaugh donnent les expressions de G_1 et G_2 en fonction des variables I_x , I_y et I_c .



i_c courant de reference
 i_m courant moteur
 i_{G1}, i_{G2} courant groupe convertisseur direct, inverse
 i_1, i_2 signal courant
 G_1, G_2 blocage courant
 a retard de deblocage

Fig 8. DIAGRAMME DE FONCTIONNEMENT DE LA LOGIQUE D'INVERSION

$I_C \backslash I_x I_y$	0 0	0 1	1 1	1 0
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1

TABLEAU DE KARNAUGHT DONNANT L'EXPRESSION DE G_1

$$G_1 = \bar{I}_y (I_x + \bar{I}_C)$$

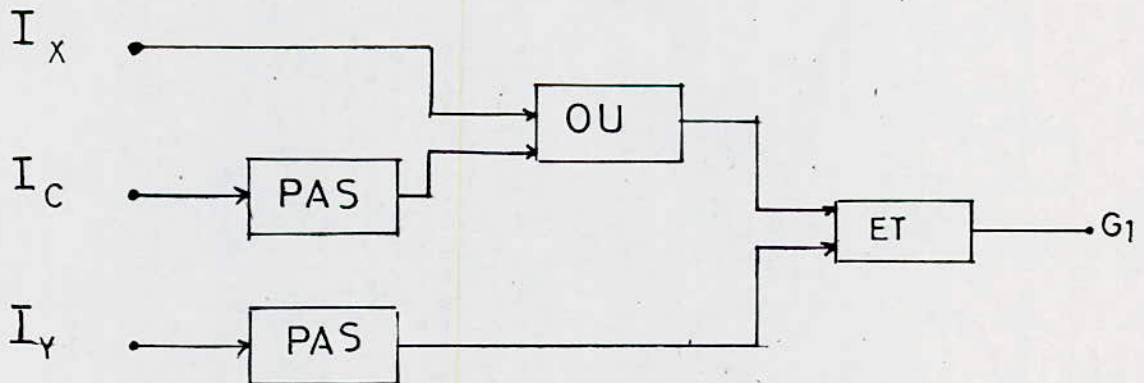


Figure N° 9 Schema logique

$I_c \backslash \begin{matrix} I_x & I_y \end{matrix}$	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	1	1	0	0

TABLEAU DE KARNAUGHT REALISANT
LA FONCTION G_2

$$G_2 = \bar{I}_x (I_y + I_c)$$

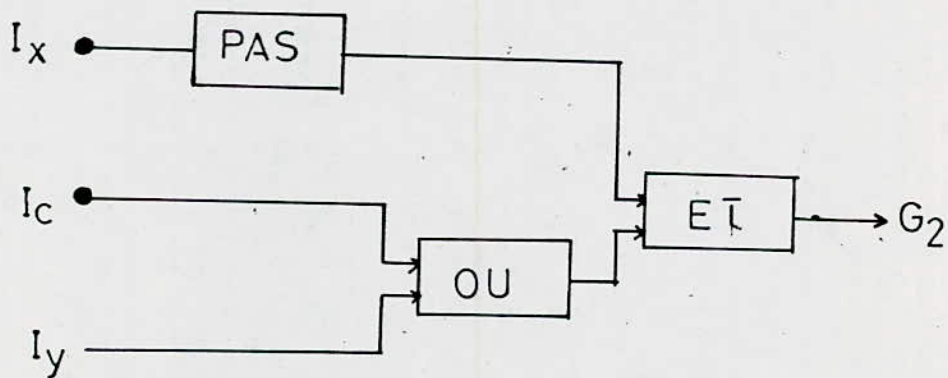


FIG. N°10 - SCHEMA LOGIQUE

II. - 3. R E A L I S A T I O N

II. - 3. 1. L'Image du courant :

Pour avoir l'image du courant, deux transformateurs d'intensité placés sur deux phases du côté alternatif suffisent, car le but est seulement d'avoir l'information de la présence du courant pendant toute une période de la tension d'alimentation voir figure. 11

Les transformateurs d'intensité rendent possible une séparation galvanique entre le circuit de commande et le circuit de puissance.

Les résistances mises au secondaire de chaque transformateur d'intensité convertissent l'image du courant en une tension.

Un redressement double voies à point milieu redresse la tension, laquelle est filtrée par un circuit RC

On obtient ainsi une tension continue de 500 mv pour un courant de 20 A.

