

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

(dépt. de Génie Mécanique)

PROJET DE FIN

D'ETUDES

TITRE : Etude d'un alternateur  
d'automobile par sa mise  
au banc d'essai

Auteur : Joseph . R . Turpin  
(élève ingénieur)

Directeur : M. P. MARKON  
(Professeur à l'E.P.T)

- JUIN · 85 -

– dédicaces –

A MON PERE

A MA MERE

A MES FRERES ET SOEURS

A MES CHERS AMIS

Je dédie ce mémoire

## - Remerciements -

Nous tenons à exprimer reconnaissance  
et gratitude à :

- M. PIERRE MARKON le directeur  
du projet pour sa disponibilité et ses  
conseils.
- M. RAYMOND PRINCE pour ses suggestions  
et sa constante disponibilité
- M.M ROBERT PEPIN et YVON BUGEAS  
pour leurs conseils techniques.
- Enfin à tous ceux qui de près ou de loin  
ont contribué à l'élaboration de ce  
travail.

## - Sommaire -

On s'imagine mal avec tous les problèmes ayant trait que les réseaux de distribution d'énergie électrique puissent desservir les moindres coins de l'occumène. Partant de la vulgarisation très avancée de l'automobile la présente thèse se veut une contribution à la recherche de sources d'énergie relai.

Par la mise au banc d'essai d'un alternateur d'automobile nous visons à établir le cadre dans lequel la dite machine peut être utilisée pour alimenter de l'outillage électrique à courant alternatif et à courant continu sous 120 ou 220 Volts.

Pour mettre à nu les capacités de l'alternateur nous avons adopté un montage à excitation séparée, libre.

Comprenons que l'élément limiteur de tension (régulateur) soit isolé.

Le résultat obtenu répond à nos préoccupations. En effet la tension générée est tributaire de la vitesse de rotation.

Et générée une tension donnée est synonyme de courbes à un régime donné. Autrement dit la possibilité d'at-

teindre tel ou tel autre niveau de tension dépend de la capacité de notre moteur d'entraîner l'alternateur au régime requis.

TABLE DES MATIERES

<u>TITRES</u>	<u>PAGES</u>
- Page Titre	
- Dédicaces	
- Remerciements	
- Sommaire	
- Table des Matières	
<u>PARTIE - A -</u>	
. INTRODUCTION	
<u>PARTIE - B -</u>	
. GÉNÉRALITÉS	
I . - CONSTRUCTION	
I.1 Le Rotor	
I.2 Le stator	
II . FONCTIONNEMENT	
II.1 Formulation du phénomène	
III . Accessoires	
III.1 Pont Redresseur	
III.2 Régulateur	
III.2.1 fonctionnement	
<u>PARTIE - C -</u>	
L'ALTERNATEUR DANS LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE - DE L'AUTOMOBILE	

I . INTRODUCTION

II . FONCTIONNEMENT

II.1 . Au Démarrage

II.2 . Au .Cours, de la marche

PARTIE - D -

ETUDE DU MONTAGE

I . CHOIX DU TYPE DE MONTAGE

I.1 Entraînement

I.2 Excitation

I.3 Connexions de sortie

I.4 Recharge de la batterie

PARTIE - E -

ETUDE DES RESULTATS

I . INTRODUCTION

II . COMPORTEMENT A VIDE

II.1 . Relation tension entre phases  
/ tension continue ( $U/V_{dc}$ )

II.2 . Fréquences

II.3 . Alternateur Ducellier 14V/40A

II.3.1 . Caractéristiques du point  $V_{dc} = 120V_{dc}$

II.3.2 . " " " "  $220V_{dc}$

II.4 . Alternateur Magneti 14V/33A

II.4.1 . Caractéristiques " "  $120V_{dc}$

II.4.2 . " " " "  $220V_{dc}$

II.<sub>5</sub> . Alternateur - sur Moteur

Diesel 14/SSA

II.<sub>5.1</sub> Régime - à 120 Volt<sub>s</sub>

II.<sub>5.1</sub> Régime - à 220 Volt<sub>s</sub>

II.<sub>6</sub> . Conclusion

III . COMPORTEMENT EN CHARGE

III.<sub>1</sub> . Chute de Tension

III.<sub>2</sub> . Résultats - de Tests

III.<sub>3</sub> . Compensation - de la chute  
de tension

III.<sub>4</sub> . Décharge - de la Batterie

IV . ÉCHAUFFEMENT

IV.<sub>1</sub> . Variation - de la température  
- avec la charge

IV.<sub>2</sub> . Rythme de Refroidissement

IV.<sub>3</sub> . Conclusion

V . - CONCLUSIONS

PARTIE - F -

APPAREILLAGE ACCESSOIRE

AU CHOIX DE L'UTILISATEUR

I . INTRODUCTION

II . FILTRE

III . STABILISATEUR

IV . MULTIPLICATEUR DE TENSION

...  
V. ONDULEURS

VI. CONCLUSION

### PARTIE - B -

I. CONCLUSION

II. RECOMMANDATIONS

### ANNEXES

. ANNEXE - A -

MAGNÉTISATION

. ANNEXE - B -

CARACTÉRISTIQUES

D'ALTERNATEURS SELON

CONSTRUCTEURS

. ANNEXE - C -

EXEMPLE DE SCHÉMA

D'UN SYSTÈME ÉLECTRIQUE

D'AUTOMOBILE

### BIBLIOGRAPHIE



PARTIE - A

- INTRODUCTION -

# I - INTRODUCTION

-Qu'il s'agisse de moteur à explosion ou de moteur à auto-allumage, on fait toujours appel à bord des véhicules automobiles d'un générateur électrique pour produire l'énergie nécessaire à l'équipement.

-Ce générateur est selon l'option du constructeur soit une dynamo, soit un alternateur. Toutefois ces deux appareils fonctionnent sur le même principe en ce sens qu'ils assurent toute la conversion de l'énergie mécanique de rotation du moteur en énergie électrique.

Contrairement à la dynamo souvent assez robuste et produisant directement du courant continu, l'alternateur lui produit du courant par pulsations successives alternées et comporte une partie mobile de construction assez simple et facile à équilibrer. Plus encore, et contrairement à la dynamo il fournit une puissance électrique appréciable dépassant même les besoins de la consommation à bas régime du moteur.

Toutefois, ce courant doit être redressé pour être apte à la charge de la batterie; c'est ce qui explique la présence d'éléments redresseurs de type semi-conducteurs appelés diodes.

Devant cette disponibilité assez impressionnante d'énergie

électrique notamment au plein régime du moteur, une fois  
 -cis a été intégré par le constructeur. Il s'agit d'installer  
 une surcharge de la batterie, en assurant au même  
 circonstances la production de l'énergie appropriée com-  
 plé tenu des besoins ponctuels. C'est ainsi qu'un appar-  
 rail comme appareil régulateur fournit le générateur à  
 -ce contrôle et ajuste du même coup l'équipement électrique.

Évaluation de l'alternateur à un régime de fonc-  
 tionnement approprié du moteur et dans des conditions bien  
 déterminées devrait au premier vue permettre de recueillir  
 les une énergie électrique assez importante utilisable à  
 d'autres fins. Ce sont ce point de fonctionnement et les  
 -Conditions que vous venez de voir assignés comme mission à  
 travers ce premier projet d'installation sur la base d'une  
 note au banc d'essai d'un alternateur.

PARTIE - B

- GENERALITES -

# I - CONSTRUCTION

Le alternateur mis au banc d'essai est un générateur triphasé en étoile.

Il est constitué de deux grands ensembles : le ROTOR appelé aussi inducteur (ou partie mobile), et le STATOR ou induit, (fixe).

## I-1. LE ROTOR

Il est communément appelé inducteur et est constitué d'un volant en fonte sur la face duquel sont placés des noyaux de fer doux feuilletés pour éviter les courants de Foucault.

Ces noyaux sont réunis enroulés dans un bobinage dit d'excitation. A chaque extrémité de ce bloc de fer doux se trouvent des griffes recourbées vers le milieu de l'inducteur. On le retrouve ainsi avec un agencement tel que les griffes d'une extrémité (Nord) se trouvent intercalées entre les griffes de l'autre extrémité (Sud). On aligne ainsi tout autour de l'inducteur une succession circulaire de pôles Nord et Sud.

L'enroulement d'excitation est relié à deux bagues collectrices montées au bout d'arbres, sur lesquels sont maintenus en contact à l'aide de ressort deux balais qui assurent d'une part l'arrivée du courant d'excitation, d'autre part le retour par la masse de ce même courant.

## I-2 LE STATOR

Très souvent appelé induit, il affecte la forme d'une couronne et est formé d'un empilage de tôles ferro-magnétiques sur la face interne desquelles on a ménagé des encoches où sont logées les bobines induites (composées de spires isolées) au nombre égal à celui des pôles de l'inducteur et dont les sens sont alternés.

Les deux parties actives d'une spire se trouvent respectivement sous un pôle Nord et Sud et occupent deux encoches. En général chaque phase occupe autant d'encoches que de pôles; soit  $2p$  encoches par paire de pôles.  $p$  désignant le nombre de paires de pôles.

Un système triphasé exige donc un stator à  $6p$  encoches, soit pour six paires de pôles 36 encoches. C'est le cas de notre alternateur.

Le stator est maintenu par deux flasques qui portent les paliers de roulement de l'arbre moteur sur lequel sont fixés comme nous l'avons vu un peu plus haut les bagues d'alimentation du rotor, la poulie d'entraînement, le ventilateur assurant le refroidissement des différents organes de l'alternateur.

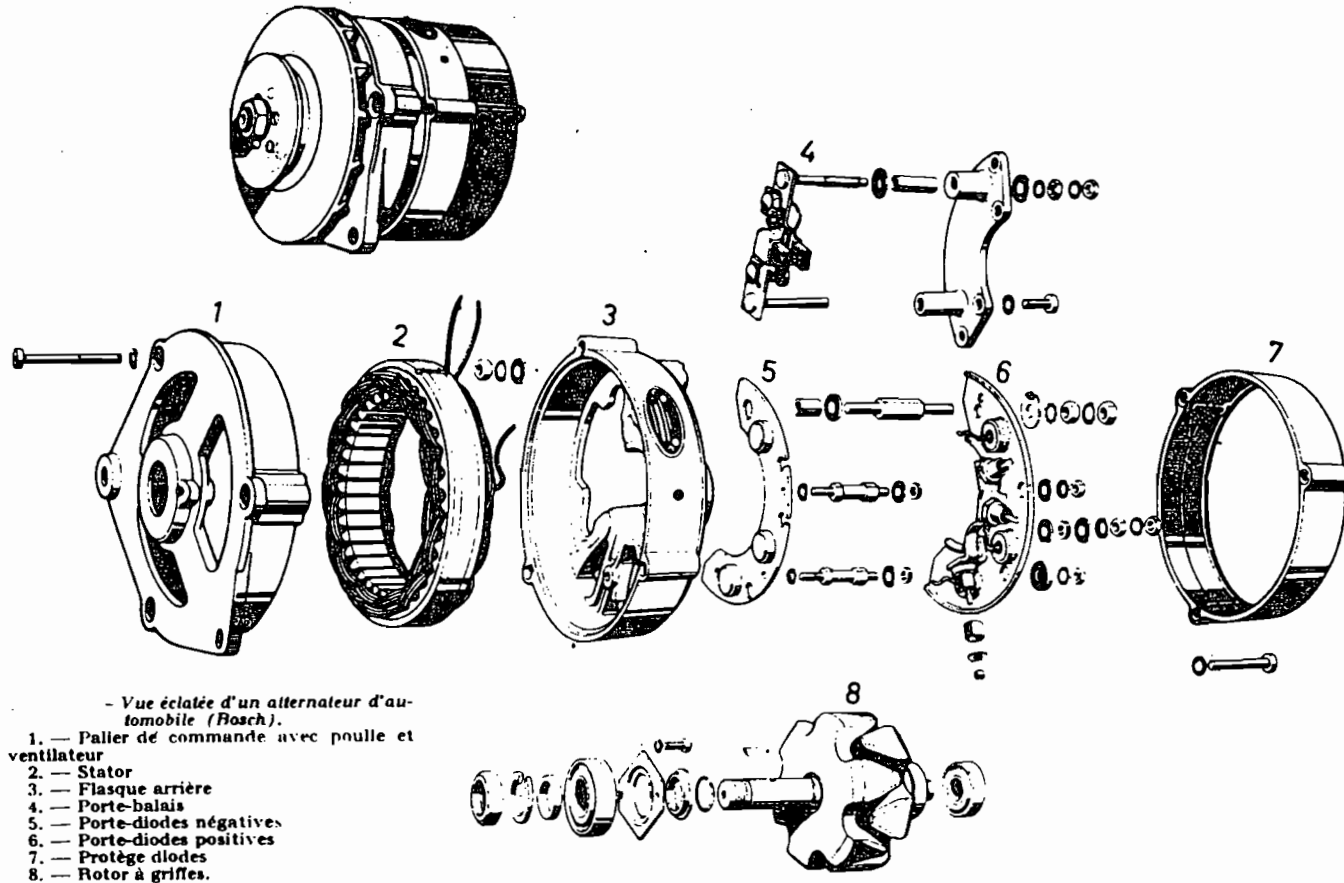


Fig N° ①

## FONCTIONNEMENT

En excitant l'inducteur - à l'aide d'une source de courant continue, il apparaît au sein du noyau un flux magnétique qui se dirige vers le plateau Nord et se partage en autant de branches qu'il comporte de griffes. Lequel flux traverse l'entrefer (résultant de la différence entre les diamètres intérieurs du stator et extérieurs du rotor) en surmontant les fragments de la couronne feuilletée, coupe les spires de l'induit, traverse de nouveau l'entrefer mais cette fois en sens inverse, parcourt les griffes du pôle Sud, et en réintégrant le noyau boucle ainsi le circuit magnétique.

Au même moment on fait tourner l'inducteur et les spires de l'induit vont couper alternativement les lignes de force du flux émis par les pôles inducteurs. Lorsque un pôle Nord de l'inducteur se trouve en face de l'axe de la spire, - celle-ci embrasse un flux maximum et par conséquent la force électromotrice (F.E.M) induite est nulle. Lorsque le pôle Nord après avoir tourné se trouve devant l'anneau suivant, le flux embrassé par la spire devient nul et la F.E.M induite maximale.

P<sup>is</sup> l'inducteur continuant à tourner, le pôle Sud voisin arrive en face de l'axe de la spire et la F.E.M devient



alors nulle. Elle est de nouveau maximale, mais de sens contraire lorsque le pôle sud arrive au face de l'auroche suivant et ainsi de suite.

Ce flux entretient ainsi dans les spires du stator des forces électromotrices alternatives.

II-1

### FORMULATION - du PHÉNOMÈNE

La force électromotrice induite s'écrit

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

$\phi$  étant le flux magnétique.

$$\text{avec } \phi = \phi_m \cos \alpha \quad \text{or } \phi_m = \mu H S = BS$$

S :	Section de la spire
H :	Champ inducteur
B :	Induction magnétique.

D'où pour accroître  $e$  il faut :

Soit : 1°/ Réduire  $dt$ . C'est à dire augmenter la vitesse de variation du flux. Ce qui augmente la vitesse de rotation. (N)

2°/ Augmenter  $\phi$ . Or  $\phi_m = \mu H S$  soit donc

a°/ " S le plus possible

b°/ " H.

c°/ "  $\mu$  la perméabilité du matériau.

rien sur lequel est bobinée la spire (ici du fer doux)

En ce qui nous concerne les paramètres S et  $\mu$  sont

fixés par la construction et nous ne pouvons agir que sur  $H$  et  $N$ .

La tension efficace s'écrit (pour une phase)

n°

$$E = K \cdot P \times \frac{N}{60} \times n \times \phi_m$$

$K$  : est un facteur de réduction

$P$  : le nombre de paires de pôles

$N$  : la vitesse de rotation en tours par minute

$n$  : le nombre de barres

- soit  $U$  La tension entre phases

$$U = E \times \sqrt{3}$$

N.B.:

L'intensité du champ inducteur tournant est proportionnel au courant triphasé parcourant les phases du stator si les tôles ne sont pas saturées (Ferraris)

### III

## ACCESSOIRES

### III-1

### PONT REDRESSEUR

La nécessité d'un redressement découle du fait que le courant induit est alternatif et donc incapable d'alimenter la batterie qui a besoin d'être constamment rechargée pour demeurer opérationnelle.

