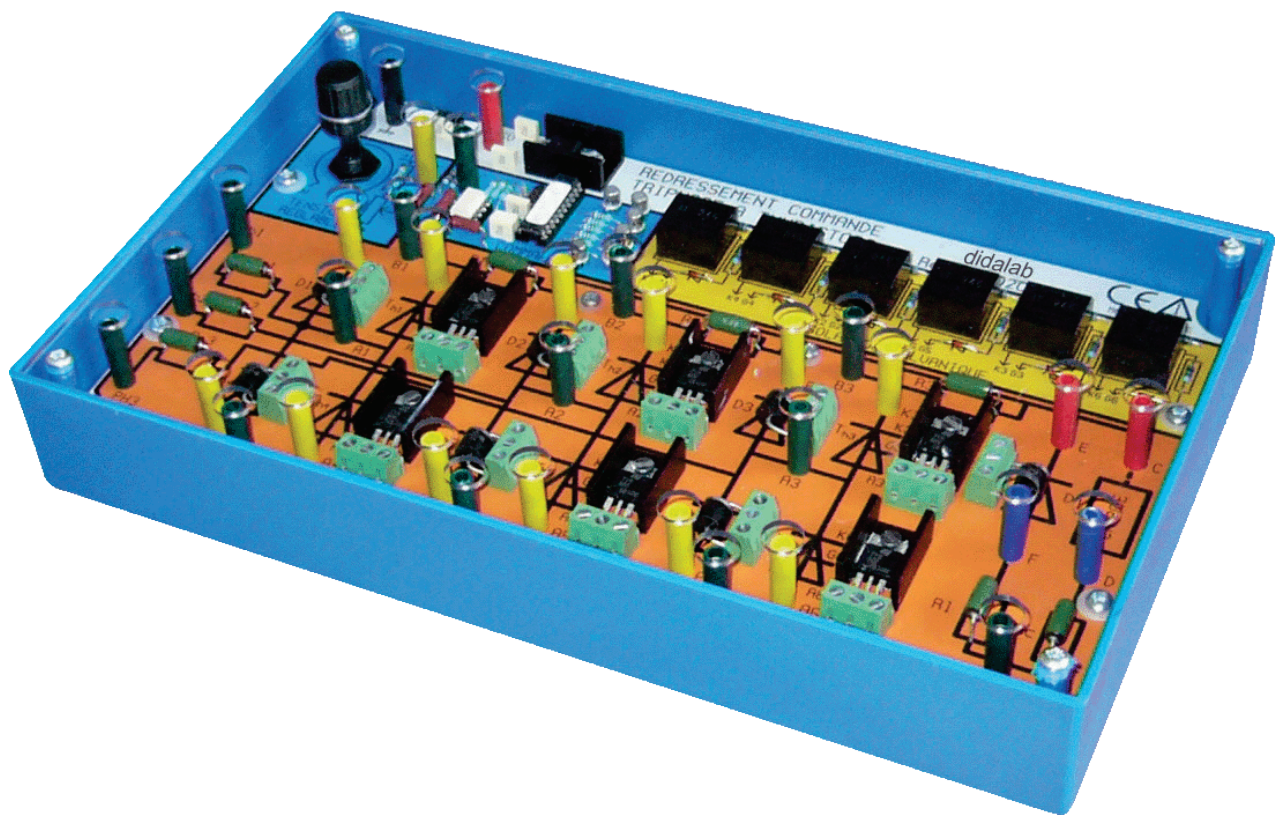


PED020600

Redresseur triphasé

Onduleur Assisté



TRAVAUX PRATIQUES

SOMMAIRE

CAHIER DES CHARGES	1
TRAVAUX PRATIQUES SUR LES MONTAGES REDRESSEURS	3
A) ETUDE D'UN REDRESSEMENT Triphase non commandé SIMPLE ALTERNANCE AVEC DEBIT SUR CHARGE R et R,L	3
I. Préparation.....	3
I.1 Schéma de principe.....	3
I.2 Calculs préliminaires	4
II. EXPERIMENTation.....	5
II.1 Débit sur charge résistive	5
II.2 Débit sur charge inductive.....	6
B) ETUDE D'UN REDRESSEMENT Triphase non commandé DOUBLE ALTERNANCE	14
I. Préparation.....	14
I.1 Schéma de principe.....	14
I.2 Calculs préliminaires	15
II. Experimentation	16
II.1 Débit sur charge résistive	17
II.2 Débit sur charge inductive.....	18
C) ETUDE D'UN REDRESSEMENT Triphase commandé SIMPLE ALTERNANCE	22
I. DEBIT SUR CHARGE RESISTIVE	22
I.1 Schéma de principe.....	22
I.2 Travail à réaliser	23
II. DEBIT SUR CHARGE INDUCTIVE	24
II.1 Schéma de principe	24
II.2 Travail à réaliser.....	25
III. DEBIT SUR CHARGE E, R, L	26
III.1 Schéma de principe	26
III.2 Travail à réaliser.....	27
D) éTUDE D'UN REDRESSEMENT Triphasé commandé DOUBLE ALTERNANCE	32
I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R, L	33
I.1 Montage.....	33
I.2 Expérimentation	34
II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L	35
II.1 Montage.....	35
II.2 Expérimentation	36
III. LA CHARGE EST UN MOTEUR	37
III.1 Montage	37
III.2 Expérimentation.....	37
E) ETUDE D'UN REDRESSEMENT Triphase commandé DOUBLE ALTERNANCE AVEC DIODE DE ROUE LIBRE.....	40
I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R, L	41
I.1 Montage.....	41
I.2 Expérimentation	42

II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L	43
II.1 Montage.....	43
II.2 Expérimentation	44
III. LA CHARGE EST UN MOTEUR	45
III.1 Montage	45
III.2 Expérimentation	45
F) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE COMMANDE MIXTE.....	48
I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R, L	49
I.1 Montage	49
I.2 Expérimentation	50
II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L	51
II.1 Montage.....	51
II.2 Expérimentation	52
III. LA CHARGE EST UN MOTEUR	53
III.1 Montage	53
III.2 Expérimentation	53
G) ETUDE D'UN REDRESSEMENT Triphase commandé MIXTE AVEC DIODE DE ROUE LIBRE	58