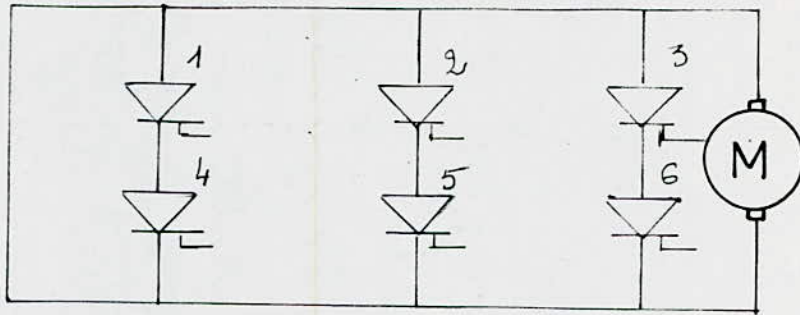


FIG. N° 11 : Pont de Graëtz triphasé Alimentant un moteur

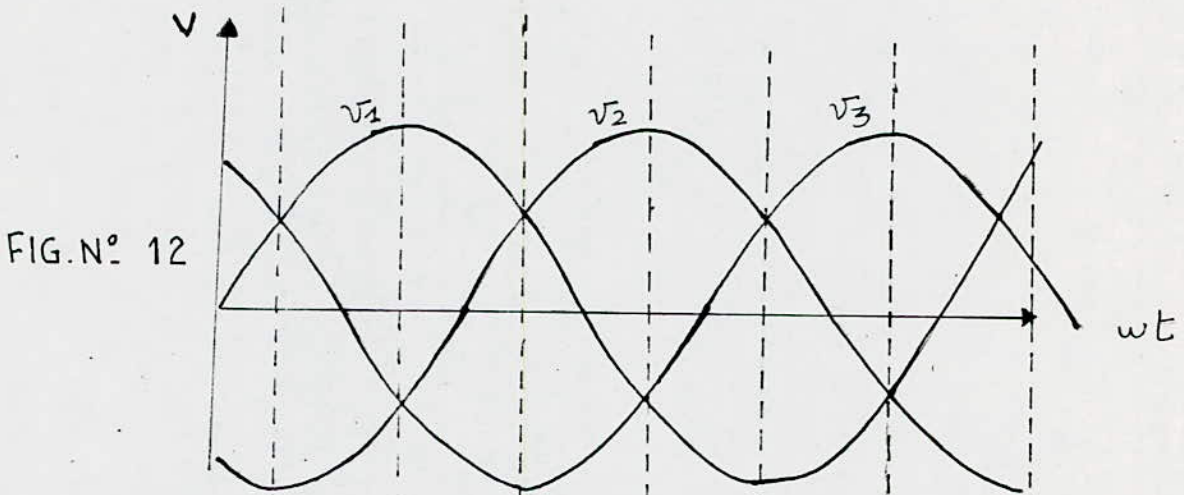


FIG. N° 12

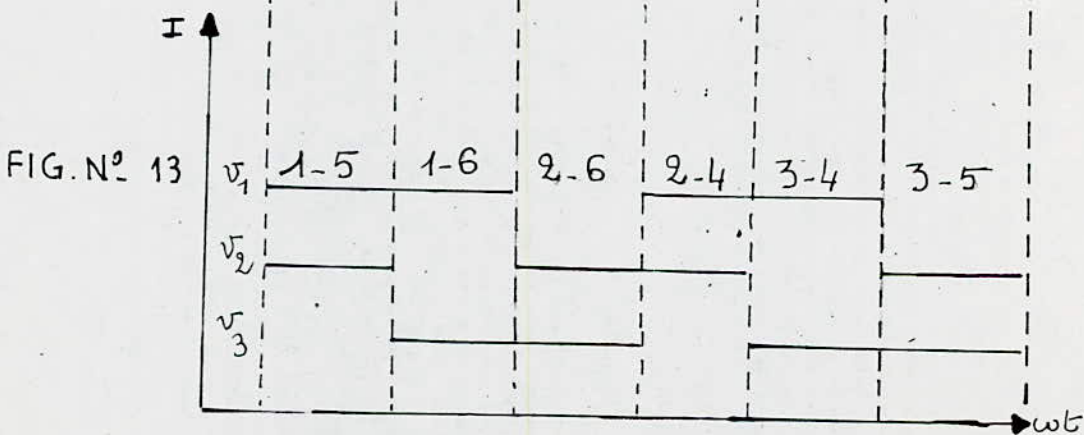


FIG. N° 13

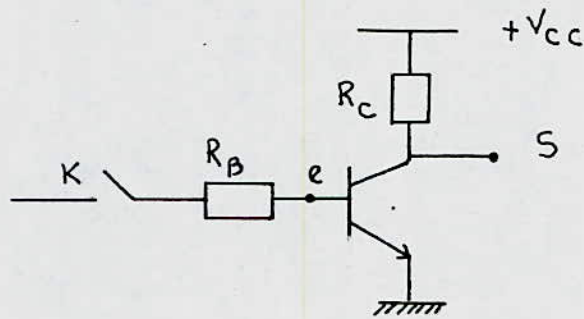
FIG. N° 12 : Tension d'alimentation

FIG. N° 13 : Conduction des thyristors

Un amplificateur opérationnel amplifie cette tension à 4 V rendue positive à l'aide d'un inverseur.

Le signal de sortie de l'inverseur attaque la base d'un premier transistor T_1 en commutation (du type 2N2219) à travers une résistance R .

Principe de fonctionnement d'un transistor en commutation



K ouvert \rightarrow e au niveau 0
K fermé \rightarrow e au niveau 1

Donc

Lorsque e est au niveau 0, V_{BE} est nulle ce qui porte S au potentiel positif $+V_{CC}$ valant 1 logique, dans ce cas on dira que le transistor est bloqué.

Quant on ferme K, par conséquent e au niveau logique 1 le transistor se sature et S sera à la masse niveau logique 0.

Le collecteur du transistor T₁ attaque la base d'un deuxième transistor T₂ du même type, quand T₁ est bloqué T₂ sera saturé et vice-versa. (voir figure 14)

II-3.2 Le signal de référence :

C'est la tension de commande variable délivrée par un potentiomètre, voir figure. 15.

Elle est variable entre -2,4 et +2,4 Volts.

Un amplificateur opérationnel amplifie cette tension à 10 V (tension de saturation de l'ampli-opérationnel)

Deux transistors du type (2N2219) montés de la même manière que pour le courant nous permettent d'avoir les niveau 1 et 0 correspondant à la marche ou à l'arrêt des ponts.

- 30 -

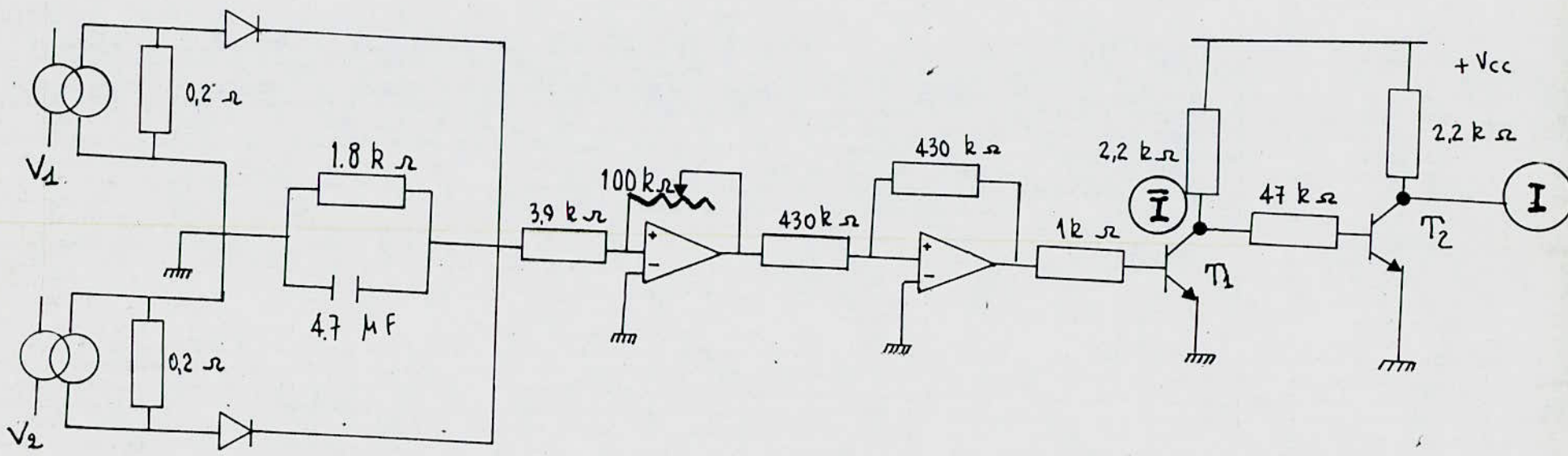


FIG: 15 REALISATION DES NIVEAUX LOGIQUES HAUT ET BAS DU COURANT

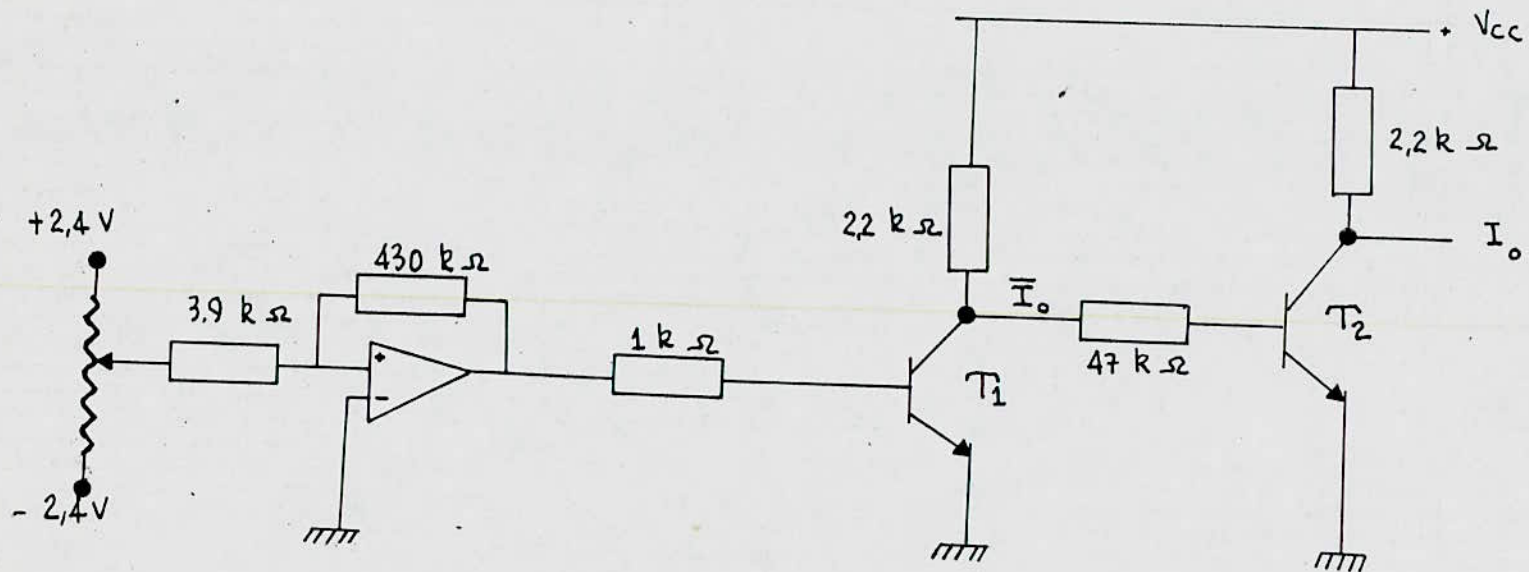
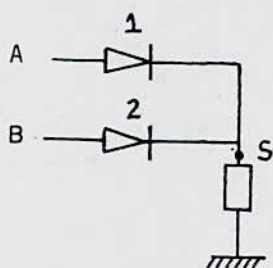