En outre, nous savons que l'alternateur d'automobile

est - à tester au diviseur shunt sur le stator au marche normale et par conséquent ne peut s'amorcer seul.

Un inducteur et fait sur la batterie au démarrage par transformation de la machine au une - à excitation séparée. Par la suite et durant tout le temps que prendra la marche l'inducteur devra être alimenté par diviseur sur le stator.

Le rôle du redresseur sera donc d'épurer la conversion du courant alternatif induit au courant continu.

Évidemment si fait ici à l'aide d'un pont redresseur triphasé. Et est composé de six diodes, dont trois en tête valvées - à la brève positive et deux autres positives; et trois autres dites négatives valvées à la masse.

On dira aussi sur ces qui un élément électrolytique qui va assurer jusqu'à une certaine limite le passage du courant qui dans un seul sens.

- Ce dispositif permet donc de recueillir aux bornes de l'alternateur un courant unidirectionnel. Et et à tester que - ce courant - quoiqu'ondule et est apte à répondre aux besoins des consommateurs et un dispositif de filtration ne se justifie vraiment pas.

III-2

REGULATEUR

A - certains régimes de rotation l'alternateur et à mesure de produire une <sup>même</sup> quantité d'énergie électrique,

- Ce qui peut s'avérer prohibitif pour la installation du véhicule. L'énergie fournie doit être adaptée aux besoins momentanés du véhicule et de la batterie. - Ce conditionnement est assuré par un régulateur qui agit sur l'excitation de l'inducteur.

Or par leur mode de fonctionnement les alternateurs sont auto-limités d'intensité. La fréquence des courants alternatifs - crées dans les spires de l'induit fixe et directement tributaire de la vitesse de rotation des pôles inducteurs selon la relation  $f = P \cdot \frac{N}{60}$ . Or le plus souvent de self-induction augmentent dans l'induit une fonction de l'intensité de courant et de la fréquence des alternateurs.

Aux bas régimes de rotation, le débit maximal est limité par la faible vitesse de l'inducteur; aux régimes moyens le débit tend à augmenter, mais la fréquence plus élevée des alternateurs s'y oppose partiellement.

Aux hautes régimes, la fréquence des impulsions est telle que les phénomènes magnétiques de self induction limitent le débit maximal à une valeur déterminée par la construction de l'alternateur. (La réaction des bobines  $X_L = 2\pi f L$  augmentant avec la fréquence.)  
 Tout compte fait les alternateurs sont auto-limités d'intensité et le régulateur n'agit qu'en fonction du  $V_f$ .

tage "désiré". Nous pouvons affirmer dès lors que ce régulateur est uniquement un régulateur de tension et que sans lui l'alternateur fournirait trop de tension. A cet effet nous signalons qu'il existe plusieurs types de régulateurs, parmi lesquels :

- les régulateurs à vibrateur.
- " " " " à transistors
- " " " " transistorisés

Nous nous proposons de présenter le schéma de principe de même que le principe de fonctionnement du régulateur à transistors ; du reste le type le plus fréquent.

III-2.1 ( C.F. Fig ② )

### Fonctionnement :

Aux tensions inférieures à la limite, le diode  $Z_1$  est bloqué, ainsi que le transistor  $T_1$ . La base de  $T_2$  reçoit une tension intermédiaire qui libère  $T_2$  et permet le passage d'un fort courant d'excitation de  $A$  à  $E$ . Dès que la tension de l'alternateur (au  $A$ ) dépasse la valeur limite, le diode  $Z_1$  laisse passer du courant sur la base de  $T_1$  et ce dernier étant ainsi débloqué agit directement à la masse la base de  $T_2$ . Ce dernier interrompt alors le passage de  $A$  à  $E$  (suppression de l'excitation et abaissement de la tension de l'alternateur). A tension plus basse,  $Z_1$  se

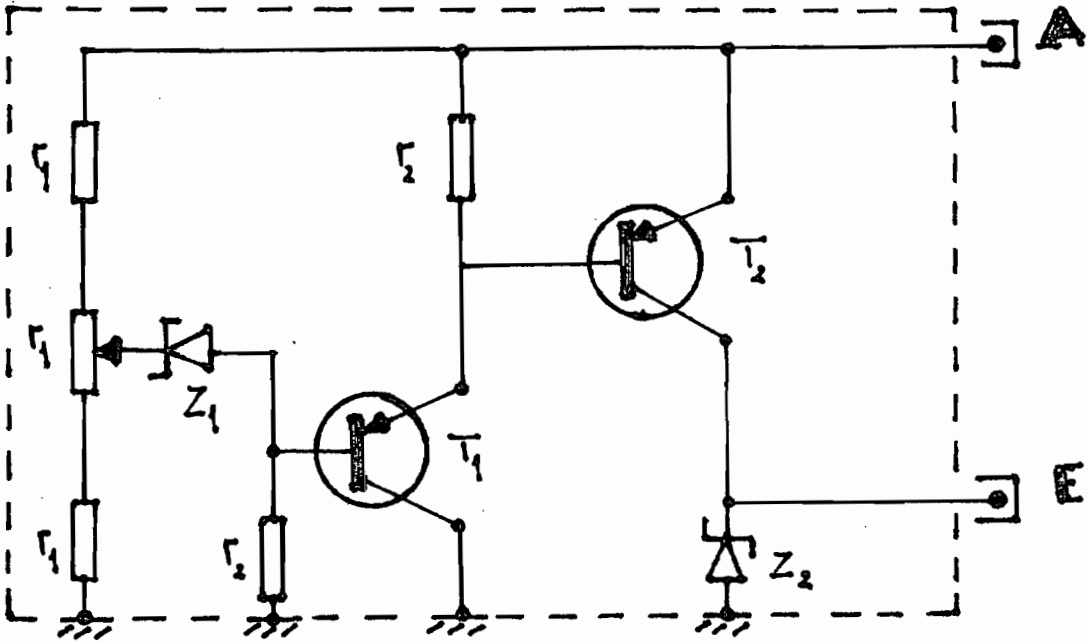


Fig N:2

Schema de principe d'un regulateur a transistor (electronique)

Legende :

- A / Alimentation
- E / Depart vers circuit d'excitation
- T<sub>1</sub> / Transistor de commande
- T<sub>2</sub> / " d'excitation
- Z<sub>1</sub> / Diode zener de controle de tension
- Z<sub>2</sub> / " " " protection
- r<sub>1</sub> / Resistances de controle de tension (reglage control de la tension limite)
- r<sub>2</sub> / Resistances intermediaires pour tension de base des transistors

bloqué - à nouveau et la base de  $T_2$  rétablit l'excitation, d'où déblocage de  $T_2$  et ainsi de suite.

# PARTIE - C

L'ALTERNATEUR DANS LE RESEAU

ELECTRIQUE DE

L'AUTOMOBILE



## I

- INTRODUCTION

Nous présentons ci-après un schéma simplifié de l'alternateur dans son environnement électrique. Lequel schéma bien que simplifié ne manque pas pour autant d'être exhaustif, car met en relief les rapports entre l'alternateur et les autres composants du réseau électrique de l'automobile. La présentation de ce sous-ensemble organique de l'automobile mérite d'être faite, car il est évident que dans l'application des résolutions qui seront dégagées il sera question d'urgence au tant soit peu au fonctionnement normal du système; ne serait-ce qu'en déconnectant le régulateur pour éviter la lésion. Et justement à ce propos il faudrait d'ailleurs être averti quant aux difficultés susceptibles de se manifester de façon à observer à temps opportun les précautions qui s'imposent. Avant d'aller plus loin nous tenons à faire une petite mise en garde sur ce qui concerne la variété des types d'installation. Il va sans dire que les réseaux étant différents d'un constructeur à un autre, le mode d'intégration des alternateurs, sera aussi fonction de l'origine de la construction. ( Cf. Fig N° ③ , N° ④ , N° ②⑧ )

Nous ne retiendrons et développerons ici que le principe qui se soit constitué le dénominateur commun.

## FONCTIONNEMENT

### II-1. / AU DÉMARRAGE

Quand le contacteur de démarrage est mis, le circuit se trouve brulé. Le courant en provenance de la batterie arrive au bobinoïde du démarreur et au commutateur de démarrage du suivant le circuit en (--->). Cf fig N: ③

Le bobinoïde du démarreur envoie le courant dans la bobine d'allumage, tandis que le commutateur de démarreur envoie le courant vers la lampe témoin de l'alternateur et vers le régulateur. Au fur et à mesure que le courant traverse le régulateur et que le rotor de l'alternateur est entraîné en rotation par le démarreur via le moteur, des tensions sont générées à son bord.

Orce durant le démarrage, la batterie fournit seule l'énergie nécessaire au circuit. En raison de la grande inertie sur le volant de certains moteurs, ce démarrage requiert une grande intensité (de l'ordre de 500 à 1000A) - Ceci est toutefois de courte durée.

### II-2. / AU COURS DE LA MARCHÉ

- Quand le moteur commence à tourner et que le contacteur de démarrage

se relâche, le courant allant du contacteur de démarreur au solénoïde est interrompu, puis au ressort de rappel ramène le plongeur du solénoïde; rompant ainsi le circuit de la batterie au démarreur. L'alimentation du circuit de charge se fait désormais par l'alternateur soumis au contrôle du régulateur. La recharge de la batterie est alors engagée. Le nouveau circuit emprunté par le courant est décrit au trait (- - -).

NB: Tous les détails du démarrage et de la marche n'ont pas été évoqués; notamment au niveau du régulateur, de la bobine d'allumage etc... Il s'agissait en fait - à travers cette description de mettre en relief la corrélation entre l'alternateur, la batterie et les autres éléments du circuit en gros.

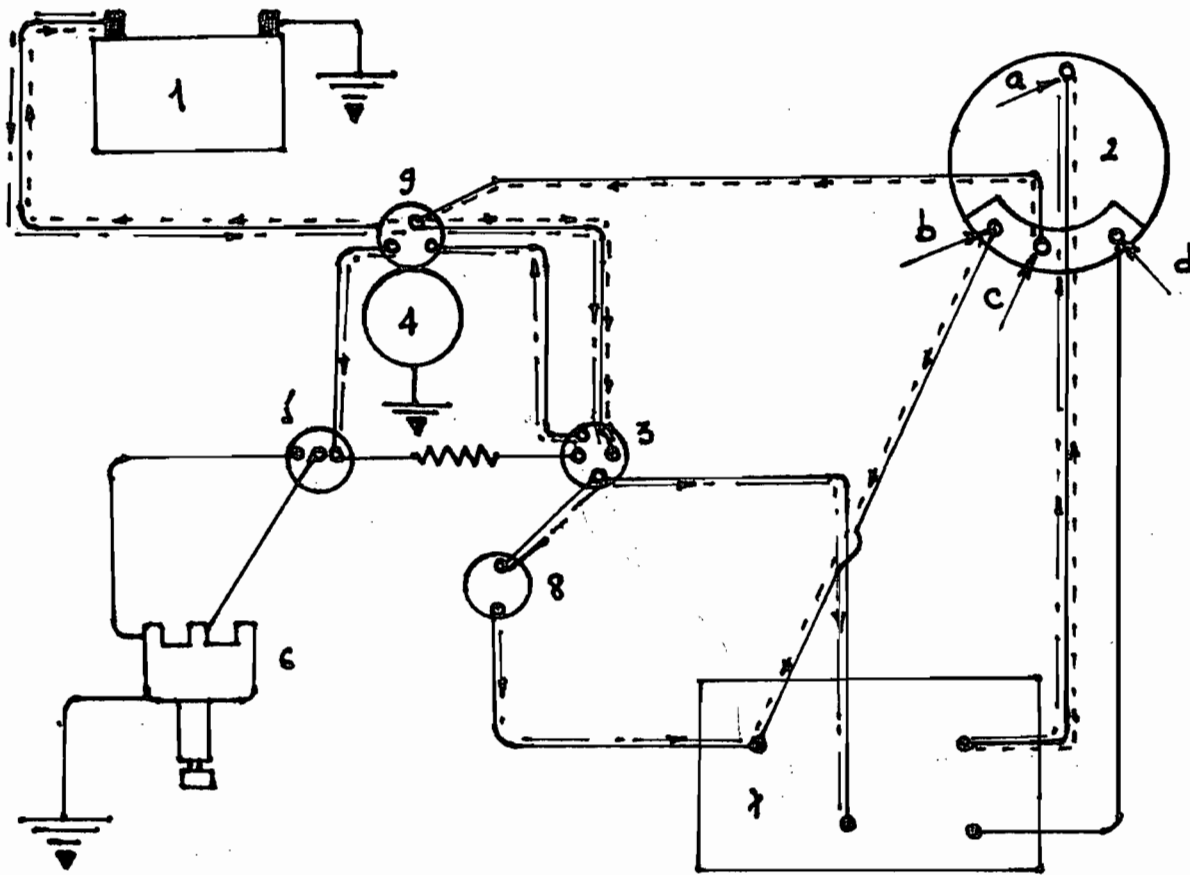


Fig N° ③ Exemple - de SYSTEME ELECTRIQUE

1°/ Batterie

2°/ Alternateur

- a: borne d'excitation
- b: . du régulateur
- c: . de l'arbre
- d: . de terre

3°/ Commutateur démarrage - allumage

4°/ Démarreur

5°/ Bobine d'allumage

6°/ Distributeur d'allumage

7°/ Régulateur

8°/ Lampe témoin de l'alternateur

9°/ Solénoïde du démarreur .

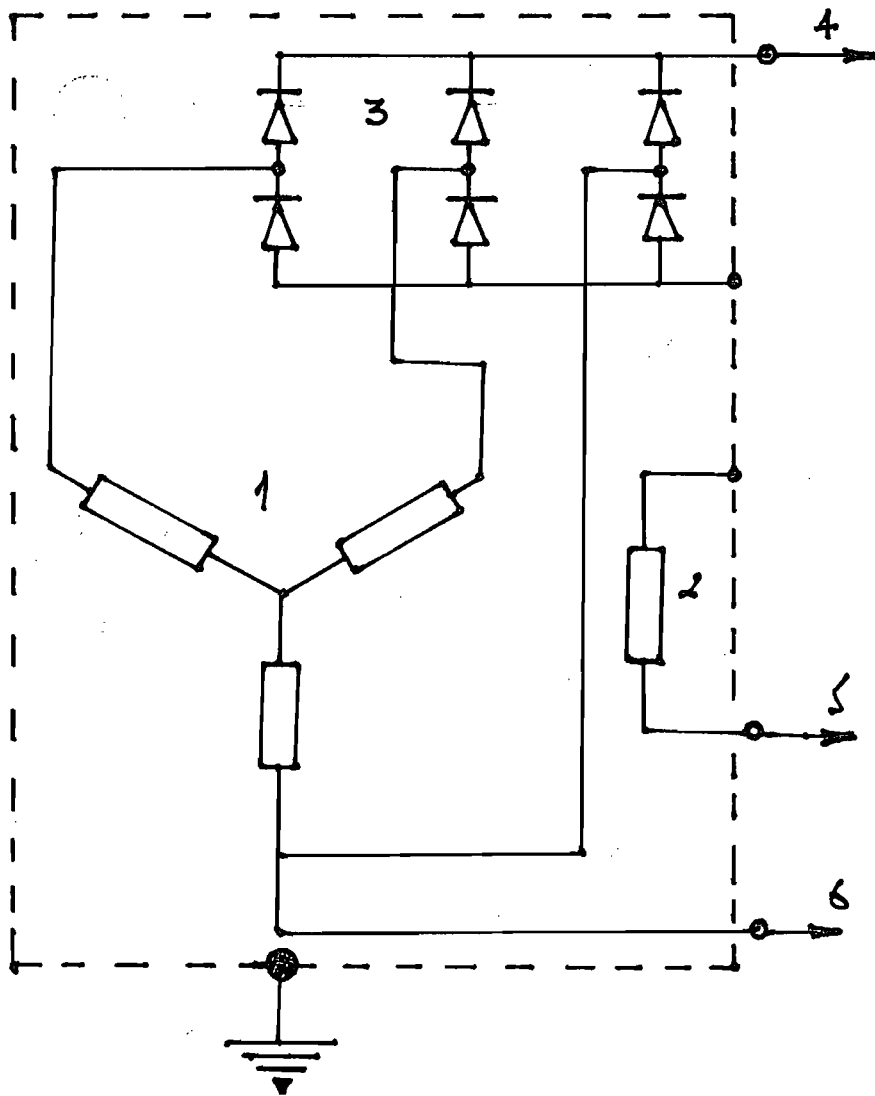


Fig N: ④ - Système - Electrique

LÉGENDE:

- 1 / Alternateur (stator triphasé bobiné en étoile)
- 2 / Rotor, bobinage d'excitation
- 3 / Groupe de diodes - Pont Redresseur
- 4 / Var<sub>s</sub> Commutateur
- 5 / Var<sub>s</sub> régulateur
- 6 / " " puis lampe témoin

PARTIE - D

ETUDE DU MONTAGE

# I - CHOIX - du TYPE

- de MONTAGE

I.1.1/

## ENTRAÎNEMENT

↳ entraînement d'un altiva-

leur d'automobile se fait par courroie trapézoïdale.