I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R, L	59
I.1 Montage	59
I.2 Expérimentation	60
II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L	61
II.1 Montage.....	61
II.2 Expérimentation	62
III. LA CHARGE EST UN MOTEUR	63
III.1 Montage	63
III.2 Expérimentation	63
H) MONTAGE FONCTIONNANT EN ONDULEUR ASSISTE	66
I. CIRCUIT DE CHARGE E, R, L	67
I.1 Schéma de principe.....	67
II. LA CHARGE EST UNE MACHINE A COURANT CONTINU	68
II.1 Schéma de principe	69
II.2 Expérimentation	69
ANNEXES	
Annexe 1	72
Plan de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	72
Annexe 2	74
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	74
pour un fonctionnement en	74
REDRESSEMENT NON COMMANDE SIMPLE ALTERNANCE.....	74
Annexe 3	76
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	76
pour un fonctionnement en	76
REDRESSEMENT NON COMMANDE DOUBLE ALTERNANCE	76

Annexe 4	78
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	78
pour un fonctionnement en	78
PONT TOUT THYRISTORS SIMPLE ALTERNANCE.....	78
Annexe 5	80
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	80
pour un fonctionnement en	80
PONT TOUT THYRISTORS DOUBLE ALTERNANCE.....	80
Annexe 6	82
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	82
pour un fonctionnement en	82
PONT TOUT THYRISTORS	82
avec DIODE DE RECUPERATION.....	82
Annexe 7	84
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	84
pour un fonctionnement en	84
PONT MIXTE A CATHODES COMMUNES.....	84
Annexe 8	86
Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE	86
pour un fonctionnement en	86
PONT MIXTE	86
avec DIODE DE RECUPERATION.....	86

CAHIER DES CHARGES

- Puissance

Tension d'alimentation : réseau triphasé 24 V / 50 Hz

Intensité maximale de sortie : 2 A

Utilisation : tout type de redressement triphasé,

- non-commandé :

- mono alternance (P3),
- double alternance (PD3) ;

- commandé :

- mono alternance avec pont tout thyristors,
- double alternance avec pont tout thyristors,
- double alternance avec pont tout thyristors et diode de roue libre,
- double alternance avec pont mixte,
- double alternance avec pont mixte et diode de roue libre.

- Commande

Commande linéaire de l'angle d'amorçage des thyristors par une tension continue réglable de 0 V à 10 V.