FIG:14 SIGNAL DE REFERENCE

II.3.3- Le circuit logique

Les sorties \bar{I} et I des transistors T_1 et T_2 sont les entrées des portes logiques voir figures (14. et 15.)
Ces portes logiques sont réalisées à l'aide de circuits à diodes en commutation dont le principe de fonctionnement est expliqué par deux exemples :
celui de la porte OU et ET

La porte OU

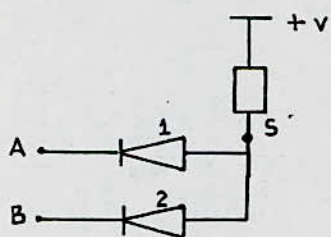


A	B	S
0	1	1
0	0	0
1	0	1
1	1	1

Lorsque la tension aux bornes de la diode 1 est positive et la tension aux bornes de la diode 2 est nulle c'est à dire entrée A valant logique 1 et B logique 0, un courant passe à travers la résistance, donc S vaut un niveau logique 1.

Il est aisé de déduire le niveau de S pour d'autres combinaisons des entrées A et B d'où le tableau de vérité ci-dessus qui montre que ce câblage de diodes réalise une opération d'addition c'est à dire la fonction OU.

La porte ET



A	B	S
0	1	0
0	0	0
1	0	0
1	1	1

Si l'une des entrées est au niveau logique 0, ce qui signifie qu'une des deux diodes conduit, la sortie sera au niveau 0 (tension nulle).

Si les deux entrées sont au niveau logique 1 c'est à dire les deux diodes sont bloquées la sortie est portée au niveau 1 c'est à dire potentiel (+V)

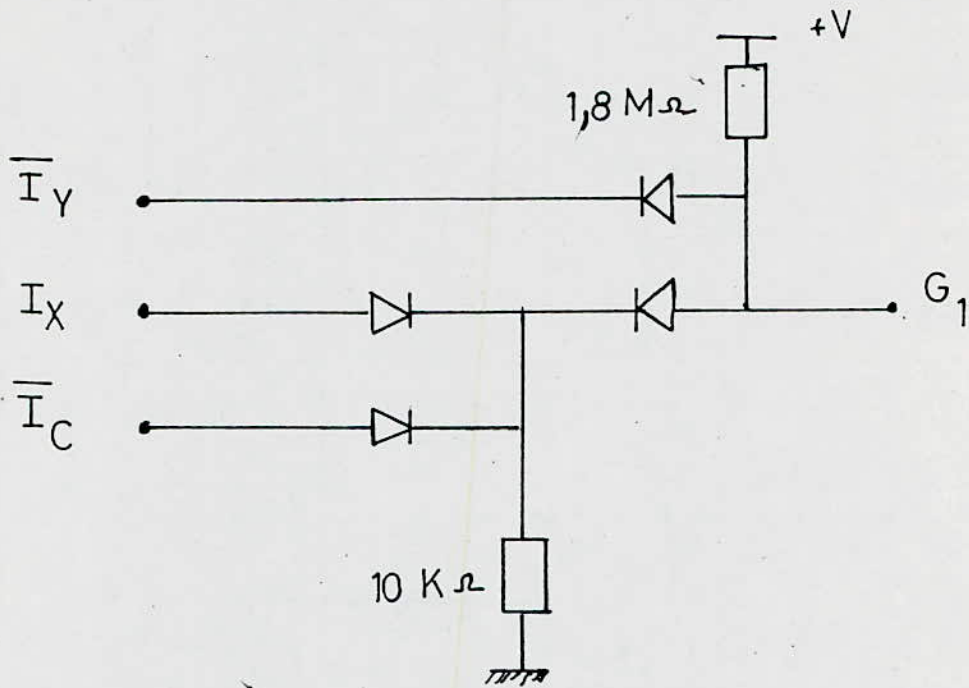


Fig.14. Circuit logique réalisant la fonction G_1

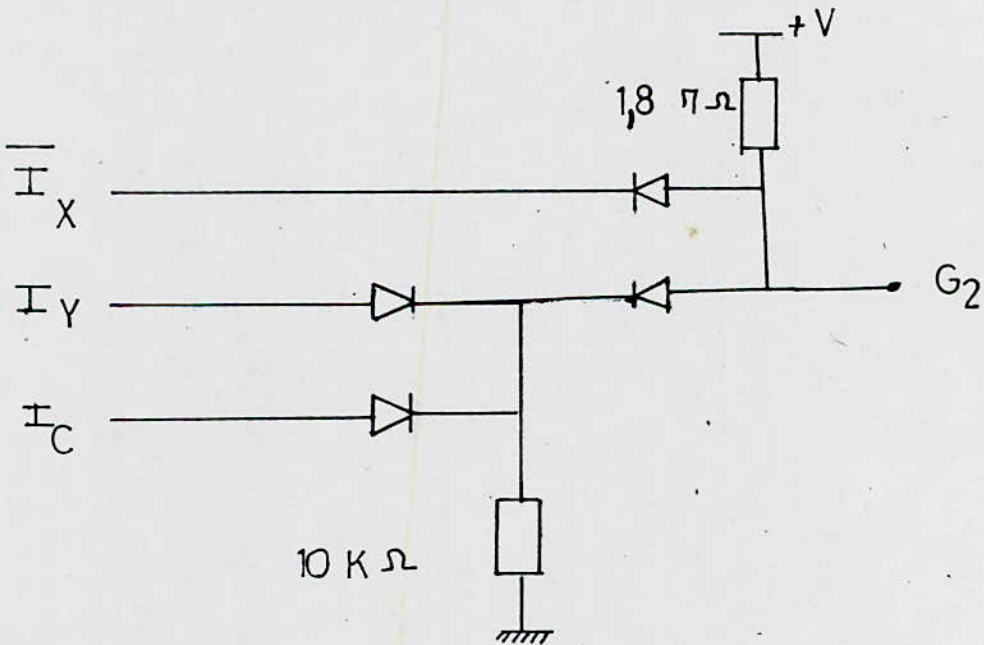


Fig N°_15. Circuit logique réalisant la fonction G_2

Les niveaux hauts de G_1 et G_2 ne sont pas identiques car les éléments utilisés n'ont pas exactement les mêmes caractéristiques.

Pour avoir des niveaux hauts exacts pour tous les cas, on utilise un comparateur à + 5V. Quand G_1 ou G_2 se trouve au niveau 1, on aura à la sortie exactement -10V (tension de saturation de l'amplificateur opérationnel).

Un potentiomètre placé en sortie diminue cette tension (10 V) à 5 V tension suffisante pour commuter le transistor T. (voir figure 15)