En effet (voir construction) il est muni d'une poulie

au  $\varnothing$  (de diamètre  $d$ ) - accouplée à celle du vilebrevé -

quin (de diamètre  $D$ ) et celle de l'arbre à cames.

↳ rapport d'entraînement  $D/d$  généralement supérieurs

à deux toujours à l'altiva mais sur vitesse de rotation

plus de deux fois, plus grande que la régime du moteur.

En ce qui a trait à votre montage, vous avez fait un

un  $\varnothing$  l'accour sur cet aspect. En fait le rapport de dia-

mètre entre les poulies d'origine de votre moteur d'altiva-

meurs et de l'altiva est sur sensiblement égal à

l'unité, il s'agit de modifier le poulie de façon

à adapter ce rapport. Nous avons finalement pu

obtenir cette tenue de certaines limitations; sur ces

autres axes :

$D = 140 \text{ mm} \rightarrow$  diamètre moteur d'entraîneur

$d = 66 \text{ mm} \rightarrow$  " altiva.

- soit donc un rapport d'entraînement  $D/d$  égal à 2.12

De moteurs d'entraînement et un moteur - à courant continu de 150Watt et 1500 tours par minute. Il permet donc d'entraîner l'altérateur - à environ 3200 tr/mn. Et choisir d'un moteur - à courant continu et voir la deriving - de permettre de varier le régime de rotation en jouant sur la tension d'alimentation.

C'est avec ce montage que vous avez débuté les tests et avez pu ainsi avoir une aperçu de la situation. Mais le régime de rotation s'est avéré pas la suite insuffisant pour réaliser les objectifs fixés.

C'est - à partir de ce moment - que vous avez effectué un autre montage - à partir de moteurs à explosion (as - luce) et diesel du laboratoire de machines thermiques - de l'I.E.D.T. Pour ainsi dire il y a donc affecté - plusieurs deux montages.

Les principaux sont détaillés les mêmes et sont l'entraîneur - à charge. Pour la première le moteur d'entraînement et - à courant continu, pour le second il est plus simple.

I.2.1/

## EXCITATION

On fait le mode d'excitation qui vous avez adopté et ainsi par batterie de 12/14 VdH - sans limitation sur la débit. On d'autre fois - sur le régulateur - à été détaillé; - Ceci pour deux



laissez.

La première pour une question de niveau d'ampérage. Car il était à envisager que la source de 240V/100W utilisable ne puisse fournir tout le courant d'excitation nécessaire au cas où l'alternateur serait chargé.

La seconde relève du fait que au regard aux objectifs visés, entre autres atteindre 110/220V, il est impératif - que les composants électriques, la batterie en particulier - soient isolés - de cette tension dangereuse à leur fonctionnement.

Dès lors, l'alternateur cesserait de fonctionner en génératrice Compound et la batterie assurant l'excitation se connecterait au parti - Comme adopté.

I-3/

- CONNEXIONS - DE SORTIE

- Il y a deux bornes de sortie continue - sont accessibles - à partir de la partie arrière de la machine. La positive porte la mention (+) et est isolée de la carcasse. La négative elle, est - à la masse.

Pour avoir une sortie triphasée, il a fallu sortir le bridge parti diodes et comme le montre la figure

N° ① placer entre deux diodes au lieu une connexion par soudure. - Ceci nous a permis donc d'établir un by-pass et de contourner le redressement. - Cela aura

aura aussi d'être le lieu naturellement pour  
 us pas les exposés aux températures très élevées lors  
 de la soudure.

Tout ces brins ont aussi été ramené sur  
 Cadran au flexiglas pour une meilleure isolation,  
 mais aussi pour faciliter l'insertion d'appareils de  
 mesure.

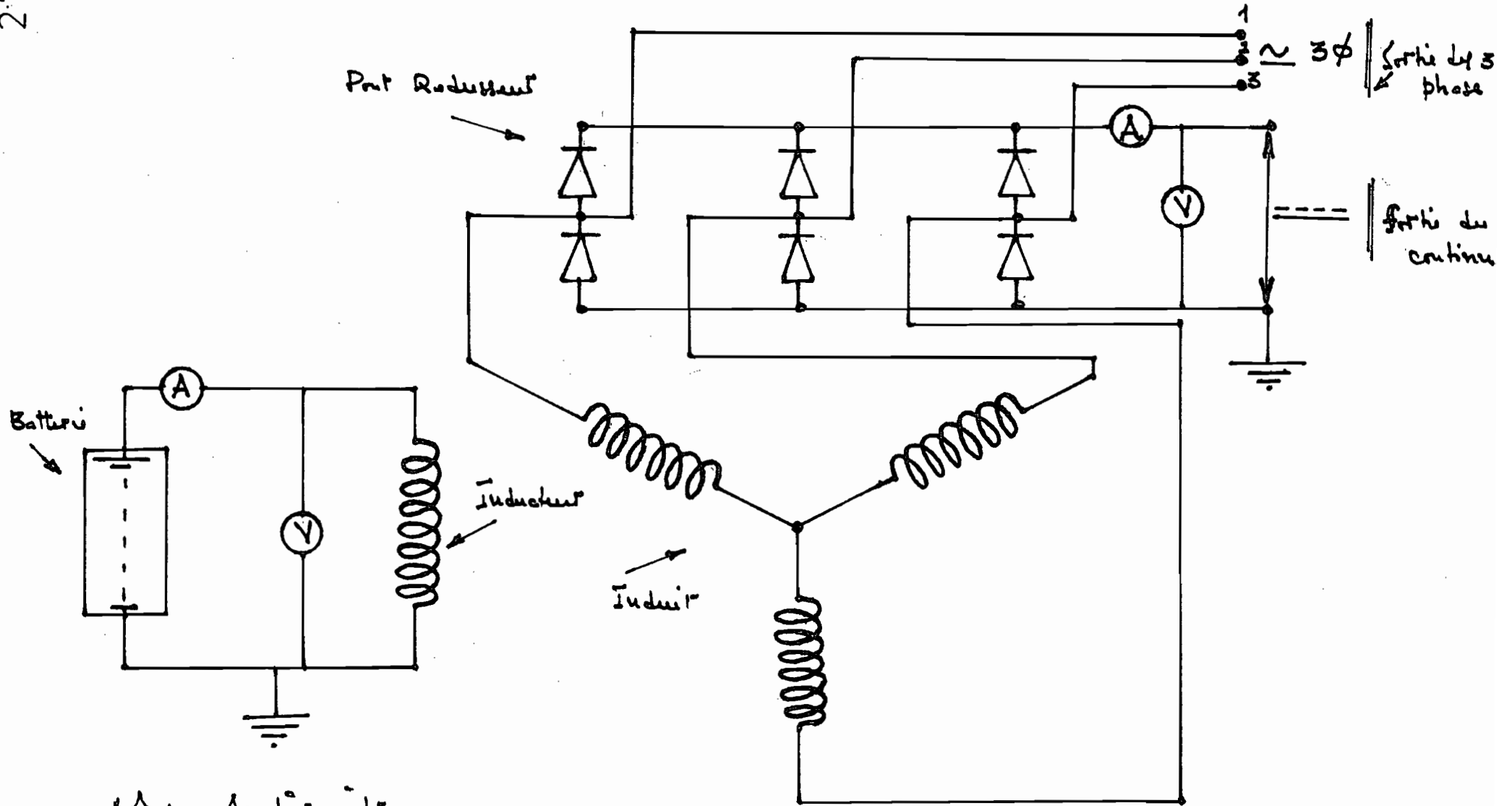
I-4.1

## RECHARGE de la BATTERIE

La recharge de  
 la batterie n'a pas été envisagée dans l'exécution de  
 ce montage pour divers raisons.

Elle fondamentale est qu'un aménagement des divi-  
 sion pour affecter la recharge en court le risque de ne  
 fournir certaines efficacités les risques de discharge.

Un second raison non moins importante est que  
 qui sur peu plus haut, il s'agit du niveau de  
 tension sur peu trop élevée et défectueux à cet usage.  
 Une autre donc pour faire appel aux services des  
 charges de batteries à chaque fois que la tension  
 baisserait au dessus de la valeur minimale ad-  
 visible.



A : Ampèremètre  
 V : Voltmètre .

Fig N° ⑤ - schéma du montage

# PARTIE - E

## ETUDE DES RESULTATS

I

## - INTRODUCTION

Les tests - qui ont été opérés - l'ont été - dans l'optique d'examiner dans le fonctionnement des alternateurs, d'autourbille les trois aspects fondamentaux suivants :

- 1°/ Comportement - à vide .
- 2°/ Comportement en charge .
- 3°/ Échauffement

Il convient - de rappeler ici que tous ces aspects ont déjà fait l'objet d'une étude de la part des constructeurs, et les résultats figurent dans les manuels d'entretien .

Mais il faudrait aussi préciser que cela a été fait pour des régimes de fonctionnement bien choisis . Il s'agit de ce que d'utilisation pour pourvoir les besoins énergétiques des consommateurs, connexes . (Cf. item fonctionnement)

Dans le contexte actuel il s'agit de déplacer ce point de fonctionnement - à un seuil qui puisse satisfaire nos préoccupations . C'est cette translation dans le fonctionnement qui justifie la raison d'être - de ces nouvelles études .

II

## - COMPORTEMENT - à VIDE

Nous entendons par - Comportement - à vide - de l'alternateur

en tant que système de traitement, le rapport entre les "entraînements" introduits et les "extraits". - Ces entraînements sont l'énergie de rotation et l'excitation; les extraits sont - à vide; seulement la tension de sortie.

Nous rappelons que la tension entre phases s'écrit :

$$U = E \times \sqrt{3}$$

- avec

$$E = K \times P \times n \times \phi \times \frac{N}{60}$$

- soit

$$U = \left( \frac{\sqrt{3} \times K \times P \times n}{60} \right) \times \phi \times N$$

Les termes  $K$ ,  $P$  et  $n$  sont des constantes qui dépendent de la construction.

Le terme  $(\sqrt{3} \cdot K \cdot P \cdot n) / 60$  est donc une constante.

Le terme  $\phi$  représentant le flux magnétisant est fonction exclusivement du courant d'excitation ( $\bar{J}$ ) quand la machine tourne - à vide.

$\bar{J}$  est ici constant, limité par la bobine d'induction (voir en Annexe A: Aimantation i/c Magnétisation)

$U$  s'écrit alors,

$$U = A \times N$$

Avec

$$A = c\bar{J} = \left( \frac{\sqrt{3} \times K \times P \times n}{60} \right) \bar{J}$$

Finalement nous remarquons - que  $U$  s'exprime - comme une

fonction linéaire de la vitesse de rotation. Et la constante A se déduira des résultats d'expérience.

II-1/

- Relation - entre U et  $V_{dc}$

Soit  $V_{dc}$  la tension après redressement et U la tension entre phases. Une relation existe entre ces deux grandeurs, elle s'inspire du principe du redressement.

Examinons le schéma de la fig N° ⑤ en considérant les phases 1 et 3. Nous avons donc (cf fig N° ⑥) un redressement "diphase". (Similaire au monophasé) La fig N° ⑥ est donc équivalente au N° ⑦ qui représente une pont du type de Graetz. Il est à double alternance.

En plaçant à la sortie une charge nous remarquons : Pendant le premier demi cycle positif de la tension, les diodes  $D_2$  et  $D_3$  conduisent et pendant le demi-cycle négatif ce sont les diodes  $D_1$  et  $D_4$  qui conduisent. Ce qui est essentiel dans tout cela est que les courants de charge vont dans la même direction. Ainsi donc le signal de sortie est à double alternance.

Nous avons ainsi 
$$V_{dc}/\text{Phase} = \frac{2V_m}{\pi}$$

avec

$V_m$  égalant la tension maximale par phase  
La fréquence de l'ondulation est alors 4 fois la fréquence

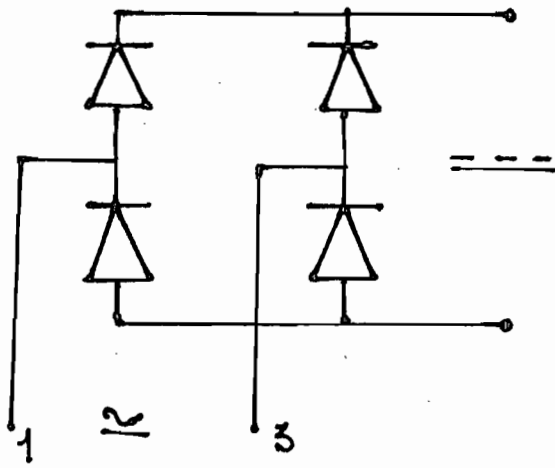


Fig N° ⑥

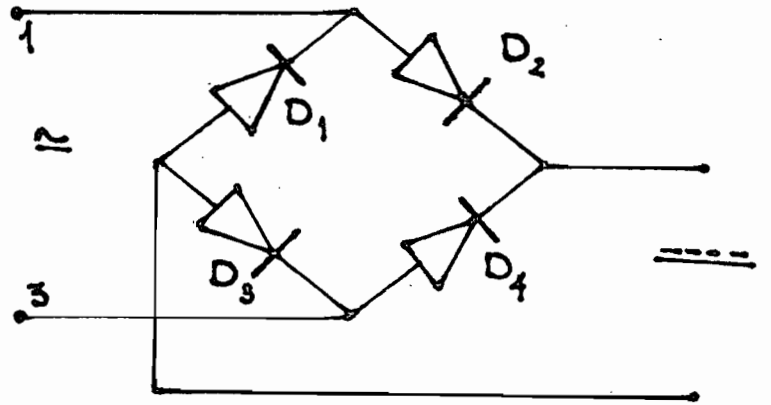


Fig N° ⑦

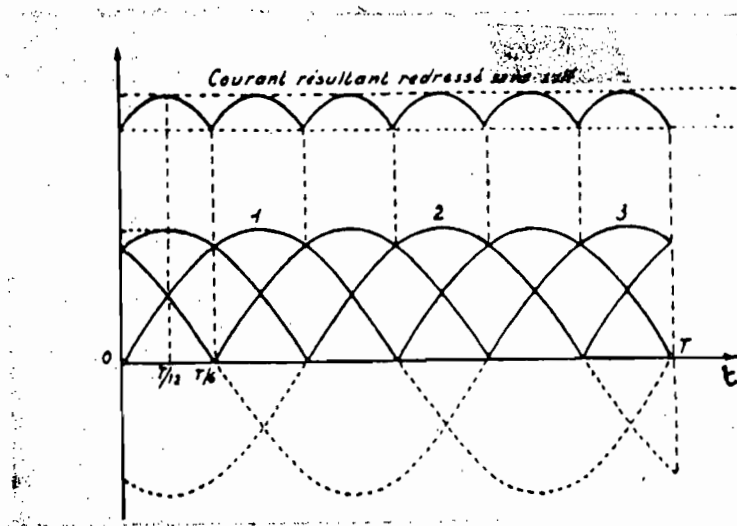


Fig N° ⑧



d'une phase  $(f_0)$

- Si nous considérons maintenant les trois phases ensemble. Nous voyons d'après ce qui précède qu'avec deux phases nous avons un pont redresseur, donc pour l'ensemble nous obtenons ainsi un pont redresseur triphasé de même à deux alternatives.