Isolation par transformateurs d'impulsions.

TRAVAUX PRATIQUES SUR LES MONTAGES REDRESSEURS

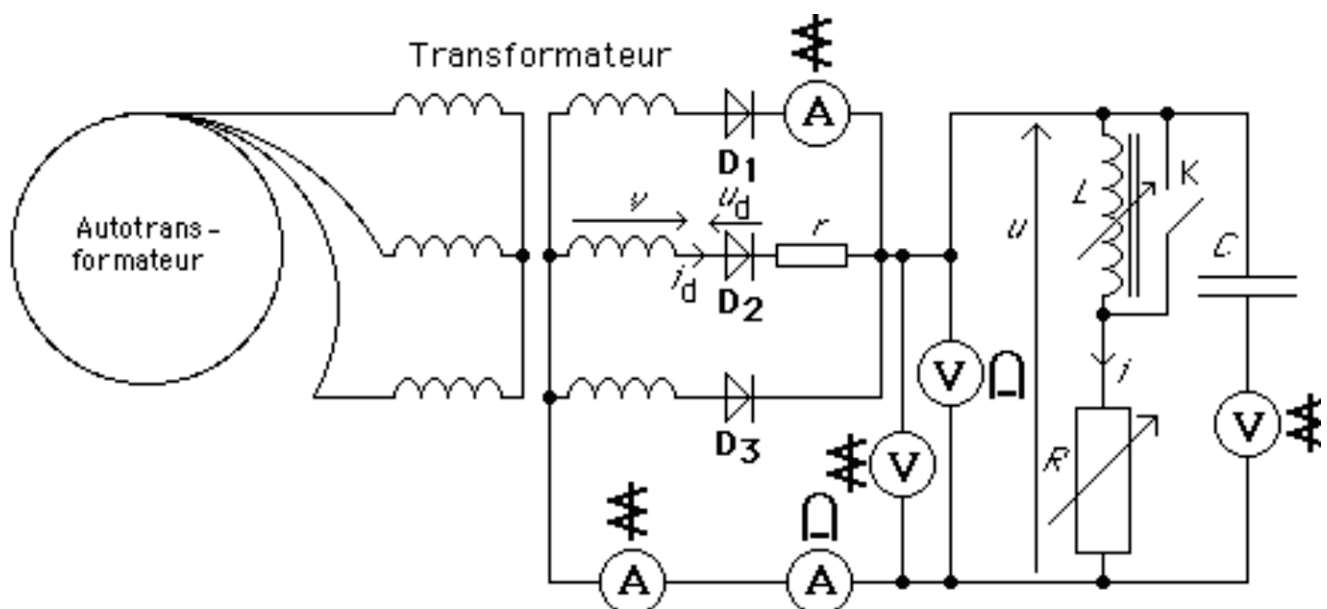
A) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE NON COMMANDE SIMPLE ALTERNANCE AVEC DEBIT SUR CHARGE R ET R,L

Pour cette étude, le circuit de commande n'est pas utilisé.

I. Préparation

I.1 Schéma de principe

Le montage proposé est celui de la figure ci-après .



Etudier le schéma du montage de la figure en indiquant les grandeurs mesurées par les différents appareils.

Remarque :

Si vous disposez de multimètres numériques comme le MX 545 de chez Métrix, un appareil peut remplacer les trois voltmètres. En effet, en position "=" il indique une valeur moyenne ; en position "~ AC+DC" il indique une valeur efficace ; en position "~ AC" il indique également une valeur efficace mais uniquement de la composante alternative du signal.

I.2 Calculs préliminaires*L'interrupteur K est ouvert.*

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = V\sqrt{2} \sin \omega t; v_2 = V\sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = V\sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

La charge RL a une constante de temps L/R très supérieure à la période de la tension redressée u .

Que peut-on dire alors de l'intensité i du courant redressé ?