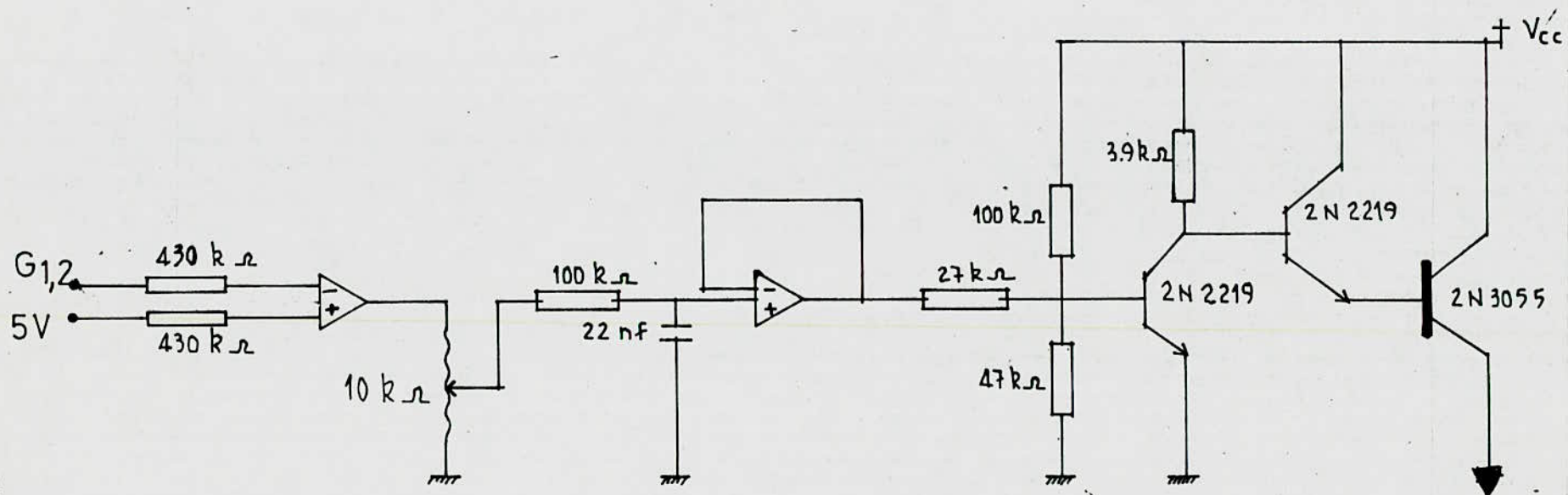
On débloque les thyristors en agissant sur l'amplificateur de courant à travers un transistor ballast T de puissance (du type 2 N 3055), une cellule RC permet de temporiser sa saturation.

Un amplificateur opérationnel monté en suiveur évite l'interaction entre la tension délivrée par le temporisateur et la tension d'alimentation de l'amplificateur.

Le transistor ballast ayant un gain petit, son courant de base est grand, pour le diminuer, un montage Derlington permettra d'augmenter le gain à $\beta = 2.10^5$.

En résumé

Quand G_1 vaut logique 1 le transistor est saturé, l'amplificateur de courant est alimenté il y a présence d'impulsions.



vers l'alimentation
 de l'amplificateur
 de courant

FIG. N° 15
 REALISATION DES NIVEAUX HAUT ET BAS DE G₁ ET G₂

II. 3.4. - La Temporisation

Après avoir reçu l'ordre de désamorçage des thyristors, le pont ne sera complètement arrêté qu'après 3,3 ms (temps de conduction maximum d'un thyristor).

Les thyristors de l'autre pont qui a reçu l'ordre en même temps que le premier, ne s'amorceront qu'au bout de 7 ms > 3,3 ms.

Troisième Chapitre

ESSAIS PRATIQUES

Le montage expérimental est représenté sur
la figure (16).

Les enregistrements des inversions de vitesse
et de courant sont représentés sur les figures
allant de 17 à 24.

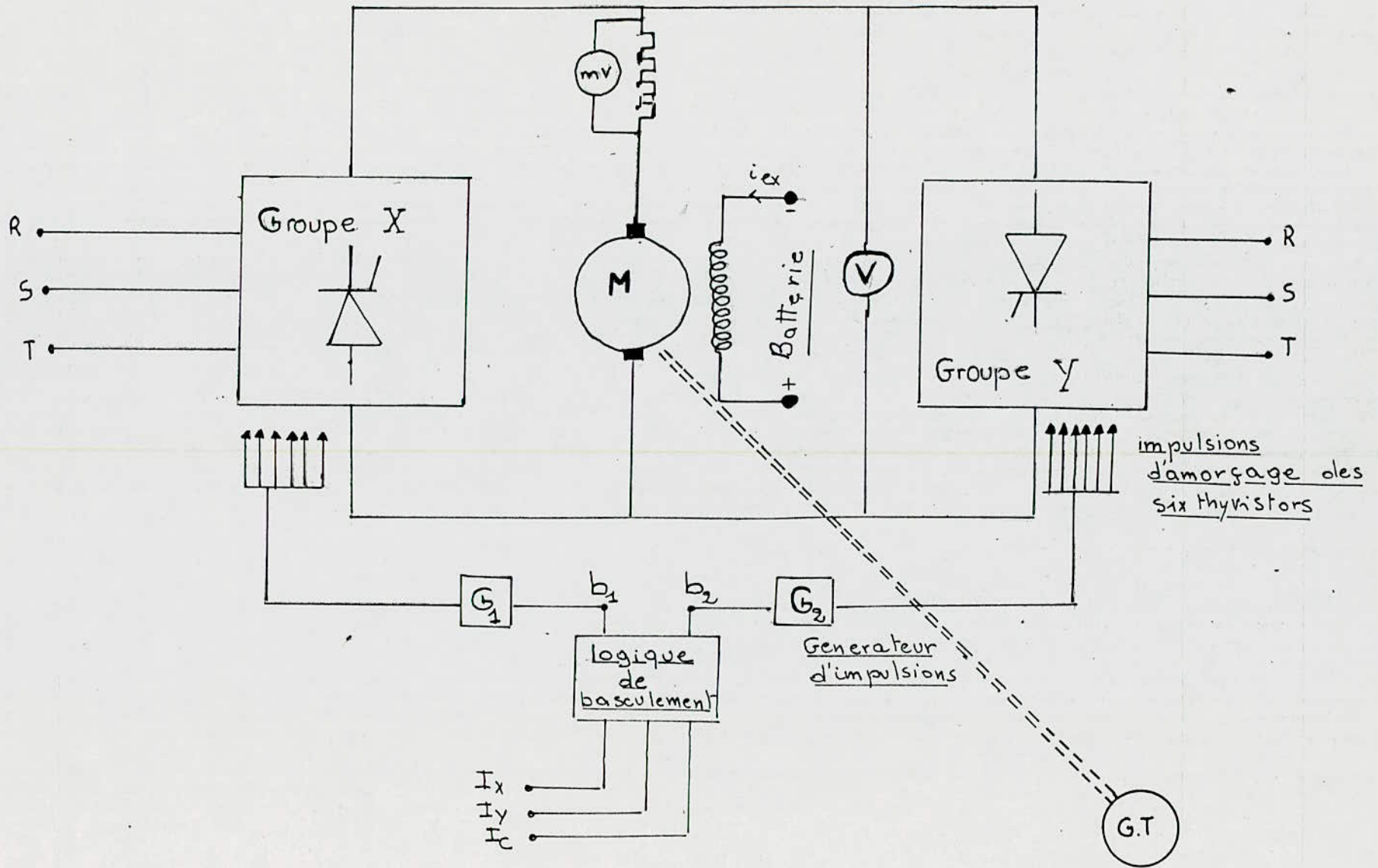


FIG: 16 Montage experimental

ESSAI	Δ VIDE	Δ 1/2 CHARGÉ	Δ PLEINE CHARGE
I_c (A)	109	105	99
I (A)	4	9,6	19,2
$T_{0.I}$ (ms)	10	20	80
N_0 (tr/mn)	2000	1850	1633
$\bar{T}_{inv.I}$ (ms)	120	150	300
I_{inv} (A)	4	9,6	19,2
$T_{0.N}$ (ms)	500	400	350
N (tr/mn)	1933	1783	1542
$\bar{T}_{inv.N}$ (ms)	700	650	550
N_{inv} (tr/mn)	1933	1783	1542

Inversion du courant et de la vitesse

Pour $\alpha = 30^\circ$

ESSAI	Δ VIDE	Δ 1/2 CHARGÉ	Δ PLEINE CHARGÉ
I_C' (A)	92	97	89
I (A)	3,8	9	19,4
T_{OI} (ms)	40	50	100
N_o (Tr/mn)	1850	1742	1475
$T_{inv.I}$ (ms)	150	200	250
I_{nv} (A)	3,8	9	19,4
$T_{O.N}$ (ms)	450	350	300
N (Tr/mn)	1800	1650	1425
$T_{inv.N}$ (ms)	600	500	340
N_{inv} (tr/mn)	1800	1650	1425