La tension moyenne de sortie  $V_{dc}$  est alors,

$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2}$$

$$\text{d'où } V_{dc} = \frac{3}{2} \left( \frac{U_m}{\sqrt{3}} \right)$$

d'où finalement

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_m$$

La fréquence de l'ondulation est 6 fois la fréquence  $f_0$   
(- Cf Fig N° 8 )

### VÉRIFICATION:

Ainsi donc nous pouvons vérifier à l'aide d'un oscilloscope que :

$$\begin{array}{l} \Delta \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 1210 \text{ tr/mm} \\ V_{ox} = 7.89 \text{ V} \\ \bar{I} = 1.16 \text{ A} \end{array} \right. \end{array}$$

Nous avons

$$(DC) \begin{cases} V_{dc}^* = 12.8 \text{ V} \\ V_{rms} = 10 \text{ V} \\ V_m = 14 \text{ V} \\ f_{md} = 714 \text{ Hz} \rightarrow (\text{fréquence de l'ondulation}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_m = 14 \text{ V} \text{ (ici = } U_m) \\ f_o = 119 \text{ Hz} \end{cases}$$

- Soit donc

$$\frac{f_{md}}{f_o} = \frac{714}{119} = 6$$

\*  $\rightarrow V_{dc}$  mesuré à l'aide d'un multimètre digital.

Selon l'équation Page

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 14 = 12.99 \text{ V}$$

Nous considérons l'approximation satisfaisante pour les besoins.

II-2

## FRÉQUENCES

Comme nous l'avons déjà évoqué la fréquence de la tension triphasée suit la formule

$$f = \frac{PN}{60}$$

- avec ici  $\begin{cases} P = 6 \\ N \text{ vitesse de rotation en tr/s, par minute.} \end{cases}$

Nous avons procédé à la vérification. et les résultats sont les suivants :

N (tr/min)	1570	1450	1350	1210	1000	900	845	800
f (Hz)	156	143	132	120	100	91	85	80
P <sub>0</sub> N/60	157	145	135	121	100	90	84.5	80

TABLÉAU N° ①

La formule est donc relativement satisfaisante pour décrire la loi de variation de la fréquence.

Nous pouvons considérer donc

que

$$f = 0.1 N$$

et que la fréquence de l'ondulation résultant du redressement s'écrit

$$f_{md} = 0.6 N$$

N.B.:

Après vérification de ces résultats nous avons pensé qu'il serait inutile de relever au continu et au triphasé serait un peu superflu. Le comportement au triphasé pouvant être

de déduire du continu. - Ceci dit, par la suite nous  
 ne ferons considération que du continu.

II-3/

## ALTERNATEUR DUCELLIER

- Caractéristique :  $\begin{cases} 14 \text{ Volts} \\ 40 \text{ Ampères} \end{cases}$

- Ce sont les valeurs nominales du courant et de la tension  
 de sortie.

Les résultats de test de la tension générée en fonction de  
 la vitesse de rotation sont donnés à la fig N° ⑨

La fonction linéaire qui régit cette droite s'écrit

$$V_{dc} = B \times N$$

B étant une constante

$$B = \frac{28.2 - 14}{2000 - 1000} = 1.42\%$$

- soit

$$V_{dc} = 0.0142 N$$

①

$$\begin{cases} V_{dc} \rightarrow \text{en Volts} \\ N \rightarrow \text{en tr/min} \end{cases}$$

II-3-1/

- Caractéristiques du point  $V_{dc} = 120 \text{ Volts}$

D'après l'équation ① nous obtenons pour  $V_{dc} = 120 \text{ Volts}$

$$N = \frac{120}{0.0142} = 8451 \text{ tr/min}$$

$$\text{- soit } U_m = \frac{2}{\sqrt{3}} V_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3}} \times 120 = 138.6 \text{ Volt}$$

$$\text{et la fréquence, } \left\{ \begin{array}{l} f = 0.1 \times 8451 = 845 \text{ Hz} \\ f_{md} = 6070 \text{ Hz} \end{array} \right.$$

I-3.2

- Caracteristiques - à 220 Volt

En se servant des mêmes relations, nous obtenons

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 15493 \text{ tr mn} \\ U_m = 254 \text{ Volt} \\ f = 1549 \text{ Hz} \end{array} \right.$$

N.B:

Nous voyons que dans tous les cas la tension alternative est à fréquence assez élevée pour être utilisée directement et que pour avoir du 50 Hz il faudrait:

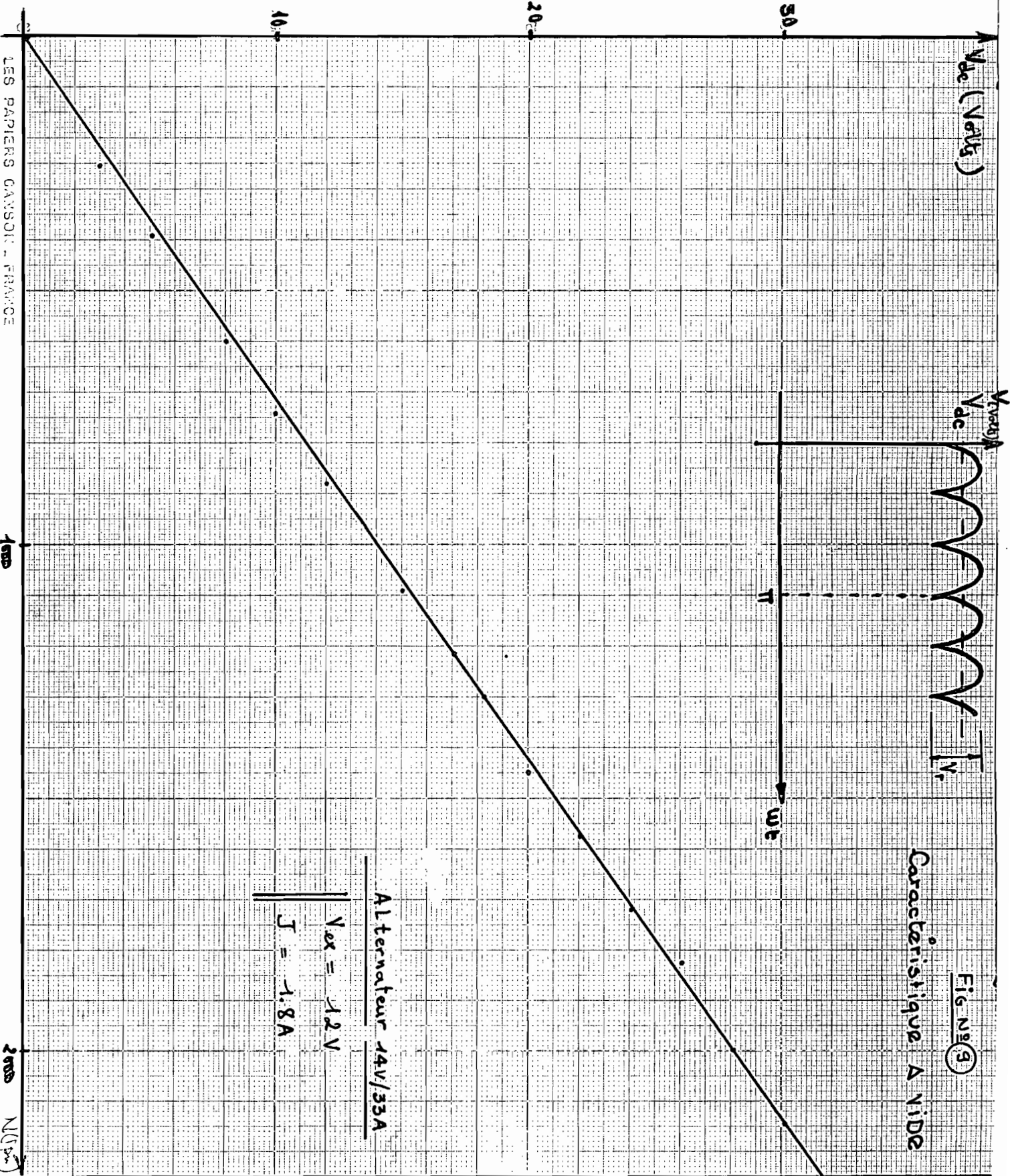
$$N = 500 \text{ tr/mn}$$

et dans ce cas la tension générée serait

$$V_{dc} = 0.5142 \times 500 = 257.1 \text{ Volt}$$

$$\text{- soit } U_m = \frac{2}{\sqrt{3}} \times 257.1 = 298.2 \text{ Volt}$$

Elle serait insignifiante par rapport aux besoins.



1512

II-4/

ALTERNATEUR MORELLI MAGNETI  
(MADE IN ITALY)

- Caractéristiques : || 14 Volt,  
|| 33 Ampères

NB :

En raison d'une certaine difficulté à stabiliser le régime de rotation du moteur d'entraînement, il faudrait accorder une certaine tolérance aux résultats de test.

N (tr/mn)	3043	3381	4396	4733	5071	5409	5747	6846	7099
$V_{dc}$ (Volts)	39	42	60	66	70	76.3	79.4	96.6	98.6
N (tr/mn)	7438	7776	7944						
$V_{dc}$ (Volts)	101	112	114						

- TABLÉAU N: ②

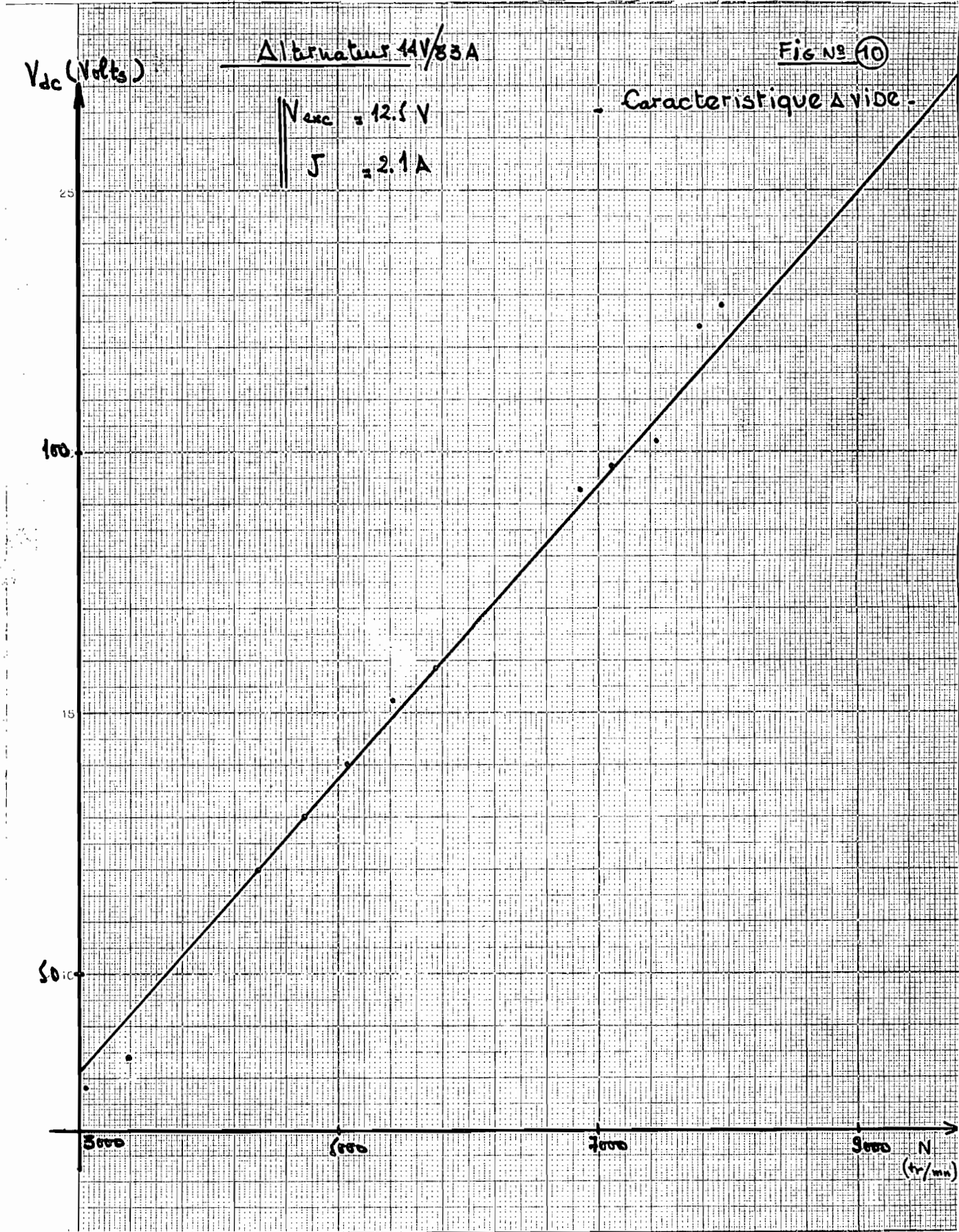
Les valeurs de ce tableau ont été portées en graphique sur la Fig N: ⑩

II-4.1°)

- Caractéristiques - à 120 Volt,

A 120 Volt nous lisons directement sur la Fig N: ⑩

|| N = 8660 tr/mn





II.4.2 /

Caractéristiques - à 220 Volts

- sur B la pente de la courbe.

$$B = \frac{100 - 60}{7240 - 4395} = 1.40\%$$

- d'où

$$V_{dc} = 0.0140 N$$

Pour  $V_{dc} = 220 \text{ Volts}$ ,

$$N = \frac{220}{0.0140} = 15714 \text{ tr/min}$$

II.5 /

ALTERNATEUR SUR MOTEUR DIESEL

(MADE IN ITALY)

Caractéristiques :  $\left\{ \begin{array}{l} 14 \text{ Volts} \\ 65 \text{ Ampères} \end{array} \right.$

Les remarques de la section II.4 restent valables.

Les résultats sont les suivants :

N (tr/min)	1875	1964	2321	2500	2679	2857	3036	3204	3393
$V_{dc}$ (Volts)	24.4	26.4	31	34.2	37.8	39.6	43.3	46.9	49.3
N (tr/min)	3571	3760	3925	4107	4286				
$V_{dc}$ (Volts)	52	56.1	58.4	61.6	64.6				

- TABLEAU N° ③

Le résultat, de ce tableau, - ont été portés sur graphique. cf fig N° 11

II-5.1/

Régime  $\Delta$  120 VOLTS

- Sur B la pente de la droite de la fig N° 11

$$B = \frac{48.3 - 37.8}{3393 - 2679} = 1.47\%$$

- d'où

$$V_{dc} = 0.0147 N \quad (2)$$

Sur pour  $V_{dc} = 120 \text{ Volts}$

$$N = 8163 \text{ tr/min}$$

II-5.2/

Régime  $\Delta$  220 VOLTS

Selon l'équation (2)

$$N = 14970 \text{ tr/min}$$

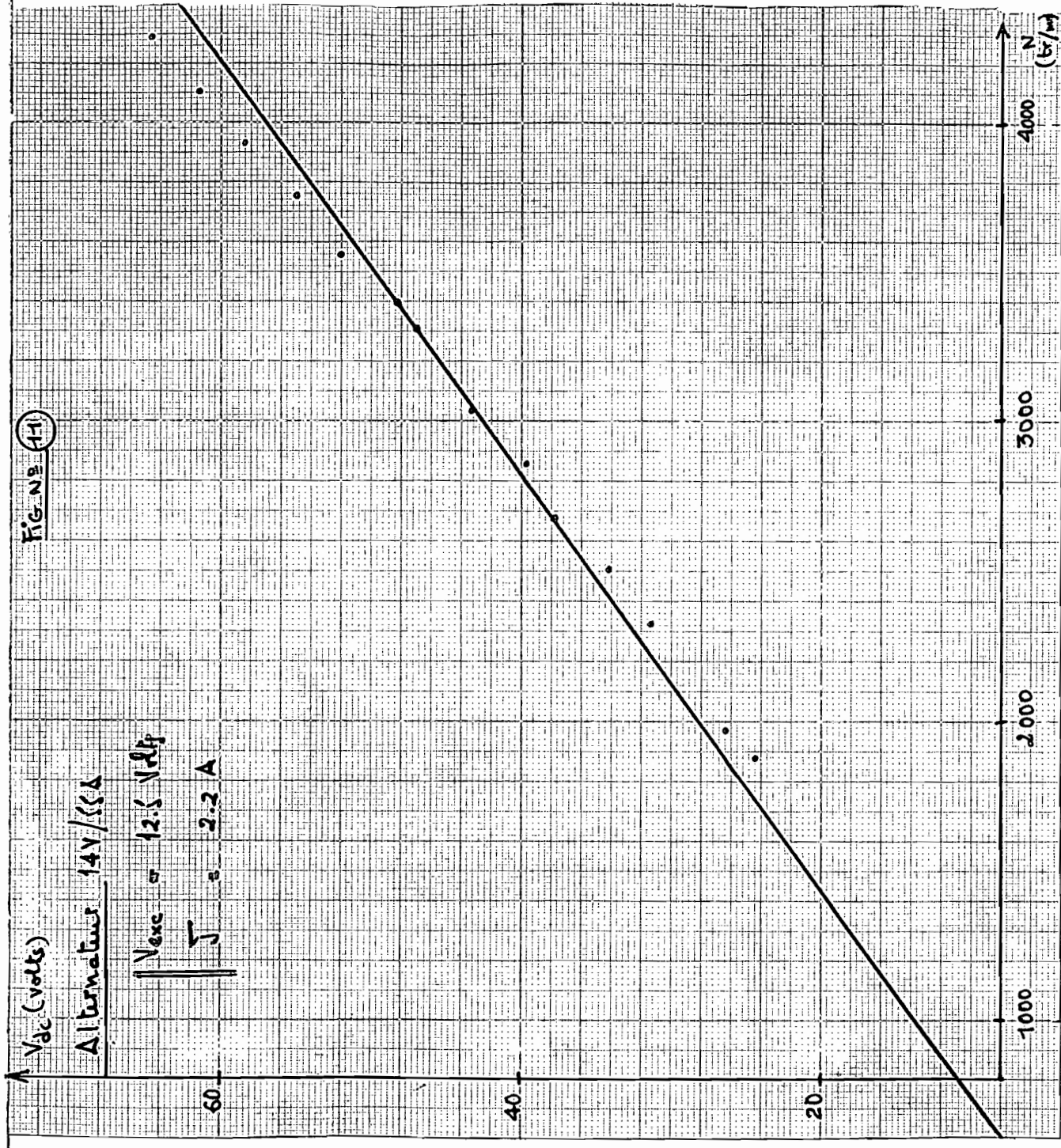
Pour

$$V_{dc} = 220 \text{ Volts}$$

II-6

- CONCLUSION :

Partant des études faites sur trois types différents d'alternateurs, pour une gamme allant de 33 à 55 ampères ; nous pouvons émettre le jugement suivant :  
Pour une excitation normale, - correspondant à une bat -



teris d'accumulateurs, entre 12 et 13 volt, ( $\approx I = 1.8 \text{ à } 2.5 \text{ Amperes}$ ) les régimes de rotation - à vide pour atteindre le Cap des 120 et 220 volt, - de tension générée sont respectivement de l'ordre de 8500 et 15000 tr/mn.