Montrer que :

- la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension redressée est :

$$\langle u \rangle \approx 1,17 \times V$$

- la valeur efficace U de la tension redressée est :

$$U \approx 1,19 \times V$$

- le facteur de forme F de la tension redressée est :

$$F \approx 1,02$$

- le taux d'ondulation β de la tension redressée est :

$$\beta \approx 18 \%$$

- la puissance P reçue par la charge est :

$$P = \langle u \rangle \cdot \langle i \rangle$$

- la valeur crête $\hat{i}_d$ du courant dans chaque diode est :

$$\hat{i}_d \approx \langle i \rangle$$

- la valeur efficace I_d du courant dans chaque diode est :

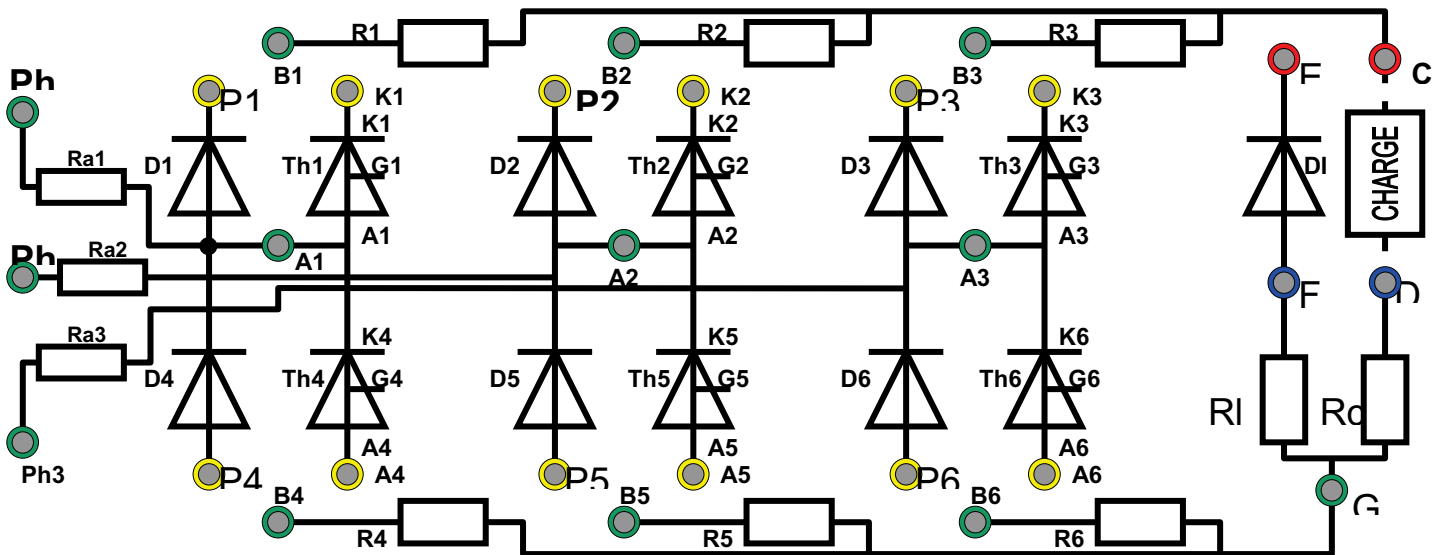
$$I_d \approx \hat{i} / \sqrt{3}$$

- la tension inverse maximale supportée par chaque diode est :

$$\hat{u}_d \approx 2,1 \langle u \rangle$$

II. EXPERIMENTation

Le schéma de la partie puissance de la maquette est le suivant :



Indiquer sur ce schéma les connexions à réaliser pour effectuer l'étude proposée.

Réaliser alors le montage.

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

II.1 Débit sur charge résistive

Interrupteur K fermé

- Visualiser successivement à l'oscilloscope u et v_1 , u et v_2 , u et v_3 (synchroniser sur u). En déduire u minimum et u maximum et les intervalles de conduction des diodes.

Mesurer la durée de commutation entre deux diodes : le retard à la commutation est dû à la présence inévitable d'inductances (inductance de fuite du transformateur, inductance de câblage).

La charge étant purement résistive (R ayant sa valeur maximale), diminuer R progressivement jusqu'à l'obtention de $\langle \dot{i} \rangle = 2 \text{ A}$.

Mesurer alors :

- le temps de commutation entre deux diodes. Que constate-t-on ?
- I , $\hat{i}$. Est-ce conforme aux prévisions ?

• Visualiser successivement à l'oscilloscope $-u$ et u_{d1} , $-u$ et u_{d2} , $-u$ et u_{d3} (synchroniser sur $-u$). En déduire la tension maximale inverse $\hat{u}_d$ supportée par chaque diode.