Inversion du courant et de la vitesse
pour $\alpha = 45^\circ$

ESSAI	Δ VIDE	Δ 1/2 CHARGÉ	Δ PLEINE CHARGÉ
I_c (A)	90	86	74
I (A)	3,6	9	20
$T_{0.I}$ (ms)	70	90	140
N_o (Tr/mn)	1592	1442	1167
$T_{inv.I}$ (ms)	250	270	300
I_{inv} (A)	3,6	9	20
$T_{0.N}$ (ms)	350	300	280
N (tr/mn)	1567	1442	1167
$T_{inv.N}$ (ms)	500	450	270
N_{inv} (tr/mn)	1567	1442	1167

Inversion du courant et de la vitesse

Pour $\alpha = 60^\circ$

ESSAI	Δ VIDE	Δ 1/2 CHARGE	Δ PLEINE CHARGE
I_c' (A)	67	60	50
I (A)	3,4	10,3	19,4
T_{OI} (ms)	90	110	150
N_o (tr/mn)	1250	1017	792
$\bar{T}_{inv.I}$ (A)	270	300	320
I_{inv} (A)	3,4	10,3	19,4
T_{ON} (ms)	330	290	250
N (tr/mn)	1317	1100	900
$\bar{T}_{inv.N}$ (ms)	450	400	250
N_{inv} (tr/mn)	1317	1100	900

Inversion du courant et de la vitesse

Pour $\alpha = 75^\circ$

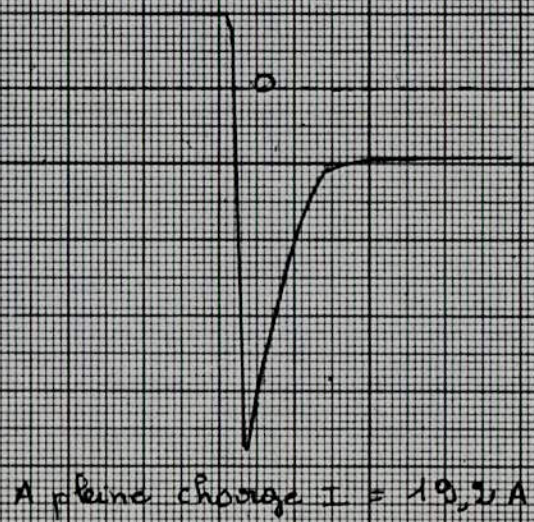
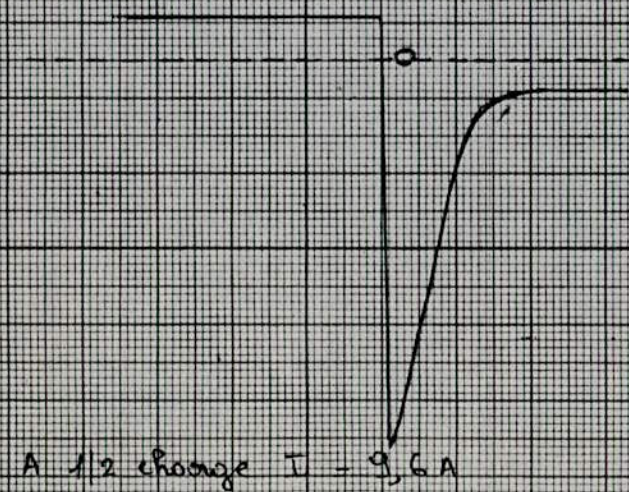
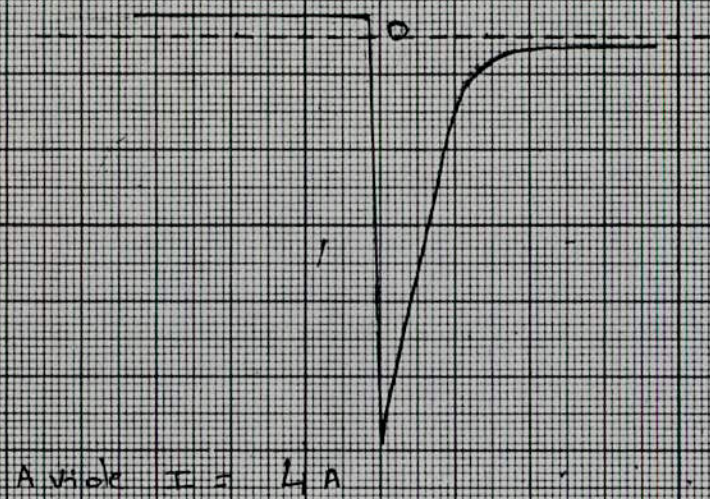


FIG N°17 INVERSION DU COURANT POUR $\alpha \approx 30^\circ$

-47-

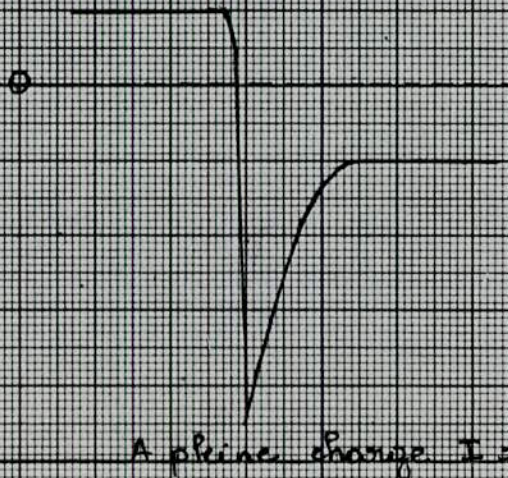
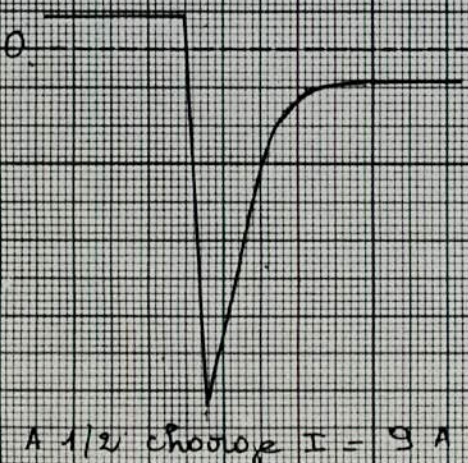
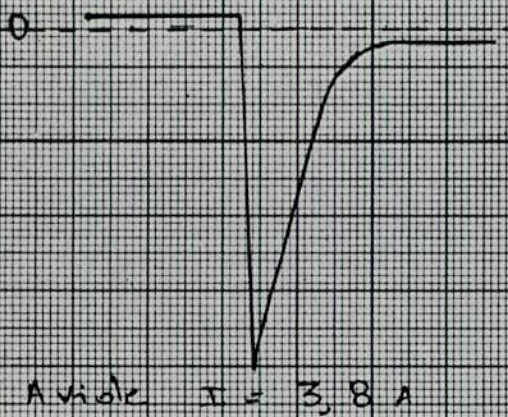
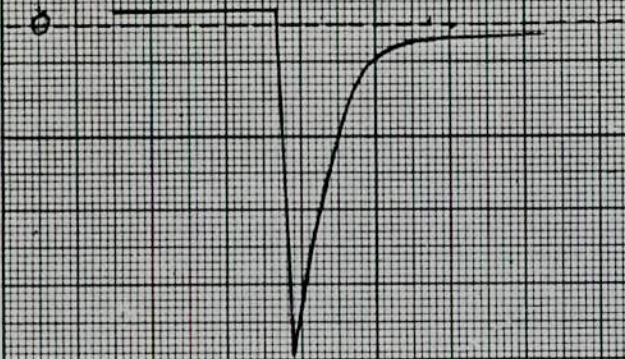
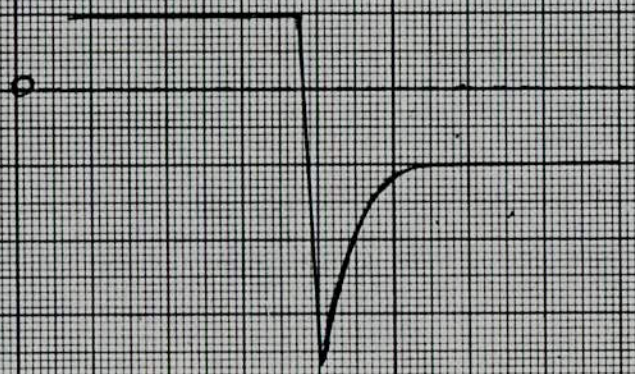