- Cela ne veut nullement dire que ces limites peuvent être atteintes. Car nous savons que 8500 tr/mn de l'alternateur Morelli son moteur et à son régime maximal. Orne - à moins de n'élever les rapports d'entraînement - ces régimes sont difficilement accessibles.

!!!

## - COMPORTEMENT EN CHARGE

II-1

### - CHUTE - de TENSION

Lorsqu'on place - à la sortie une charge, il circule - à travers - cette charge un courant  $\bar{I}_d$  qui induit une chute de tension. La chute de tension est une réalité une force contre électromotrice - qui dépend

1° de la résistance de l'induit (chute  $R_a \bar{I}$ )

2° - . . . réaction magnétique de l'induit  
( dépend de  $\bar{I}$  et de  $\phi$  )

3° - des fuites magnétiques (chute  $L_w \bar{I}$ )

Mais aussi cette chute de tension dépend

4°) - de la résistance interne du pont redresseur  
(Chute  $R_f \bar{I}_{dc}$ )

Avec

$I$  : Courant alternatif généré par phase (Aval du Pont)

$\bar{I}_{dc}$  : Courant continu à travers la charge (Aval du Pont)

La chute relative de tension est définie par

$$\xi \% = 100 \times \frac{E_v - U}{E_v}$$

- avec  $E_v$  : La tension à vide

$U$  : " " " en charge.

III.2°

### RESULTATS - des TESTS

Les charges résistives utilisées pour les études en charge sont des plaques chauffantes retirées d'un four électrique. Pour un four qui se comporte quatre les caractéristiques sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} 220 \text{ Volts} \\ 9.3 \text{ Ampères} \\ 2240 \text{ Watts} \end{array} \right.$$

Nous n'avons pu disposer que de trois plaques, dont la résistance mesurée à froid de chacune est  $R = 10 \text{ ohms}$ .

Avec les sept combinaisons  $R$ ;  $R+R$ ;  $R+R+R$ ;  $R||R$

$R \parallel R \parallel R$  ;  $(R \parallel R) + R$  ;  $R \parallel (R + R)$  une autre série  
 Le résultat, porté au tableau ci-dessous.

(Excitation à 12.5 Volt)

CHARGE	$R_{eq}$ ( $\Omega$ )	$I_{dc}$ (A)	$\bar{J}$ (A)	$V_{dc0}$	$V_{dc}$
-	$\infty$	0	2.1	96.6	96.6
R	10	9.6	2.0	91.3	67
R+R	20	6.6	2.0	91.3	76.3
R+R+R	30	3.8	2.0	91.3	80.4
R    R	5	16	2.15	93	66.4
R    R    R	3.33	20.7	2.25	93	48.7
R+(R    R)	16	6.8	2.1	95	71.1
R    (R+R)	6.67	13.1	2.1	93	69.9

- TABLÉAU N°4

NB:

1. Les valeurs, ci-dessus sont le résultat d'essai sur alternateur Moselli-Magnetti 14V/33A
2. La même référence n'a pas été utilisée pour  $V_{dc0}$  à cause des risques de dommage en relevant trop

Le régime pendant tout le temps que prend la manœuvre ;  
 mais aussi les difficultés d'ajuster le régime de rotation  
 du moteur .

### III-2.1/ -CALCUL des CHUTES de TENSION

Nous le calculons pour toute les charges - à partir  
 de la formule Page 43 Section III-1 .

$I_{De}$ (A)	0	3.8	6.1	6.8	9.1	13.1	16	20.7
$\varepsilon\%$	0	11.9	17.1	21.2	26.6	31.6	40.4	47.6

-TABLEAU N°5

La fig N°13 dans le graphique de  $\varepsilon\%$  en fonction  
 de  $I_{De}$

Nous voyons que la chute augmente quand  $I_{De}$  croît et  
 que la pente des droites pour de valeurs de  $I_{De}$  inférieures  
 est - à 13 Velt - tend à s'adoucir au delà .

III-3

### COMPENSATION de la CHUTE de TENSION

Le  $\Phi$  chute de tension se manifestant ici par une  
 baisse du régime de rotation du moteur, pour la com-  
 penser il faut agir au tout inverse. C'est - à dire  
 relever le régime - à un niveau correspondant - à cette

ε %

Fig. No. (12)

- Chute relative - de tension en charge -

40

30<sup>15</sup>

20

10

0

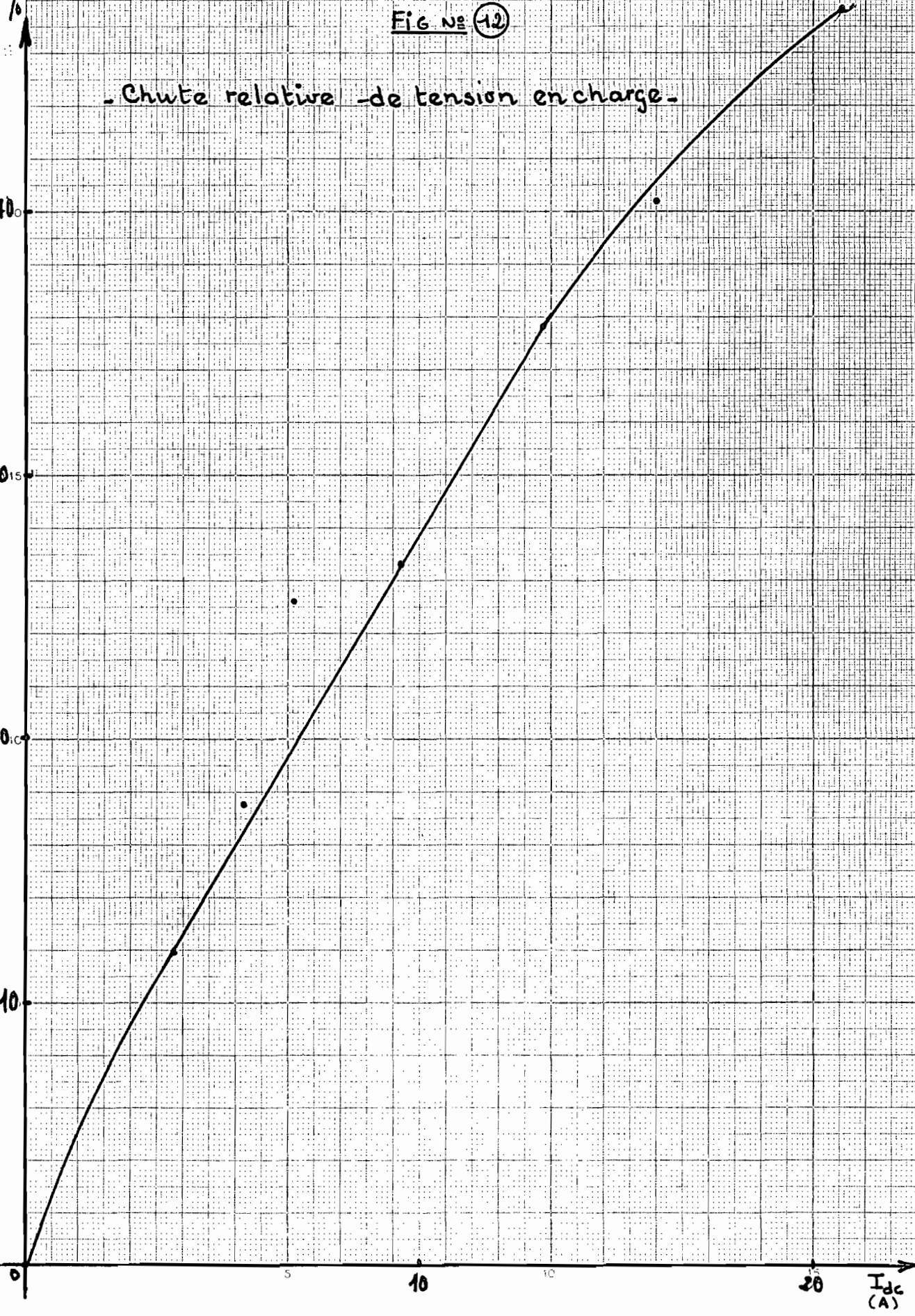
5

10

15

20

I<sub>dc</sub>  
(A)





Chute.

- Ce dont l'utilisateur aura besoin, c'est de savoir le régime de rotation auquel il faudra le porter suivant une charge donnée pour tomber à la tension désirée.

### III-3.1 / MÉTHODOLOGIE

- soit  $V_{dc}$  la tension désirée  
 $I_{dc}$  la charge estimée

déterminer  $N$ .

1° - Déterminer - à l'aide de la Fig N° 92 - la chute relative de tension  $\varepsilon\%$  correspondant - à  $I_{dc}$

2° - Calculer  $V_{dc0}$  connaissant  $\varepsilon\%$  et  $V_{dc}$   
 selon

$$\varepsilon\% = 100 \frac{V_{dc0} - V_{dc}}{V_{dc0}}$$

- soit

$$V_{dc0} = V_{dc} / (100 - \varepsilon\%)$$

3° - Déterminer - à l'aide de la Fig N° 10 - la vitesse de rotation  $N$  correspondant - à  $V_{dc0}$  calculé

III-4

### RECHARGE de la Batterie

Nous devons en tout état de cause éviter de de.

charger la batterie - à son plein tel - qu'elle ne puisse répondre - à ses besoins ni être pleinement utilisée. C'est pour cette raison que le contrôle de la décharge revêt une caractéristique importante.

On peut, en connaissant la capacité de la batterie et en mesurant le temps de décharge maximal à un rythme donné. Selon la méthode française de décharge, (la plus utilisée) une batterie de 60 ampères-heures peut supporter pendant 10 heures long 27°C. A la fin de cette décharge la tension par élément ne devrait pas tomber au-dessous de 1.75 V. Sur 40.5 V pour une batterie de 12 V (6 éléments). A la limite la tension d'utilisation doit être entre 9 et 14.4 V.

En se référant au tableau N° 4 vous voyez que l'excitation (5) varie très peu en fonction de I de. Si vous consultez mes valeurs moyennes de 5, elle sera de 2.1 ampères donc une décharge lente.

Dans le cadre d'une utilisation comme la votre, ce qu'il faudrait faire - c'est contrôler la tension aux bornes de la batterie, au permanence - à l'aide d'une cellule de plomb ou bien une recharge rapide (40 ampères max) au réarmement momentanément la régulation de tension et au-dessus le régime des moteurs.

## - ECHAUFFEMENT

- L'échauffement d'une machine dépend en particulier du cycle d'utilisation. La durée de vie d'une machine est fonction de sa durée d'efficacité de travail.

Plus la température est élevée, moins la machine vivra longtemps. Si la machine a une marche cyclique, son échauffement dépendra de la valeur efficace de la puissance demandée.

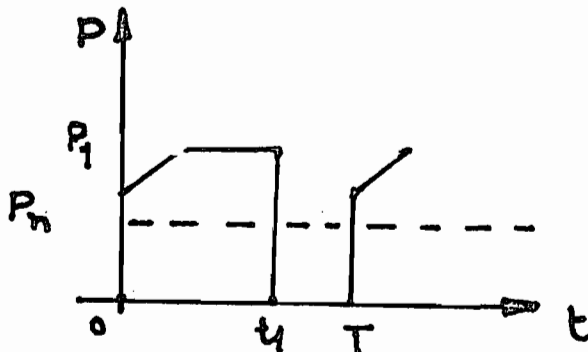
Si  $T$  est la période du cycle, la puissance nominale minimale<sup>(1)</sup> de la machine à utiliser du point de vue de l'échauffement sera :

$$P_n = P_{th} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2 dt} \quad (1)$$

$P$ : puissance d'utilisation.

(1) La puissance que la machine peut fournir momentanément sans risque de dommage dû à l'échauffement.

- soit la distribution suivante :



Soit  $T - t_1 = \Delta t$   
 d'après la formule (1)

$$P_n^2 T = \int_0^T P^2 dt$$

Soit

$$P_n^2 T \approx P_1^2 t_1 + 0. \Delta t$$

$\Rightarrow$

$$\left(\frac{P_n}{P_1}\right)^2 T = T - \Delta t$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta t = T \left[ 1 - \left(\frac{P_n}{P_1}\right)^2 \right]}$$

- Cela veut dire que :

Pour notre alternateur 14V/33A

- Soit  $P_n = 462 \text{ Watt}$

- Si nous l'utilisons à 1.5kW soit 1500Watt

pour une période  $T = 5 \text{ minutes}$

Alors

$$\Delta t = 5' \left[ 1 - \left(\frac{462}{1500}\right)^2 \right]$$

$\Rightarrow$

$$\Delta t = 4.52' \text{ soit } 4'32''$$

Donc pour un cycle total de 5 minutes nous devons l'employer (à 1500Watt) que pendant 28 secondes et le repos pendant les autres 4 minutes 32 secondes.

- REMARQUE :

- Si nous nous limitons à cette simple considération nous

risques d'observer une marge de sécurité un peu trop étroite ; - car au fait il y a un paramètre dans une autre fait si jugé à priori. C'est la ventilation pour la refroidissement.

Neut savoir donc (cf construction) - qu'une ventilation est classé au même type que la poutre d'entrainement sur l'arbre du rotor - à la tige de la machine. Le ventilateur entraine - à la même vitesse que le rotor - assure une ventilation sur la bobine et la pour plusieurs d'air plus intense que la régime du moteur et silencieux.

Compte tenu de ce paramètre important une autre donc tenu - à faire une étude d'isolament, à l'aide d'un thermocouple immergé dans l'ambiant du Pout plusieurs ; un des points sensibles - à l'usage de la charge.

#### IV-1 VARIATION de la TEMPERATURE avec la CHARGE

Notations :

$T_A = 38^\circ\text{C}$	-> température ambiante du local
$t_i$	-> température lors que la charge est appliquée
$t_f$	-> après une minute de marche sous charge.