II.2 Débit sur charge inductive

Interrupteur K ouvert

Pour $\langle \dot{i} \rangle = 2 \text{ A}$, ouvrir l'interrupteur K.
Observer la tension u . Est-elle modifiée ?

- Régler l'inductance L à sa valeur minimale (environ 0,1 H).

Mesurer l'ondulation crête-crête :

$$\Delta i = i_{\max} - i_{\min} \text{ de l'intensité } i.$$

Mesurer Δi pour $L = L_{\min}$.

- Régler l'inductance L à sa valeur maximale (environ 1 H).

Mesurer l'ondulation crête-crête :

$$\Delta i = i_{\max} - i_{\min} \text{ de l'intensité } i.$$

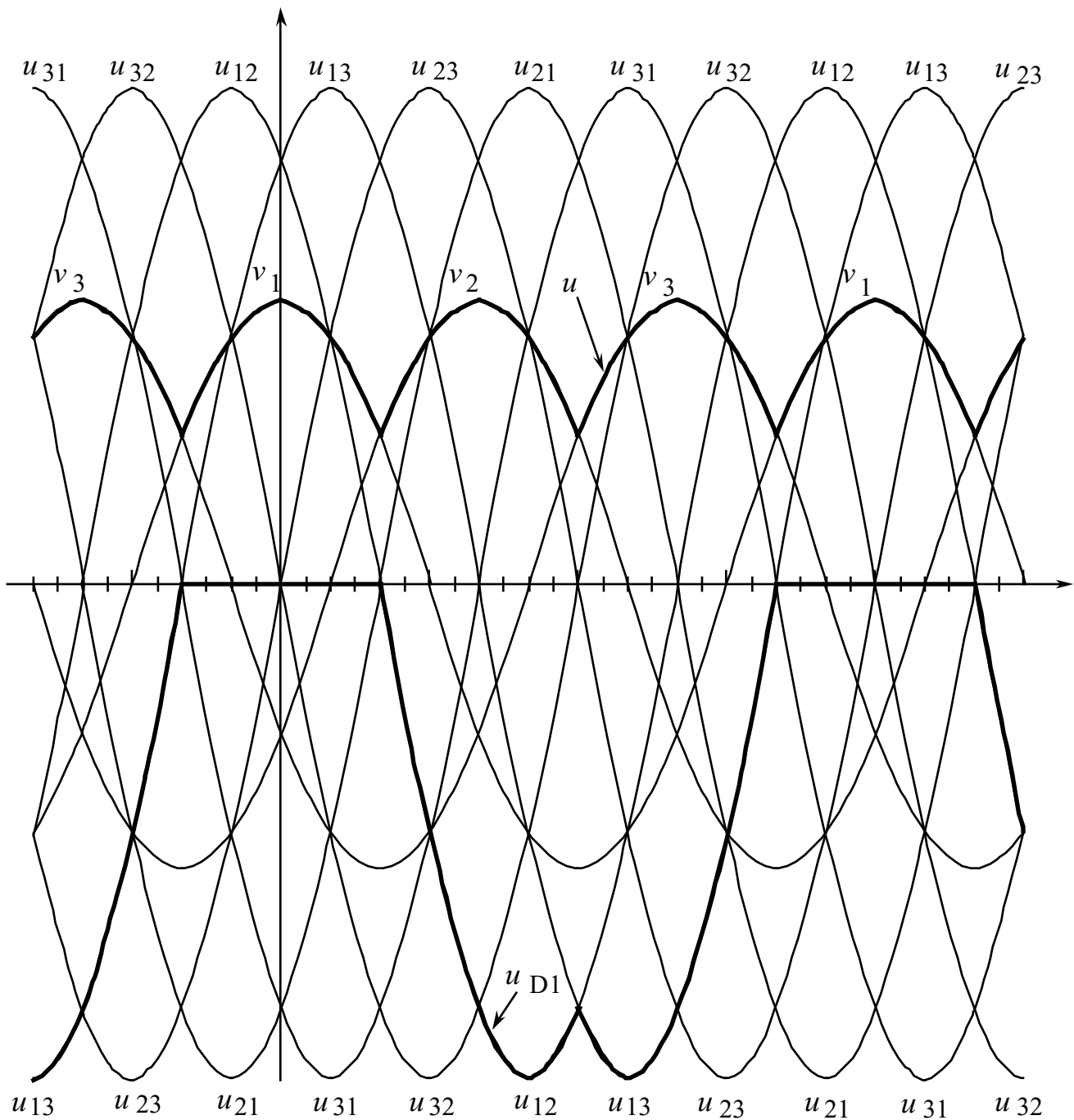
Mesurer Δi pour $L = L_{\min}$.