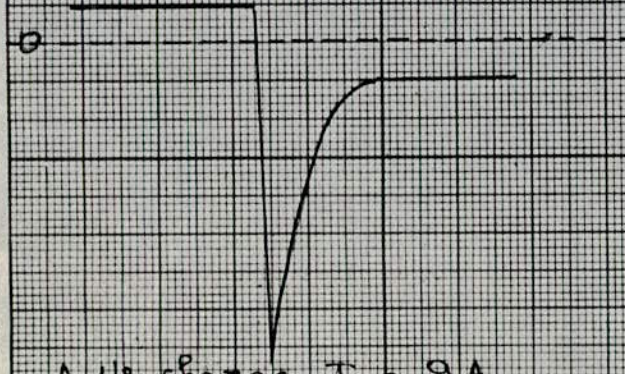
FIG. N° 18 INVERSION DU COURANT POUR $\alpha = 45^\circ$



A 1/2 charge $I = 9A$



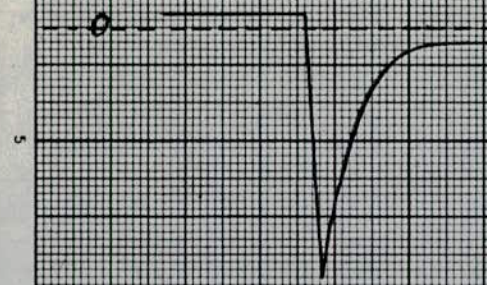
A pleine charge $I = 20A$



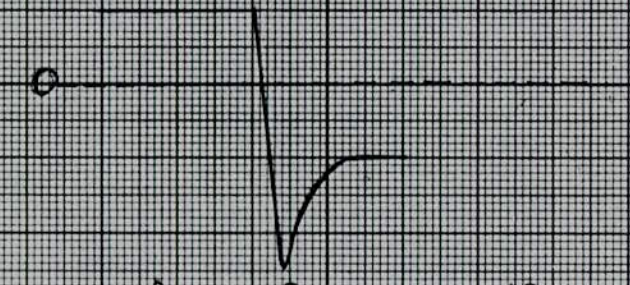
A 1/2 charge $I = 9A$

FIG. N° 19 INVERSION DU COURANT POUR $\alpha = 60^\circ$

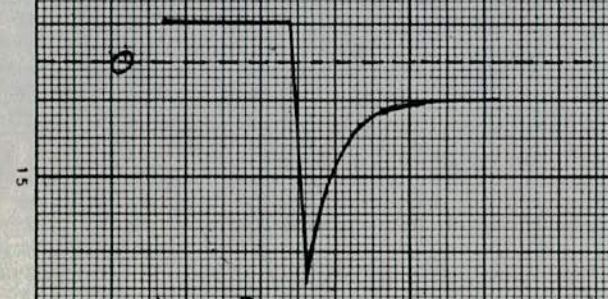
2
1.0
1.2
3.0



A vide $I = 3,4 A$

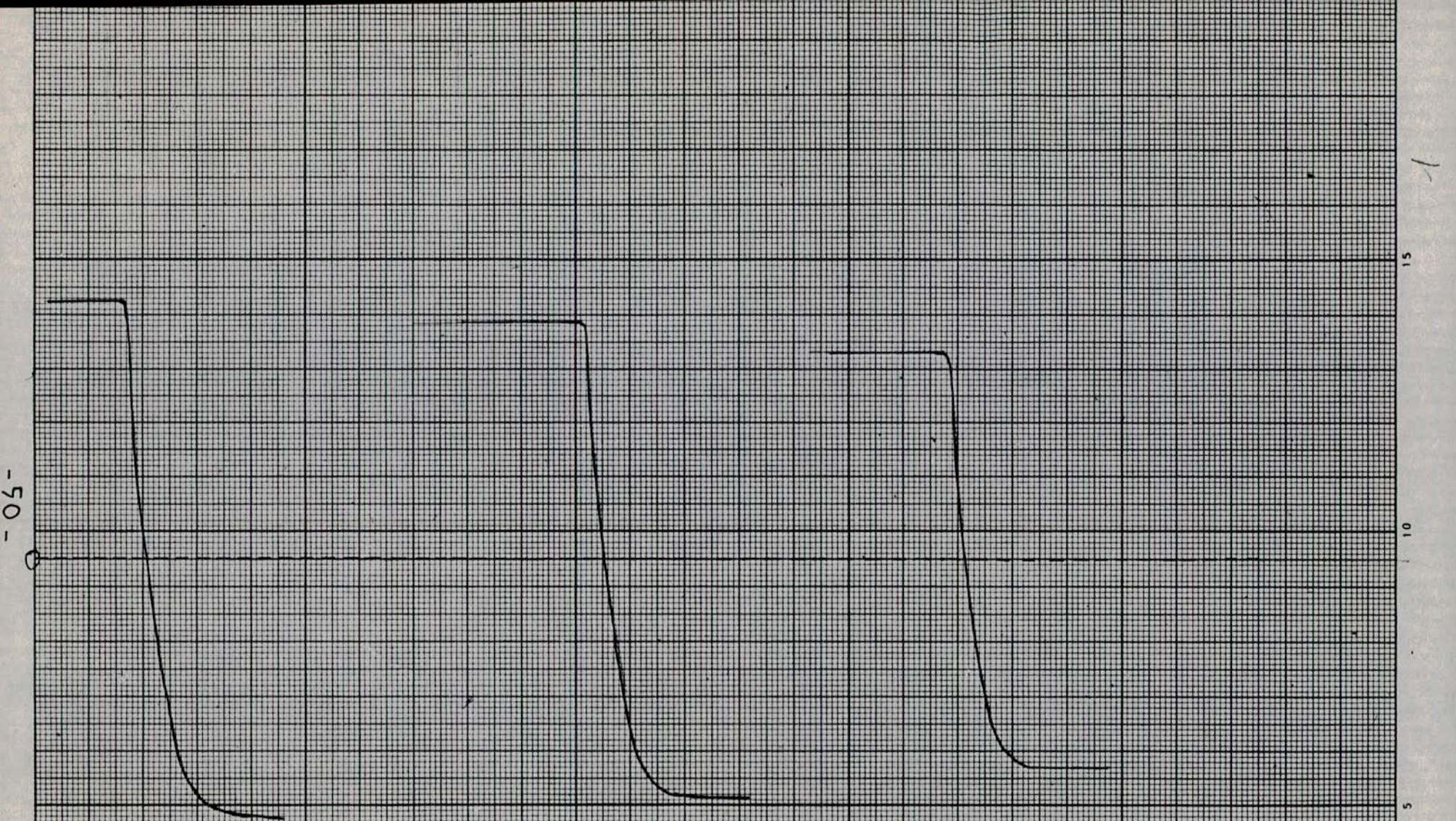


A pleine charge $I = 19,4 A$



A 1/2 charge $I = 10,3 A$