$V_{dc}$ (Volts)	$I_{dc}$ (Ampères)	$t_i$ (°C)	$t_f$ (°C)	$P$ (Watts)	$\Delta t$ (°C)
47	3.3	33	46	166.1	12
66	4.4	36	44	286	9
86.3	8	37	48	442.4	11
40	16.8	48	46	672	-3
40.3	17.1	46	43	689.1	-2
61	4.3	46	42	262	-3

- TABLEAU N: ⑥

L'interprétation de tels résultats, il convient de l'avouer et être délicate. Toutefois nous remarquons que la ventilation tend à limiter la température à une valeur maximale de 48°C indépendamment de la puissance générée.

#### IV.2 RYTHME de REFROIDISSEMENT

L'alternateur tournant à vide à 37 volts, soit environ 3200 tr/min. après un fonctionnement en charge, nous obtenons les mesures suivantes

$t_i$  → température initiale

$t_f$  → " " après 3 minutes partant de la mesure

- de  $t_i$ .

$t_i (^{\circ}\text{C})$	48	45	40
$t_f (^{\circ}\text{C})$	45	40	34

TABLEAU N° 7

Nous remarquons - que la température décroît lentement - à partir des valeurs hautes et ensuite rapidement - aux valeurs basses pour stagner à environ  $34^{\circ}\text{C}$  - après 9 minutes.

Pour l'ensemble nous pouvons accepter une diminution de  $1.6^{\circ}\text{C}$  par minute. (Pour une ventilation à  $3200\text{ m}^3/\text{m}^2$ )

### II.3 - CONCLUSION:

Au vu de ces résultats et - au vu - du fait que la zone de fonctionnement du ventiel au chaud de certains appareils et de  $25^{\circ}\text{C}$  - à  $80^{\circ}\text{C}$  nous pouvons affirmer - que le problème d'échauffement ne se pose pas tout au moins pour une utilisation allant jusqu'à environ  $700\text{ Watt}$ . Nous mettons toutefois une réserve sur la parallèle entre nos mesures et les caractéristiques fournies par les constructeurs. (Voir Annexes B )

## V

## - CONCLUSIONS

Au regard de ces études les conclusions suivantes

- S'imposent :

- a/ Dans l'état actuel de la construction des véhicules automobiles, on ne peut faire travailler l'alternateur au delà de 120Veff, continue. Car le régime de rotation est - à ce nivel maximal. Pour aller au delà il faudrait modifier le rapport d'entraînement - en utilisant un multi- multiplicateur de tension.

b/ La tension continue de sortie est réduite car il n'y a pas de filtrage. Pour des applications en le continue serait de rigueur il faudrait aménager un filtre. c/ Le régime du moteur étant difficile - à stabiliser, la tension générée étant donc fluctuante, une stabilisation est nécessaire.

d/ Le problème de l'échauffement - ne constitue pas un fait qui tal une handicap de taille. Toutefois il faut veiller - à limiter le courant de charge - à la valeur nominale qui représente le niveau sécuritaire de conduction du bobinage et des diodes redresseurs.

e/ La tension alternative que nous recueillons par un - bobin n'est pas - directement utilisable à 120Veff;

- Car la fréquence est trop élevée. De l'ordre de 870 Hz.

f/ Pour des besoins en alternatif, un org-



time - redoubleur / Fite et nécessaire pour transformer  
le .continue en alternatif .

- Ces diverses suggestions font l'objet du paragraphe  
suivant .

# PARTIE - F

APPAREILLAGE ACCESSOIRE

AU CHOIX

DE L'UTILISATEUR

I

## INTRODUCTION

Nous divisons - à travers ce chapitre - divers accouplages dont l'utilisateur pourra faire appel - à son gré, selon l'option qu'il aura faite.

L'usage de ces accouplages, du moins certains n'est pas indispensable, mais contribue - à rendre l'utilisation de l'altérateur plus efficace.

II

## FILTRE

L'inductance aux bornes de la résistance d'utilisation d'un redresseur et comme montré - à la fig N° 1 un sériel trop grande. Pour atteindre cette modulation et la supprimer ainsi - de l'onde continue parfaite, il faut intercaler un filtre entre la redresseur et l'utilisation. Le plus souvent il est composé de condensateurs et d'une inductance accouplés selon les trois branches d'un triangle. (Cf fig N° )

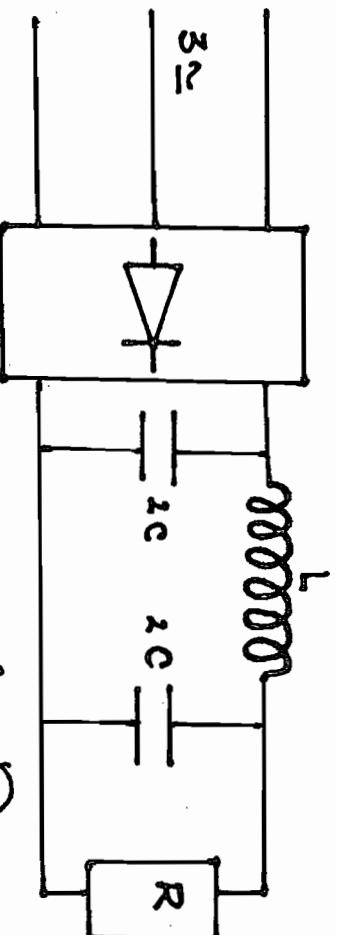


Fig N° 13 (Filtre en  $\pi$ )

L'efficacité du filtrage est d'autant plus grande que l'inductance de la bobine et la capacité sont grandes. Il faut cependant veiller à respecter les valeurs limites - de  $L$  et  $C$ .

La figure N° constitue un exemple de filtre passif tant d'autes.

Les fréquences de coupures sont données par les relations

$$LC\omega^2 = 0, \text{ soit } f = 0$$

$$LC\omega^2 = 4, \text{ soit } f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\left| \begin{array}{l} L \text{ en Henry} \\ C \end{array} \right.$$

en microfarads

La bande passante est définie alors par la condition

$$0 < f/f_0 < 1, \text{ soit } f < f_0$$

La bande passante est alors limitée par les fréquences 0 et  $f_0$ . Les fréquences supérieures à  $f_0$  constituent la bande atténuée.

L'affaiblissement est défini par le rapport  $\bar{I}_0/\bar{I}_1$  des amplitudes des intensités mesurées à l'entrée et à la sortie du filtre. on pose

$$\bar{I}_0/\bar{I}_1 = e^{b/8.69}$$

$b$  exprimé en décibels.

Lorsque l'emploi d'une seule cellule ne donne pas un affaiblissement suffisant on monte  $n$  cellules en série de même fréquence de coupure et de même impédance

Caractéristique. L'affaiblissement total est alors,  $n$  fois l'affaiblissement d'une cellule.

Vous avez remarqué que ceci constitue un filtre passe-bas et nous choisissons  $F_0$  égale à la fréquence de l'ondulation soit  $F_0 = 0.6N$ , de façon à atténuer toutes les harmoniques du signal; la fondamentale comprise.

On peut aussi déterminer  $L$  et on prendra  $X_L$  dix fois supérieure à  $X_C$  avec:

$$X_L = 2\pi fL \quad \text{et} \quad X_C = 1/2\pi fC$$

III

## STABILISATEUR

Lorsqu'à la sortie du filtrage la tension d'ondulation est encore grande pour l'utilisation envisagée, il faut avoir recouru au filtrage dynamique obtenu automatiquement en plaçant un stabilisateur de tension à la suite du redresseur et du filtre. De cette façon on parvient à amoindrir toute répercussion d'une variation de la tension du réseau ou de l'intensité du courant fourni à la charge.

Sei aussi différentes possibilités s'offrent à nous.

STABILISATION par diode ZENER.

Elle nous limite dans la puissance à utiliser. On effectue

la puissance délivrée par ce régulateur est au maximum égale - à la puissance dissipée - à vide - dans la diode Zener. Par ailleurs, la température de la diode peut varier dans de grandes proportions et la diode thermique (Variation de  $V_f$  avec la température) peut être un problème.

STABILISATION par Transistors vus à un Collecteur commun :

Éci aussi la diode thermique et autres grandeurs, car en somme elle due - à la diode et celle due au transistor.

STABILISATION par Régulateurs série

- Ce montage - a des performances bien supérieures aux montages précédents. Un de ses gros avantages est de régler la tension de sortie de manière simple

- Ce type - de régulateur est d'usage plus courant et divers prototypes sont disponibles sur le marché.

Au premier vue on remarque que la puissance et une dissipation de design.

(-cf FIGURE 14)

Fonctionnement : Soit  $Z$  une diode série avec la résistance  $R$ , et alimentée sur la tension  $V_f$ , la tension  $V_Z$  entre les bornes peut être considérée comme une tension de référence fixe car cette diode est polarisée

par un courant faiblement constant. La tension  $U_a$  est donc  $T_1$  et mesurée au collecteur commun : la tension  $U_c$  est donc légèrement inférieure à  $V_{BE1}$  et elle se varie par le  $V_{BE1}$  est constant. On suppose maintenant que la tension

$U_a$  augmente et que cela entraîne une légère variation de  $U_c$ . La tension base émetteur de  $T_2$ , égale à  $(k U_c - U_Z)$  varie légèrement et la courant collecteur de ce transistor augmente dans de grandes proportions (du fait de l'amplification appelée par  $T_2$ ). Ce courant était faiblement égal à celui qui traverse la résistance  $R_1$  augmentant donc et en revanche, la tension  $V_{BE1} = U_a - R_1 I_1$  diminue faiblement constant car les deux tensions varient dans le même sens. Et en même temps pour la tension  $U_c$ .

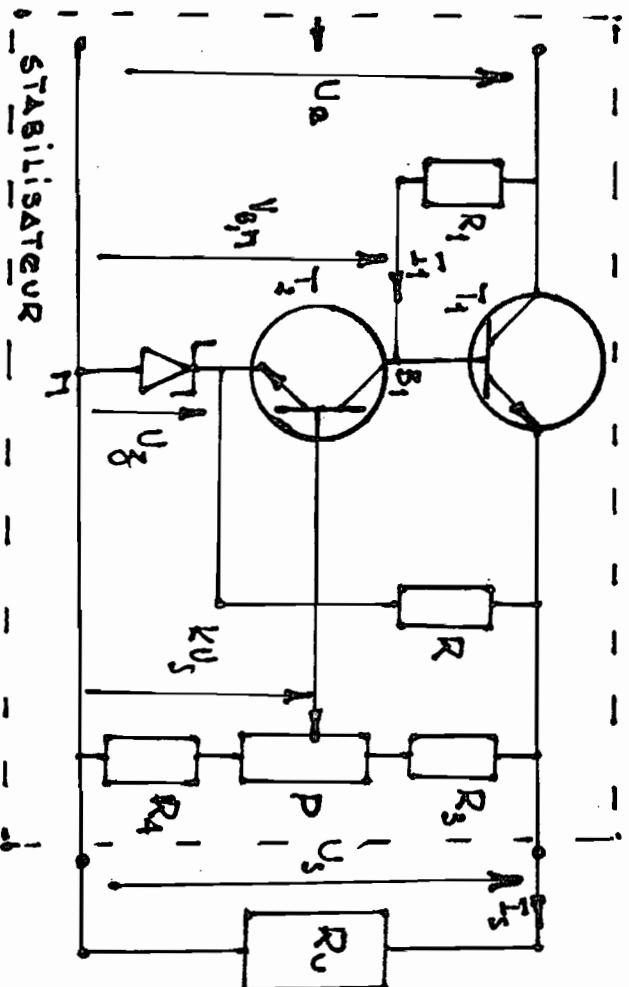


Fig N° (14)

## IV MULTIPLICATEUR de TENSION

Un multiplicateur de tension est un redresseur particulier qui fournit une tension continue dont la valeur est sensiblement un multiple de la tension alternative sous laquelle il est alimenté. Si un condensateur est placé en série avec une diode et une source de courant alternatif délivrant une tension donnée par l'équation  $e = \hat{E} \cos \omega t$ , il prend une charge égale à celle que lui fournirait un générateur de courant continu de f.e.m. égale à  $\hat{E}$ . La diode impose donc une sens de circulation au courant; elle permet de charger le condensateur et empêche qu'il se décharge. La disposition des diodes déterminant la polarité des tensions continues.

Le multiplicateur de tension s'inspire du doubleur de Schenkel dont le principe est le suivant.

(- C.F. Fig N° (16) )

Lorsque le condensateur  $C_1$  est chargé,  $C_2$  est alimenté sous une tension égale - à la somme des d.d.p (différence de potentiel) entre les bornes de  $C_1$  et de celle fournie par la source de courant alternatif (pendant le laps de temps où il se charge). La tension entre A et B est égale - à  $2\hat{E}$ .



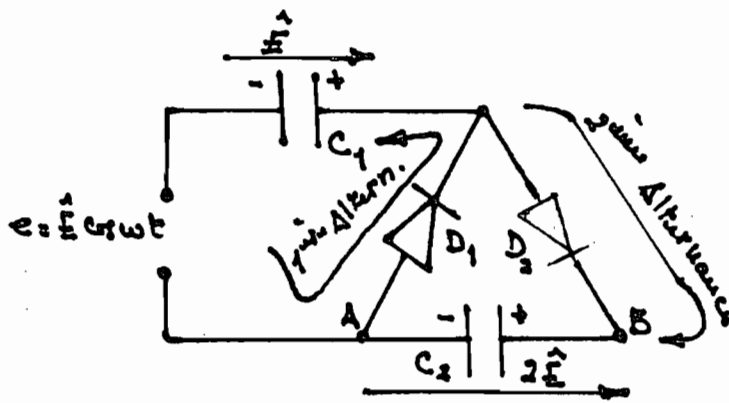


Fig N° (15) (Doubleur de tension)

En mettant en œuvre le principe du doubleur avec un nombre quelconque de groupements formés d'une diode et d'un condensateur, la tension aux bornes de chaque condensateur est égale à  $2\hat{E}$ , excepté pour  $C_1$ . Ainsi nous obtenons une tension égale à  $2u\hat{E}$  Volt, entre les points A et  $B_n$  et  $(2u-1)\hat{E}$  Volt, entre  $M$  et  $M_n$ .  
(CF Fig N° (16) )

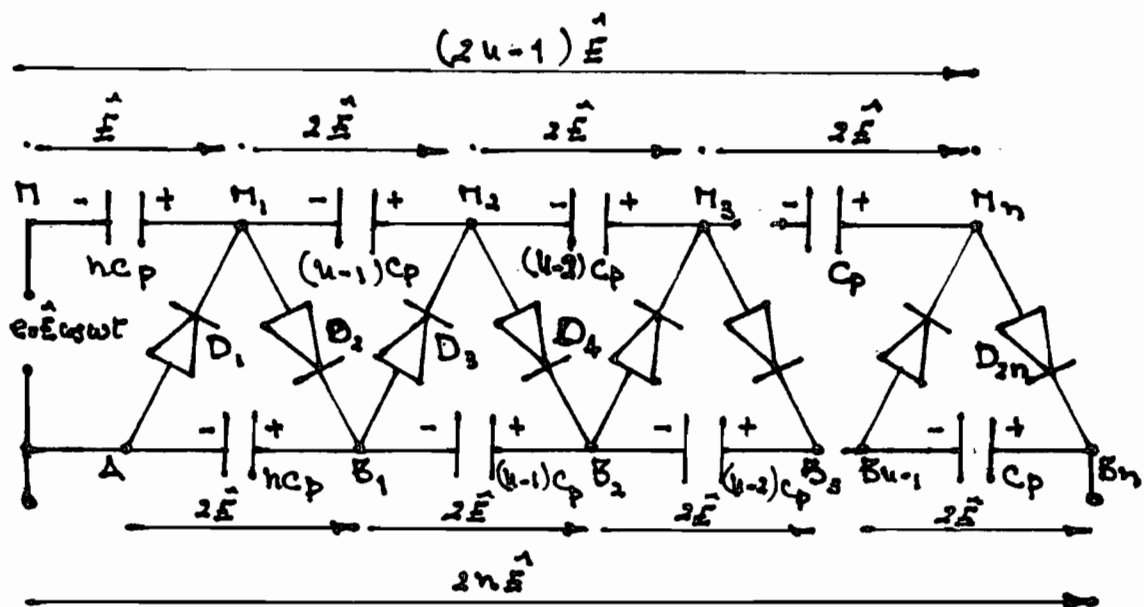


Fig N° (16) (Multiplieur de Tension)

- Suivant la tension  $\dot{E}$  et la puissance véhiculée  
- on choisit  $C_p$  et  $D_1, \dots, D_{2n}$ .