Quelle est l'influence de L sur Δi ?

Relever toutes les indications des appareils permettant de vérifier les grandeurs prédéterminées dans le I.
Effectuer cette vérification ; conclure.

COMPLEMENTS :

Chronogrammes de quelques tensions



Empiètement

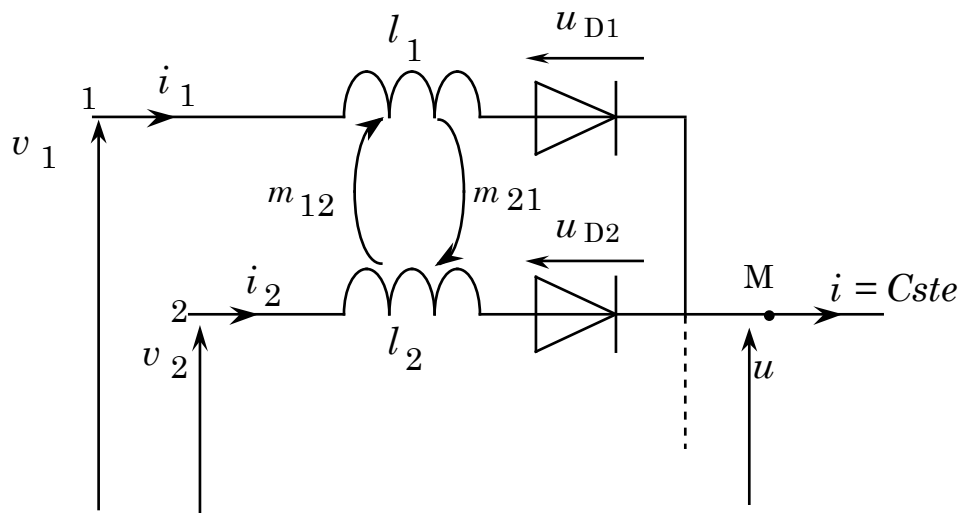
Sur la représentation précédente, nous n'avons pas fait apparaître la déformation de la tension u due à la durée de commutation des diodes.

En réalité, pendant cette durée de commutation, deux diodes conduisent simultanément. Cette durée dépend, entre autre, des inductances de fuite du transformateur, des inductances de câblage.

Reprenons les chronogrammes précédents ; plaçons nous dans le cas d'une charge à courant constant et étudions la commutation des diodes D_1 et D_2 .

Dans l'intervalle $0, 2\pi$ cette commutation débute à $\theta = \pi/3$ rad.

Isolons fictivement la partie du circuit en conduction et modélisons les inductances de fuite des enroulements du transformateur.



Sur cette représentation, l_1 et l_2 sont les inductances propres, m_{12} et m_{21} sont les inductances mutuelles.

Nous nous plaçons dans le cas où tout est équilibré et parfaitement symétrique ; donc :

$$l_1 = l_2 = l \quad \text{et} \quad m_{12} = m_{21} = m$$

Lorsque θ est inférieur à $\pi/3$ rad, la diode D_1 conduit et la diode D_2 est bloquée.

On a alors : $\dot{i}_1 = i$ et $\dot{i}_2 = 0$.

La tension u est alors égale à v_1 .

Lorsque θ est légèrement supérieur à $\pi/3$ rad, les deux diodes conduisent.

On a alors : $\dot{i}_1 + \dot{i}_2 = i$.

Dans ces conditions,

$$v_1 = l \omega \frac{di_1}{d\theta} + m \omega \frac{di_2}{d\theta} + u \quad (1)$$

et :

$$v_2 = l \omega \frac{di_2}{d\theta} + m \omega \frac{di_1}{d\theta} + u \quad (2)$$

Effectuons, dans un premier temps, la somme de ces deux équations ; nous obtenons :

$$v_1 + v_2 = (l + m) \omega \frac{di_1}{d\theta} + (l + m) \omega \frac{di_2}{d\theta} + 2u$$

Soit encore :

$$v_1 + v_2 = (l + m) \omega \left[\frac{di_1}{d\theta} + \frac{di_2}{d\theta} \right] + 2u$$