FIG. N° 20 INVERSION DU COURANT POUR $\alpha = 75^\circ$

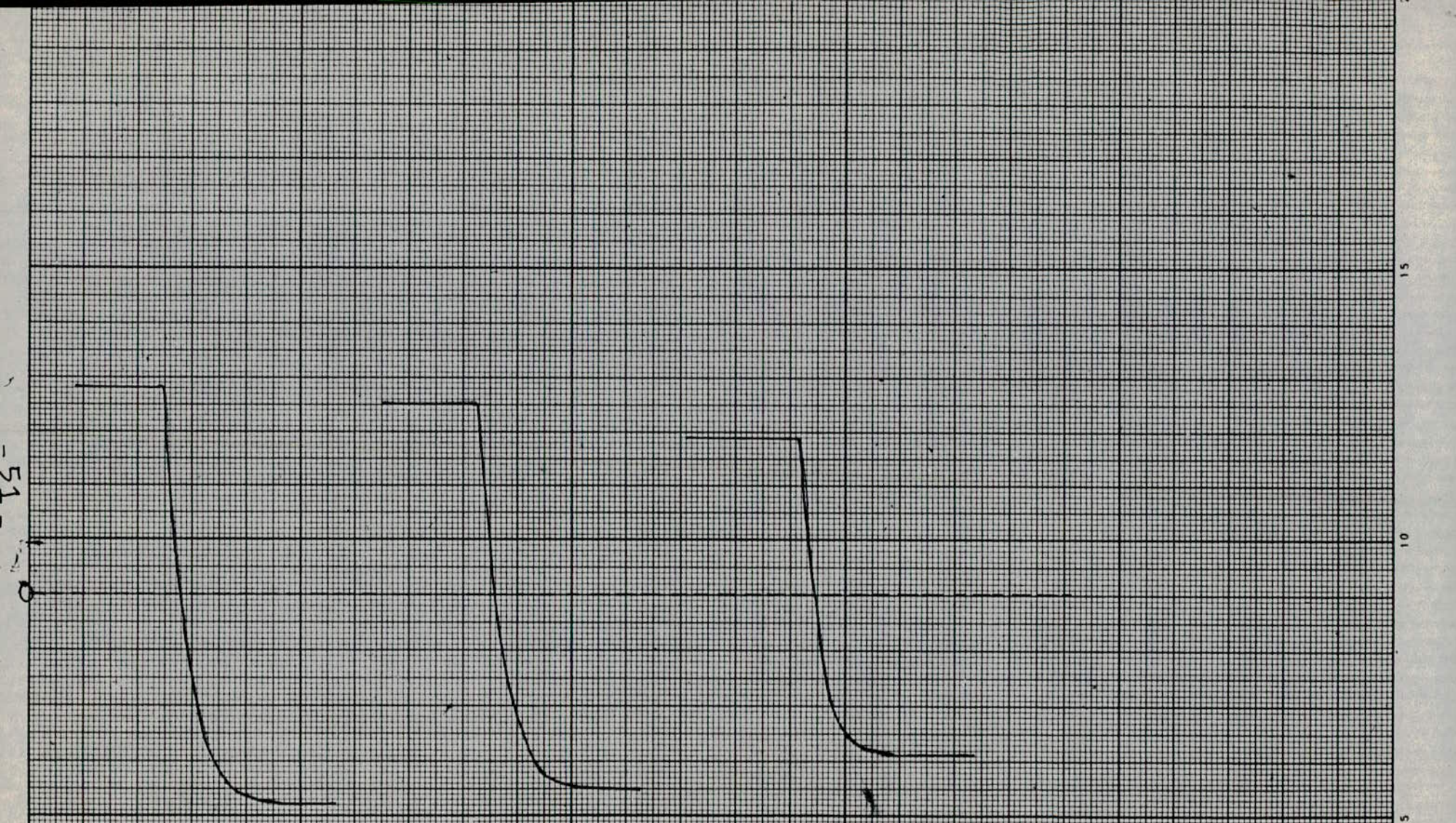


A vide $N = 1933$ tr/mn

A 1/2 charge $N = 1783$ tr/mn

A pleine charge $N = 1542$ tr/mn

FIG. N° 21 INVERSION DE LA VITESSE POUR $\alpha = 30^\circ$

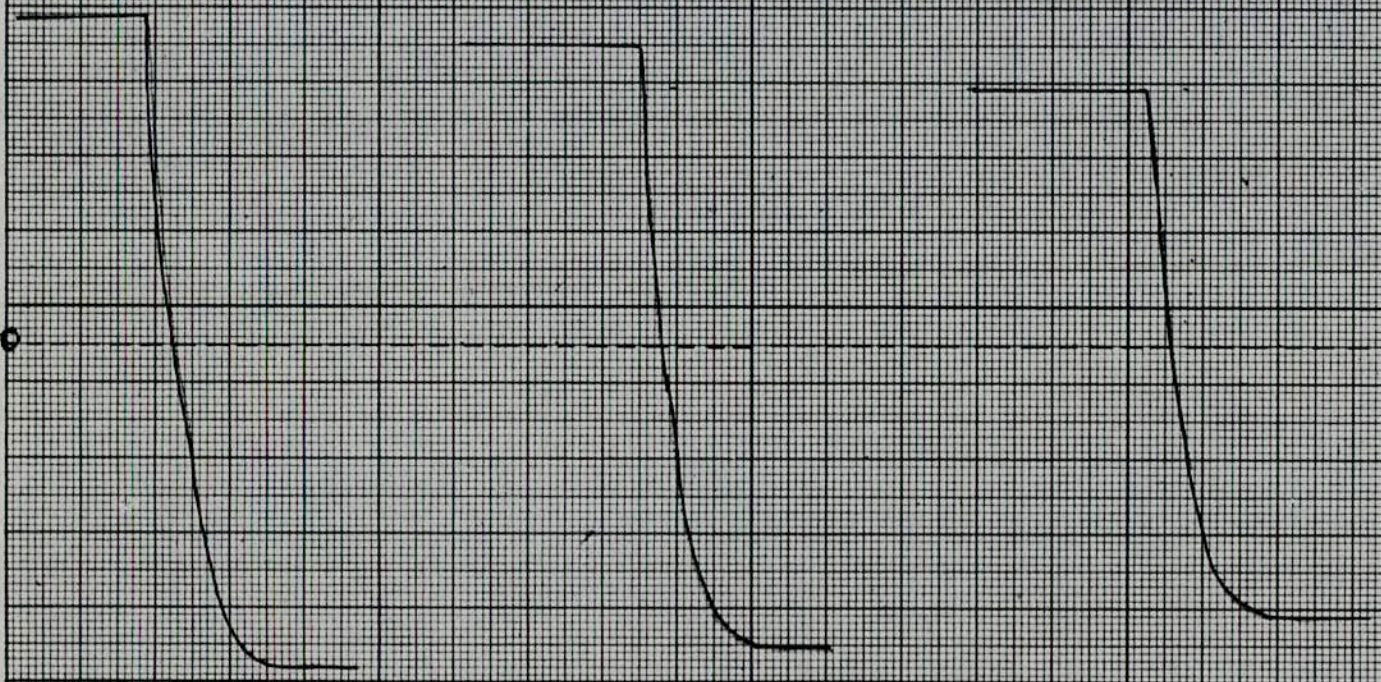


A vide $N = 1167$ tr/min A $1/2$ charge $N = 1442$ tr/min A pleine charge $N = 1167$

FIG. N° 22 INVERSION DE LA VITESSE POUR $\alpha = 60^\circ$

1
2
60°

-52-



A vide. $N = 1800$ tr/min A pleine charge $N = 1650$ tr/min A pleine charge $N = 1425$ tr/min