(Réf N° [11] )

- Si nous avons été amenés à porter notre réflexion sur  
une telle solution - c'est parce que - d'une part pour ac-  
céder à 120V, - généralement le régime du moteur  
d'entraînement est très élevé.

- Ce montage nous permettrait d'utiliser directement  
notre by-pass pour élever la tension et remédier ainsi  
au problème déjà cité.

Pour ce faire il nous faut utiliser les résultats déjà  
acquis et se référer aussi sur les caractéristiques de  
- Constructeur, ( ANNEXE B ) pour estimer (au DC) l'in-  
tensité disponible. - C'est un pré-requis au design du  
multiplicateur. Ainsi nous n'aurons pas besoin  
- de fonctionner à des vitesses - de l'ordre de 8000 tr/mn  
En effet l'ANNEXE B montre - que la saturation  
- commence à s'installer - vers 4000 tr/mn soit la  
moitié. Il s'agira - à partir - de la tension de  
sortie - de choisir le nombre d'étages du multi-  
plicateur.

## V ONDULEURS

El: Permettent la conversion du courant continu en courant alternatif. Ce sont des appareils généraux mais - à base d'éléments semi-conducteurs, dit thyristors pour des puissances moyennes ou grandes. Il en existe deux types: les onduleurs actifs et les onduleurs autonomes. Les derniers, les ceux qui doivent fournir de l'énergie à un réseau passif disposent de sources de courant. A ce moment l'amplitude, la phase, la fréquence et la tension alternative sont réglables et leurs valeurs leur sont imposées. Un onduleur se distingue en trois types les onduleurs à à 1° de mutateur:

Il convertit le courant continu en courant à

- courants.

1°/ de Filte: son rôle consiste essentiellement - à éliminer les harmoniques du courant alternatif et à transformer ce courant en une onde carrée qui la commande finit par la fondamentale.

2°/ de Dispositif - de Commande et de Régulation:

Il sert à régler l'amplitude

de la tension de sortie.

Des onduleurs, de types simples et triphasés sont disponibles

dans la commande.

Nous décrivons le principe de fonctionnement en prenant l'exemple d'un redressement monophasé et ici le montage le plus fréquent : celui du mutateur Fig N° (17)

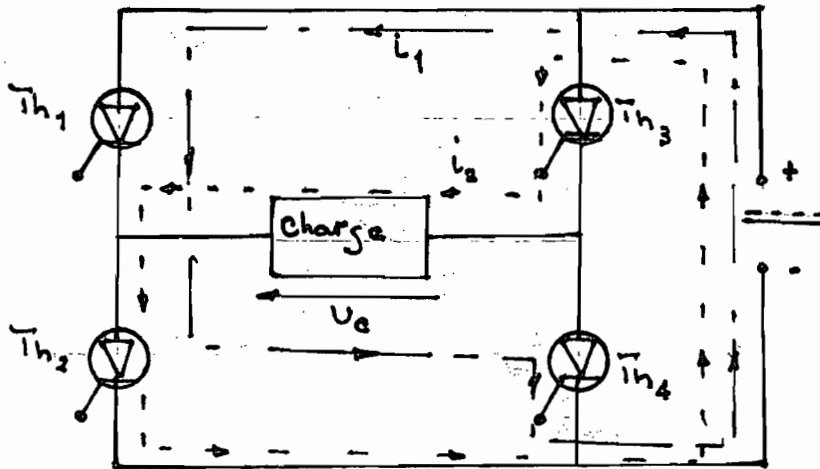


Fig N° (17) Mutateur (sans circuit de commande)

1<sup>er</sup> Temps

$Th_1$  et  $Th_4$  sont amorcés,  $Th_2$  et  $Th_3$  sont bloqués.

nous avons le courant  $i_1$

2<sup>ème</sup> Temps :

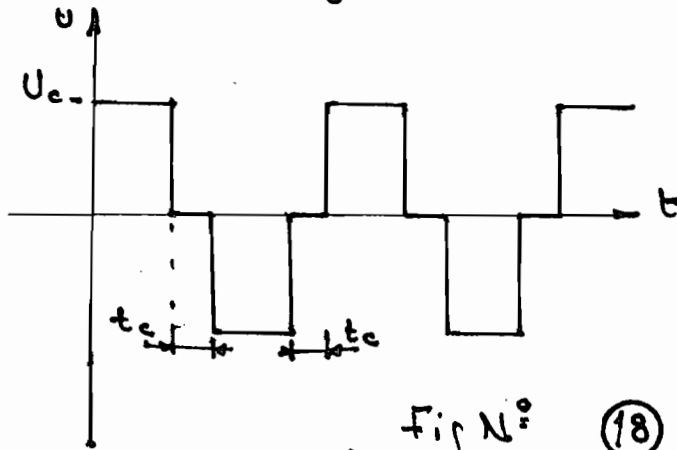
$Th_3$  et  $Th_2$  sont amorcés ;  $Th_1$  et  $Th_4$  sont bloqués

nous avons le courant  $i_2$  qui traverse la charge dans le sens contraire de  $i_1$ .

La charge est donc parcourue par un courant alternatif. La tension alternative efficace est réglable si on découpe d'un temps  $t_c$

- l'amorçage de  $Th_4$  à  $Th_1$
- " " "  $Th_3$  à  $Th_2$

Plus  $t_c$  se rapproche de la demi-période, plus la tension appliquée à la charge et à cristaux minces. Cf. Fig N (18)



Nous avons

$$U_{c,eff} = \frac{1}{T} \int_0^T U_c^2 dt = \frac{1}{T} \left( \int_0^{t_c} 0 dt + \int_{t_c}^{T/2} \varepsilon^2 dt + \int_{T/2}^{T/2+t_c} 0 dt + \int_{T/2+t_c}^T \varepsilon^2 dt \right)$$

$$\Rightarrow U_{c,eff}^2 = \frac{1}{2} (\varepsilon^2 T - 2\varepsilon^2 t_c)$$

$$\text{soit } U_{c,eff} = \varepsilon \sqrt{1 - \frac{2t_c}{T}}$$

### FILTRAGE :

D'après les développements au théorème de Fourier n'importe quelle onde périodique peut se décomposer en onde harmoniques de même gamme harmonique. La valeur de l'onde  $v$ , à n'importe quel instant se calcule en ajoutant la composante continue aux valeurs instantanées des harmoniques.

$$\text{soit } v = V_{moy} + V_1 \sin(\omega t + \phi_1) + V_2 \sin(2\omega t + \phi_2) + \dots + V_n \sin(n\omega t + \phi_n)$$

$V_{\text{moy}}$  représente la composante continue,  $V_1 \sin(\omega t + \phi_1)$  la fondamentale.

Les termes  $V_1, V_2, \dots, V_n$  sont les valeurs de crête des harmoniques.

$$\omega = 2\pi f_1 \quad \text{et} \quad f_n = n f_1$$

Dans le cas du mutateur  $V_{\text{moy}} = 0$  et si nous voulons sélectionner la fondamentale, il s'agit de concevoir un filtre passe-bas (ou passe-bande) cf Fig N° 13 et -item II Page 19. de telle sorte que :

$$f_1 < F_0 < 2f_1$$

Les autres harmoniques étant atténuées nous obtenons une onde hybride.

## V - CONCLUSION

Les divers -appareils- accessoires que nous avons passés en revue existent en modèles bien déterminés. Leur usage peut dans -certaines- applications, s'avérer très profitable. Tous ne sont pas nécessaires au même temps. Les combinaisons suivantes peuvent être opérées.

1°/ → Combinaison -A

a./ Alternateur + b./ Filtré + c./ Stabilisateur → DC  
(DC)

2°/

→ -Combinaison -B

a./ -Combinaison -A + b./ Onduleur → (AC)

3°/ → Combinaison -C

a./ Alternateur + b./ Multiplicateur + Filtré + d./  
(AC) Stabilisateur  
(DC)

Diverses -Combinaisons- sont faisables selon les besoins et les dispositions.

PARTIE - G -

CONCLUSION

/

RECOMMANDATIONS



## I. CONCLUSION

Au terme de cette étude nous pouvons relever que les alternances d'autotricula, tout au moins -aux que nous avons vues au banc d'essai, -sont capables de générer une tension continue pouvant aller jusqu'à 120V<sub>eff</sub> pourvu qu'ils soient entretenus -au régime de - que.

Toutefois il y a lieu de noter qu'il existe une limitation au niveau du régime de rotation des moteurs. En effet il a été constaté que aux vitesses de 120V<sub>eff</sub> la machine se -é au régime maximal.

L'intensité de courant qu'ils peuvent délivrer et leur substraitilla ; seulement -en débitant -du courant il s'en suit une chute de tension -parfois très importante.

Tout -exemple fait -légation -à ce propos de fournir leur intensité nominale -é de tensions qui sont faibles du régime auquel ils sont entretenus.

Le courant alternatif -avant la réalisation et lui -à de fréquents très élevés et ne peut être utilisé -directement pour des niveaux de tension significatifs.

## II . RECOMMANDATIONS

Nos recommandations portent sur :

- 1°/ Une étude de coût de l'utilisation de l'alternateur aux fins que nous avons définies.
- 2°/ La Conception d'un système de "switching" - qui aurait pour rôle d'isoler les équipements du véhicule quand un appareil branche sur l'alternateur et en position marche ; et de remettre automatiquement l'équipement en marche à l'arrêt et - à l'arrêt - Cela constituerait un by-pass du régulateur .
- 3°/ Enfin un dispositif de protection -court-circuit et surcharge .

- BIBLIOGRAPHIE -

- [1] . A . FOUILLÉ . Electrotechnique - à l'u.  
Sage - des ingénieurs  
TOME . I      9<sup>ème</sup> Edition . 1973  
TOME . II     10<sup>ème</sup> Edition . 1980  
TOME . III    9<sup>ème</sup> Edition . 1973

DUNOD

- [2] . M . POLOUJADOFF . Machines électriques  
et Réseaux Industriels  
I. U. T Génie Electrique .

DUNOD ( Paris ) . 1972

- [3] . G . COMPAIN - et J . MEYERFELD  
Manuel - de l'Electricien D'automobile  
6<sup>ème</sup> Edition

CHIRON . MOTEURS

- [4] . A . P . MALVINO . Principes d'electro-  
que

MONTREAL 1978

Mc GRAW-HILL , Editeur,

- [5] . H . M . CHOLLET . Le Véhicule  
Sixième Edition , Révisé et Augmenté . 1975  
EDITIONS SPES . LAUSANNE

- [5] . M. DORY . L'électricité et l'automobile  
 5<sup>ème</sup> Edition  
 Revue et mise à jour par  
 E. BONNAFOUS  
 TECHNIQUE et VULGARISATION  
 Paris (13<sup>ème</sup>) . 1971
- [6] . JOHN DEERE . Notions Techniques - de Base  
Systemes Electriques  
 1968 by Deere & Company , Moline / Illinois  
 U.S.A
- [7] . P. DEJUSSIEU . PONT CARRAL . Encyclopedie  
- de l'électricité  
 Tome Premier  
 LAROUSSE (PARIS VI<sup>e</sup>)
- [8] . Techniques - de l'ingénieur - Electrotechnique  
 Machines Electriques  
 D3-II  
 (PARIS)
- [9] . Encyclopedie - des sciences Industrielles  
 Quillet  
 Electricité . Electrotechnique - Generalités  
 Librairie ARISTIDE QUILLET  
 ( Paris 7<sup>ème</sup> )

[10] . ROGER . MARTIN . Machines Electriques  
(Notes & cours)

E. P. THIES

[11] . J. BARANOWSKI - T. JANKOWSKI

Tranzystorowe UKŁADY IMPULSOWE

Wydanie II . poprawione uzupełnione

WYDAWNICTWA NAUKOWO - TECHNICZNE

WARSZAWA - 1969 -

ANNEXE

- A -

MAGNETISATION

## MAGNÉTISATION

Nous disions sur feu plus avant que la flux magnétique serait constant quand l'alternateur tourne au vide. Suivons le montage adpté; et que celui-ci n'est limité que par la bobine d'induction.

Qs sh les réalisés (cf Fig N° 19) montrent que pour une vitesse de rotation déterminée, la tension est sensiblement proportionnelle au flux avant saturation. Mais dès que ce seuil est atteint la tension devient invariable avant la flux; ce dernier vers le court-circuit est à vide fraction exclusivement du courant  $\bar{I}$  d'induction.

Soit fig N° 19 nous donne la courbe d'aimantation à 2000 tr/min de l'alternateur 14V/40A.

Pour avoir les valeurs de  $E_V$  à une vitesse  $N$  différente de 2000 tr/min, multiplions les valeurs de  $E_V$  du graphique

par  $\frac{N}{2000}$ .

Démonstration:

Selon la formule au E-II Page 30

$$E_V = AN\phi$$

$$\text{à 2000 tr/min, } E_{V_1} = \Delta \times 2000 \times \phi_1$$

$$\text{à } N \quad E_{V_2} = \Delta \times N \times \phi_2$$

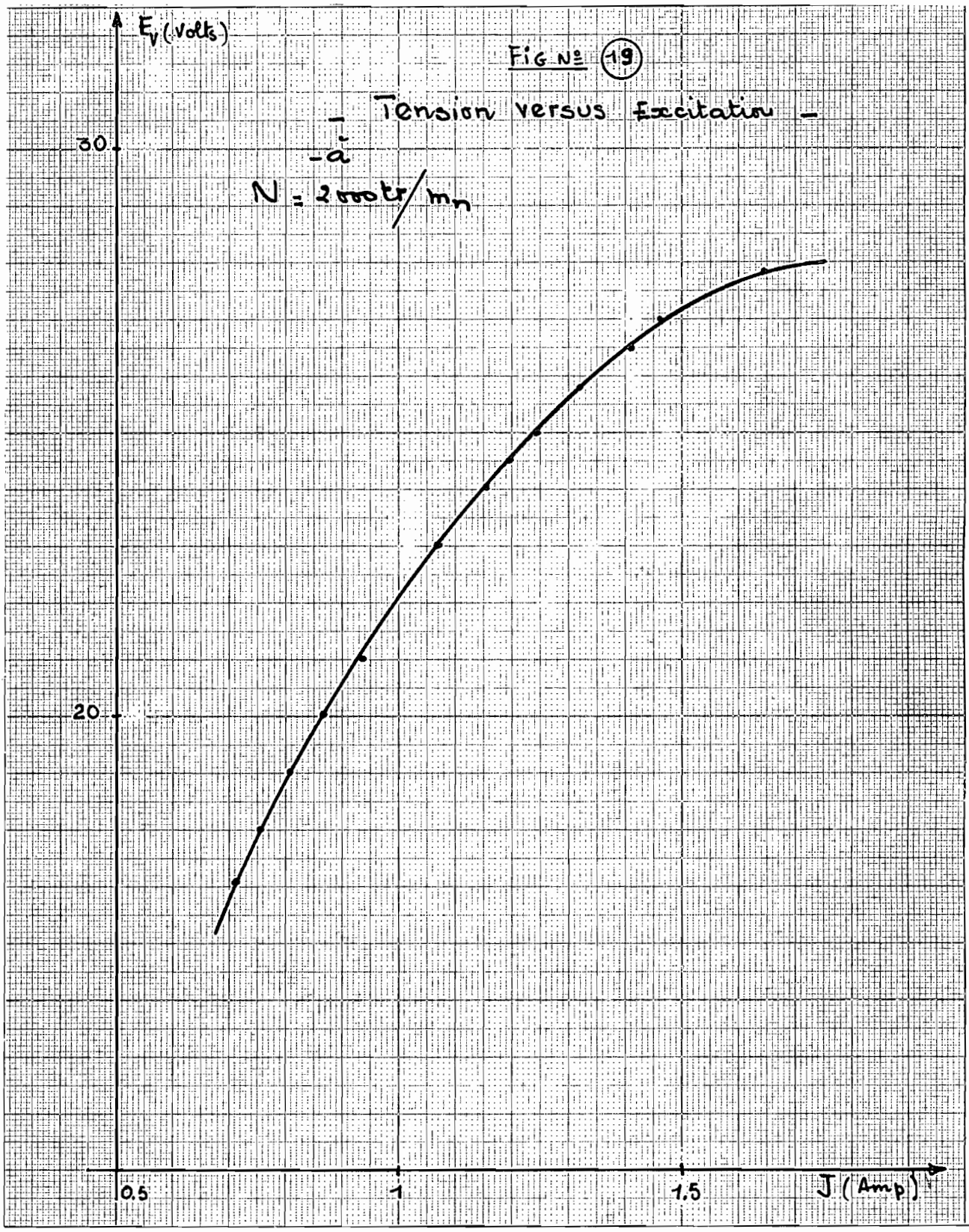
$$\text{Si } \bar{I}_1 = \bar{I}_2 \quad \text{alors } \phi_1 = \phi_2$$

$$\text{bit } E_{v_2} = E_{v_1} \times \frac{N}{2000}$$

Nous retiendrons de cette étude les conclusions suivantes :

- 1 - L'excitation est maximale dans les conditions du montage (excitation libre)
- 2 - Pour une vitesse de rotation donnée nous obtenons directement la mesure de la tension maximale possible.
- 3 - En chargeant l'alternateur, il est évident que le flux s'accroît, mais l'influence sur la tension de sortie n'a pas lieu car le seuil de saturation sera déjà atteint.