FIG. N° 23 INVERSION DE LA VITESSE POUR $\alpha = 45^\circ$

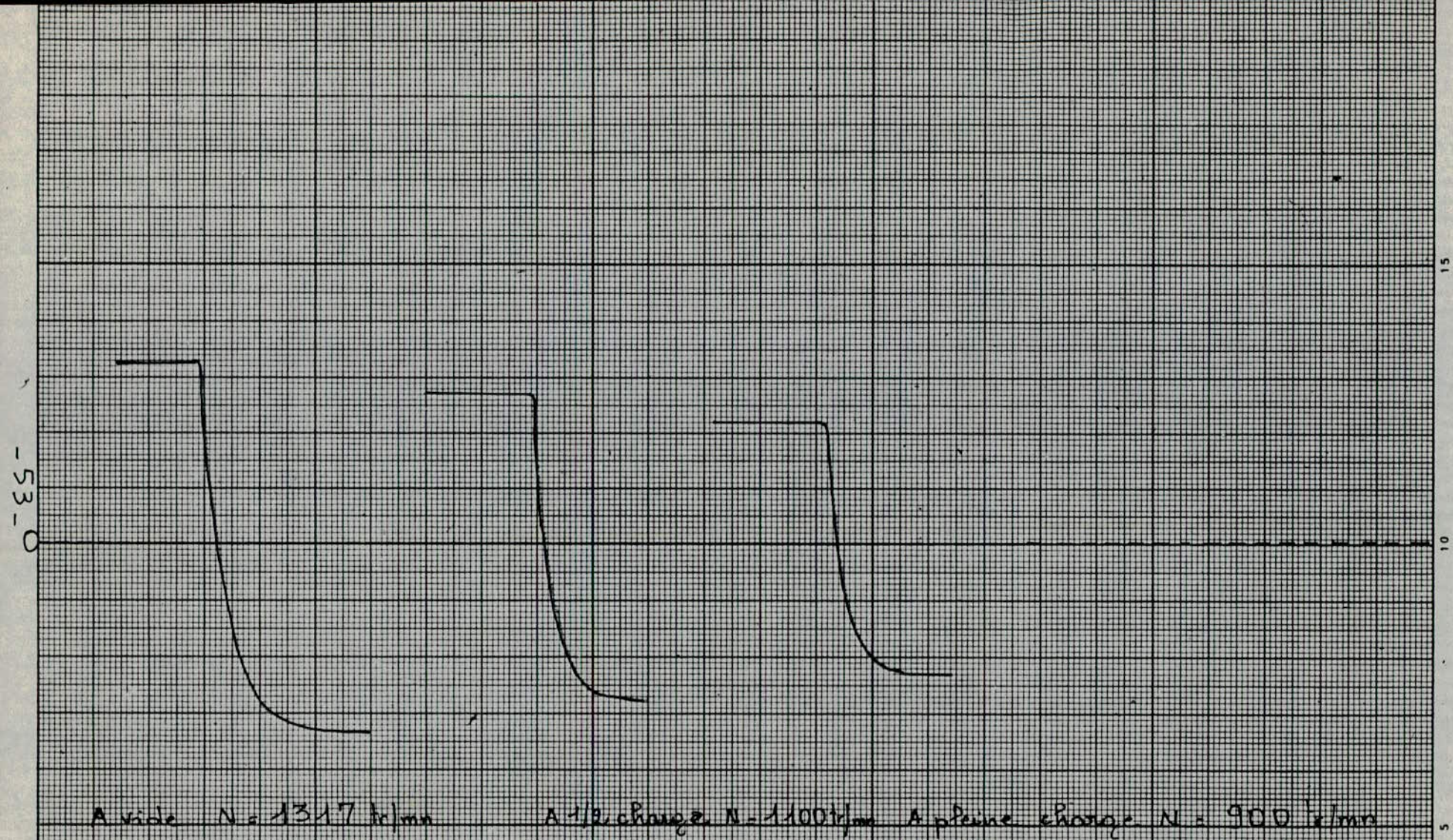


FIG. N° 24 INVERSION DE LA VITESSE POUR $\alpha = 75^\circ$

INVERSION DU COURANT :

1. Temps d'annulation du courant :

- Pour un même angle d'amorçage α , le temps d'annulation du courant T_{oI} croit de l'essai à vide à l'essai en pleine charge.
- Pour α croissant T_{oI} augmente.

En effet, comme nous le remarquons sur les tableaux de valeurs, le courant d'induit augmente rapidement de l'essai à vide à l'essai en pleine charge, ce qui par conséquent retarde son annulation.

2. Courant de crête :

- Quand le moteur tourne dans un sens, sa $f_c - e - m$ s'oppose à la tension d'alimentation. Quand on change brusquement le sens de rotation, les deux tensions deviennent de même signe, donc s'ajoutent d'où la crête du courant (qui n'est limitée que par la résistance de l'induit du moteur).
- D'après les valeurs enregistrées nous remarquons que le courant de crête diminue de l'essai à vide à l'essai en charge ainsi que pour α croissant. (excepté pour $\alpha = 45^\circ$ où le courant ne suit pas même variation que pour les autres angles, ceci est une erreur d'enregistrement).
- En inversant le sens de rotation du moteur, E après s'être annulée, va augmenter dans l'autre sens avec la vitesse c'est à dire.

$$E = - KN \dot{\Phi}$$

d'où $I = \frac{U - E}{r}$ qui augmente avec E .

Nous déduisons que la diminution du courant de crête est dû à la vitesse.

3. Temps d'Inversion du Courant :

- Le temps d'inversion du courant augmente rapidement de l'essai à vide à l'essai en charge.
- Plus l'angle d'amorçage augmente, plus ce temps diminue.

En effet, à vide, le courant passe de + 4A à -4A par contre en pleine charge, il passe de +20A à - 20A c'est à dire une différence de 40A, il faut donc un grand temps pour que le courant atteigne son maximum.

INVERSION DE LA VITESSE :

1. Temps d'annulation de la vitesse :

A Vide ou en charge le temps d'annulation de la vitesse est très très court, il est au maximum d'une demi seconde.

2. Temps d'inversion de la vitesse :

On remarque d'après les tableaux que le temps d'inversion de la vitesse diminue de l'essai à vide à l'essai en charge.

Il en est de même si on augmente l'angle α .
En effet, si nous regardons en parallèles les variations de la vitesse inverse, on remarque que celle-ci diminue pour les essais en charge et pour les essais en fonction de l'angle α .

Ce qui explique donc les variations du temps d'inversion de la vitesse.

CONCLUSION GENERALE :

Si nous comparons les trois séquences de commande réversible d'une machine à courant continu nous remarquerons que :

- Le montage à circulation de courant est encombrant par les inductances de limitation, de plus, l'existence du courant de circulation implique une surcharge relativement considérable des thyristors et du transformateur. Enfin, le courant réactif résultant de ce montage diminue le facteur de puissance de l'installation.
- Le montage à bande morte, qui a priori semble simple, conduit à un temps mort de 10 à 15 ms, ce qui peut, dans certaines applications, être incompatible avec les performances dynamiques demandées au système puisque, durant ce temps, aucun couple n'est appliqué à la machine.
- Le montage à logique d'inversion semble, comme nous l'avons constaté, résoudre le problème du courant de circulation qu'on tentait de supprimer, mais introduisant un temps mort dans la réponse du système.

Cette solution consiste à n'avoir, à chaque instant, qu'un seul groupe en conduction ce qui n'introduit pas de pertes..

D'autre part comme nous l'avons vu, d'après les essais effectués, le temps d'inversion de la vitesse est très petit.

Ainsi par son électronique séquentielle, le montage à logique d'inversion satisfait aux exigences les plus dures, avec seulement quelques transistors et circuits intégrés, qui affectent très peu le coût de l'équipement.

GLOSSAIRE

Symbole	Unité	Description
α	°	Angle d'amorçage des thyristors
U_{cm}	V	Tension de commande
U_m	V	Valeur de crête de la tension de référence U_r
I	A	Courant d'induit du moteur
U	V	Tension redressée moyenne
N	tr/mn	Vitesse du moteur
P	watt	Puissance active côté alternatif
Q	var	Puissance réactive côté alternatif
I_c	A	Courant de crête
T_{oi}	ms	Temps d'annulation du courant
$T_{in I}$	ms	Temps d'inversion du courant
$T_{o.N}$	ms	Temps d'annulation de la vitesse
$T_{inv.N}$	ms	Temps d'inversion de la vitesse

- BIBLIOGRAPHIE -

- Commande Electronique des moteurs à courant continu :
Edition : Eyrolles
Auteur : Chauprade.

- Technique de l'Ingénieur : D 541.

- Les cahiers de la technologie "Electrotechnique."
* Le transistor en commutation et ses applications.
Auteur : YVES g Palau
Collection : q. Capliez.

- Amplificateurs Opérationnels et filtres actifs REF.30.007
Edition : MENTOR
Auteur : C. MULLER

- Association machine a courant continu Pont de Graetz
(Fonctionnement en onduleur)

Projet de Fin d'Etudes étudié par
BOUHAFER Aziz et HAMAIZIA Slimane

- Machines Electriques
Editions de Moscou
Auteur : M. KOSTENKO ET L. PIOTROVSKI.

promotion: Juin 1986

- - - - -