ANNEXE - B

CARACTERISTIQUES D'ALTERNATEURS

DE

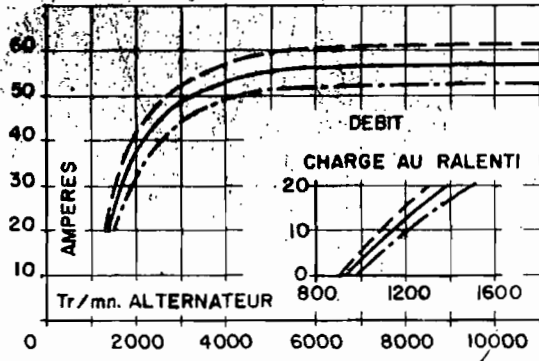
CONSTRUCTEURS

# CARACTÉRISTIQUES

FROID (-32°C) / NORMAL (+25°C) / CHAUD (+80°C)



7 Volts 50/60 Amperes



18 Volts 30/40 Amperes

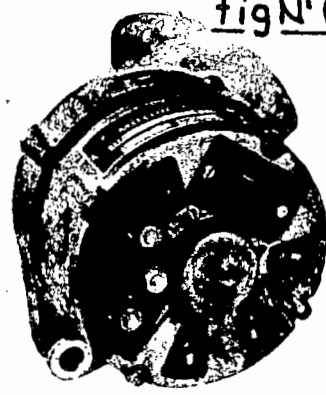
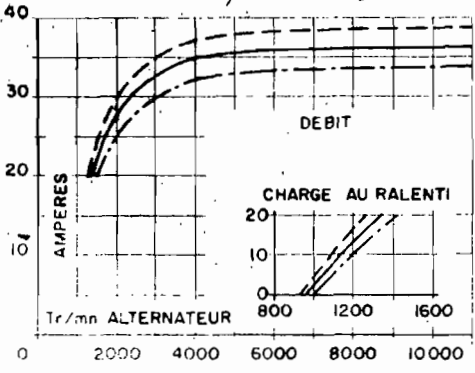


fig N° 20

Fig N° 21

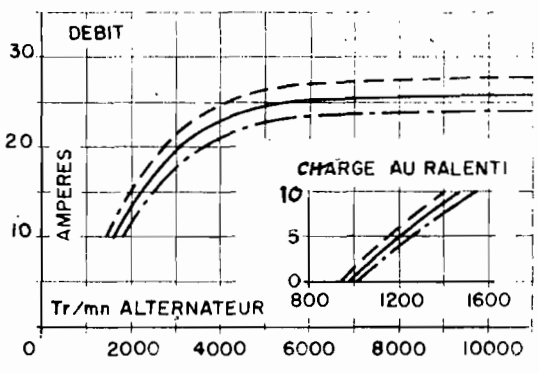
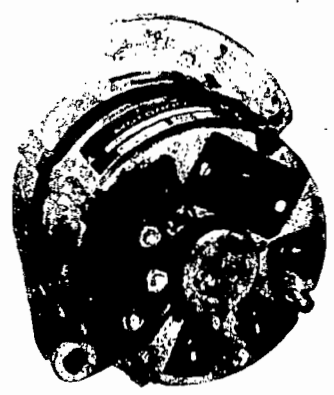


fig N° 22

## ENCOMBREMENT

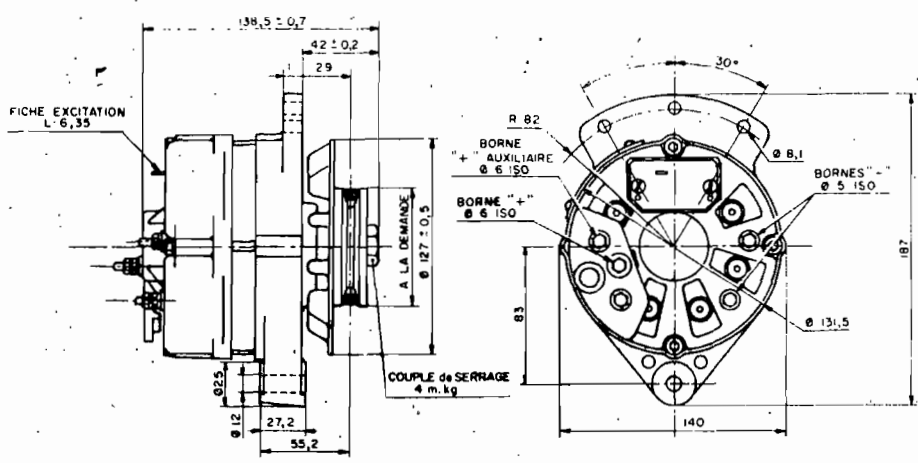
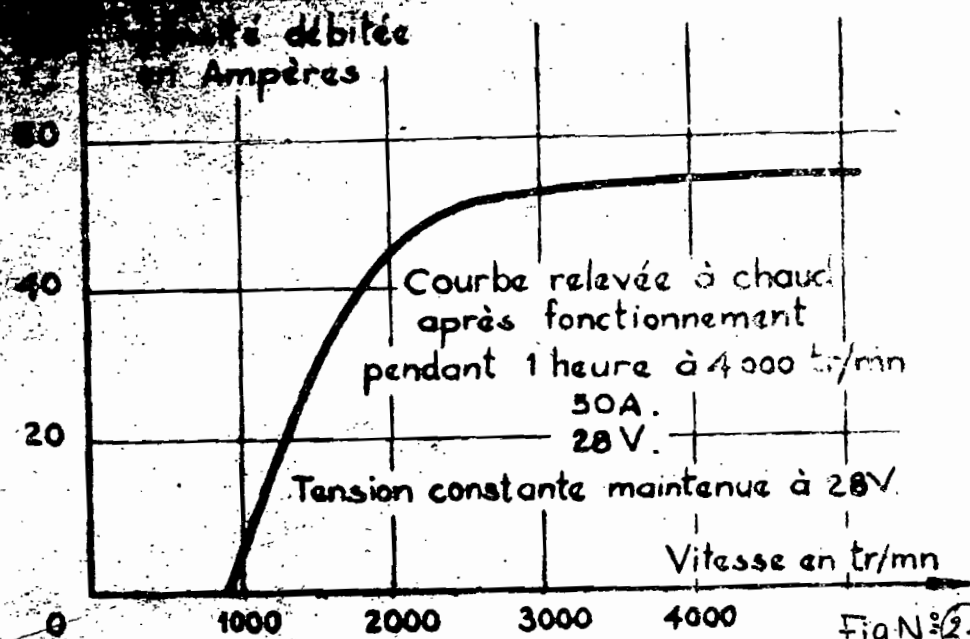


fig N° 23



Courbe de débit AI6R 21 T

Fig N: 24

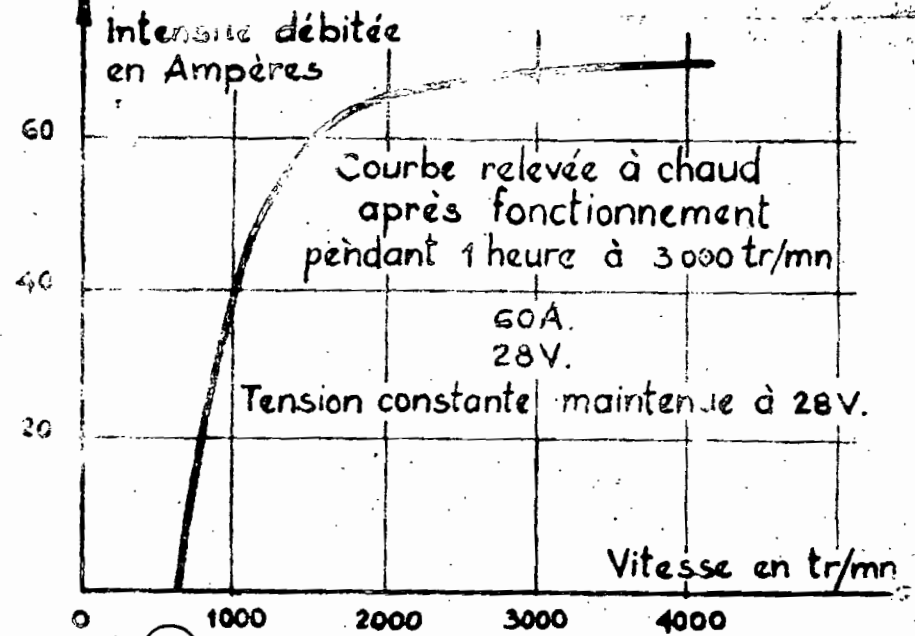
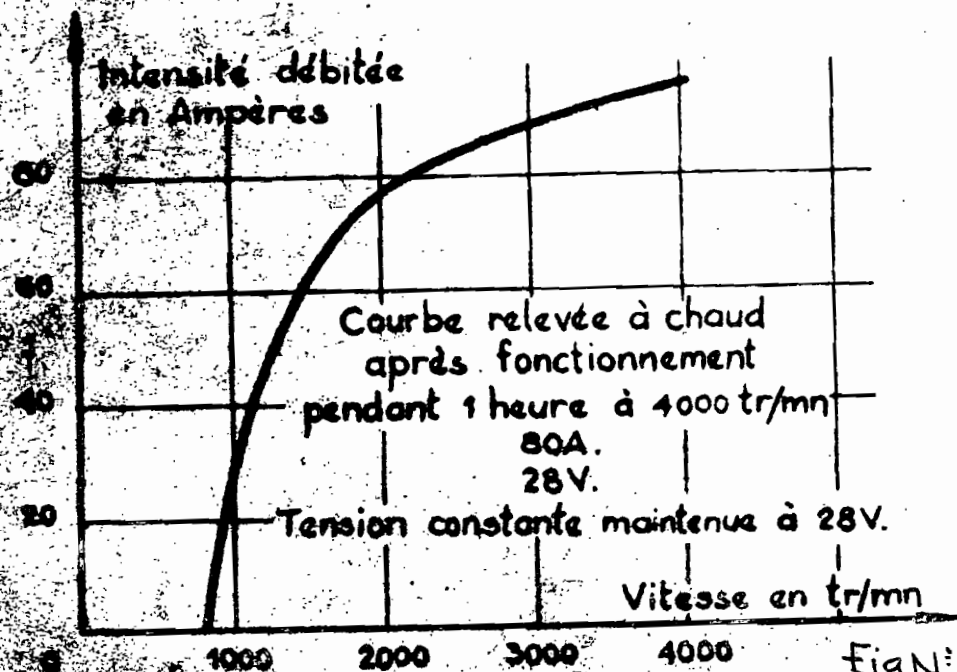


Fig N: 26 Courbe de débit AI6R 36

5  
8



Courbe de débit AI6R 37

Fig N: 25

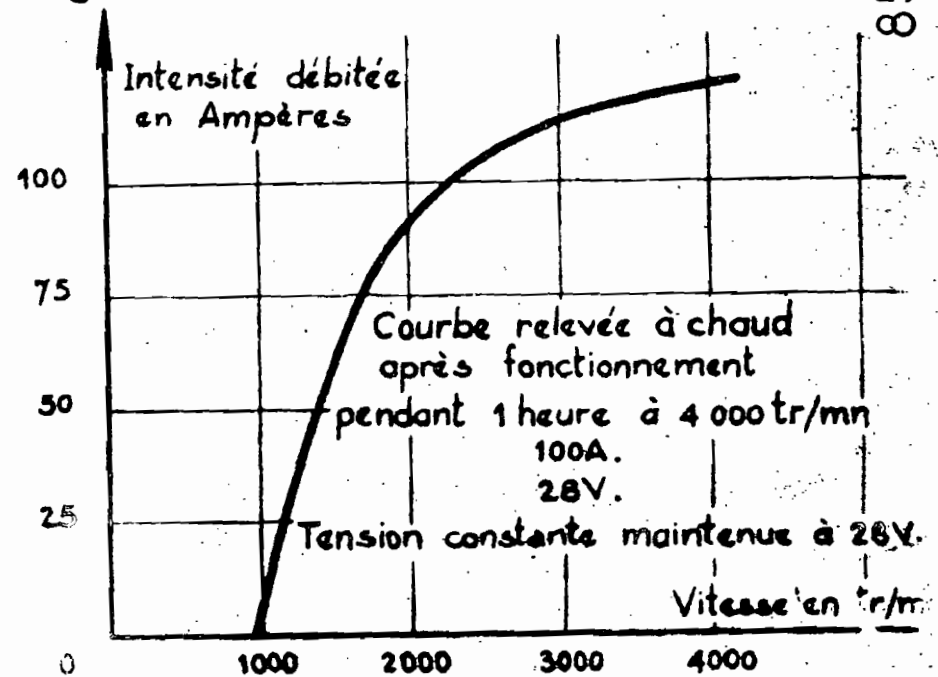


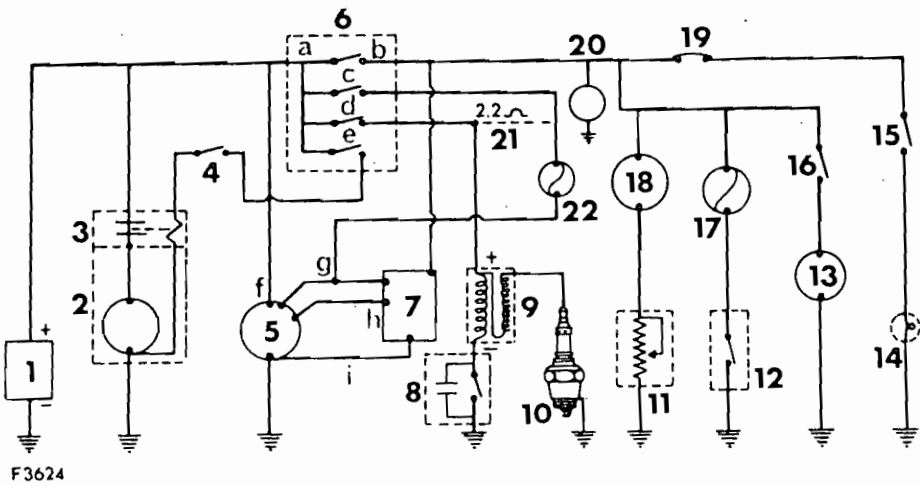
Fig N: 27 Courbe de débit AI6R 38

# ANNEXE - C

EXEMPLE DE SCHEMA

DUN SYSTEME

ELECTRIQUE D'AUTOMOBILE



- F3624
- 1 - Batterie
  - 2 - Démarrreur
  - 3 - Solénoïde de démarreur
  - 4 - Commutateur de démarrage de sécurité
  - 5 - Alternateur
  - 6 - Commutateur d'allumage
  - 7 - Régulateur de tension
  - 8 - Distributeur d'allumage
  - 9 - Bobine
  - 10 - Bougie
  - 11 - Prise de jauge

- 12 - Interrupteur à pression
- 13 - Avertisseur
- 14 - Phares
- 15 - Commutateur d'éclairage
- 16 - Bouton d'avertisseur
- 17 - Lampe-témoin de pression d'huile moteur
- 18 - Jauge à combustible
- 19 - Coupe-circuit
- 20 - Allume-cigare
- 21 - Fil de résistance 2,2 ohms
- 22 - Lampe témoin de l'alternateur

- a = batterie
- b = accessoires
- c = allumage 1
- d = allumage 2
- e = solénoïde
- f = sortie de-courant
- g = auxiliaire
- h = excitation
- i = masse

28

Fig. 16 - Schéma d'un système électrique