Ou aussi :

$$v_1 + v_2 = (l + m) \omega \frac{d(i_1 + i_2)}{d\theta} + 2u$$

Or : $\dot{i}_1 + \dot{i}_2 = i = \text{Cste}$

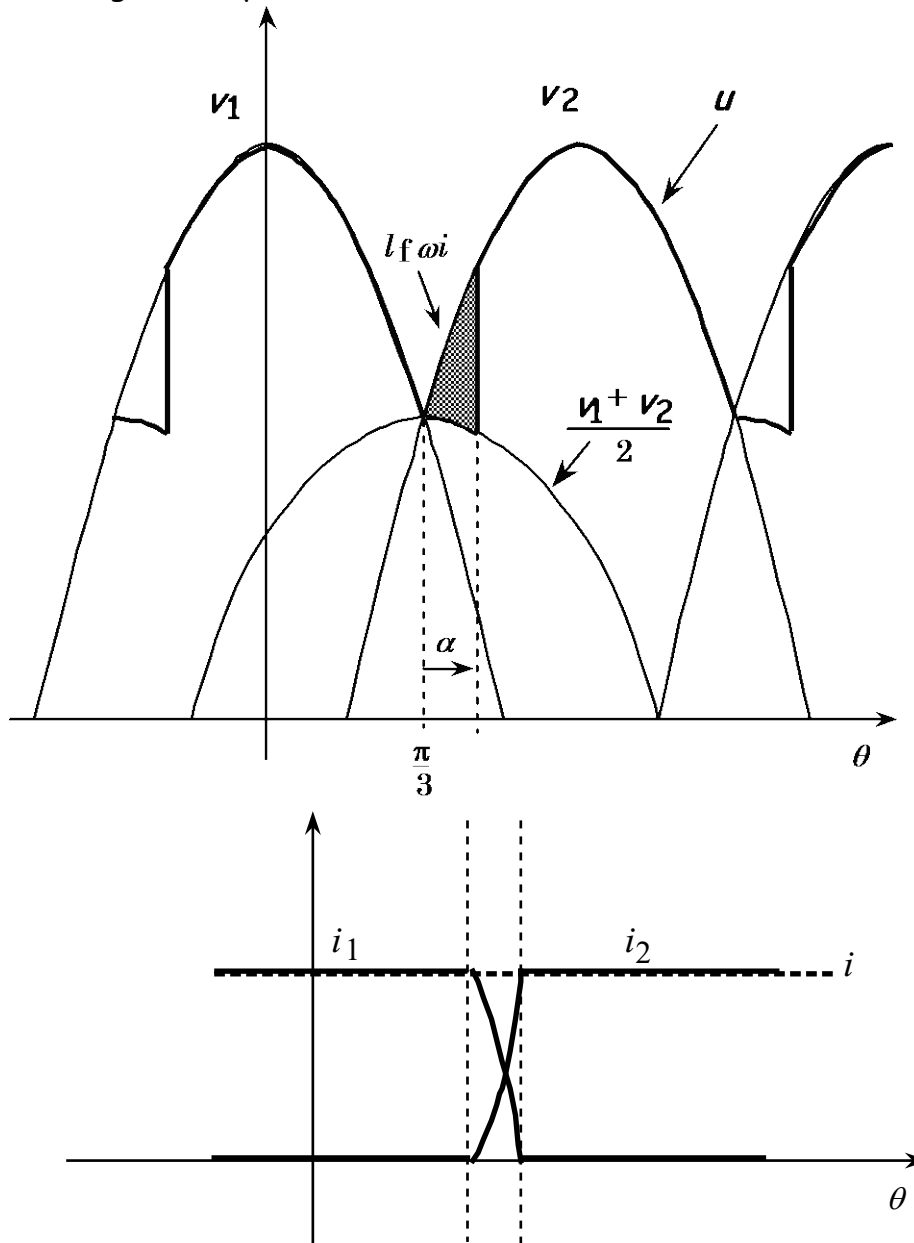
donc :

$$\frac{d(i_1 + i_2)}{d\theta} = 0$$

Soit alors :

$$u = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

Ceci explique la forme de la courbe représentative de la tension u (voir figure ci-après).



Montrons l'influence de la valeur de l'intensité i sur la durée de la commutation. Pour cela calculons l'aire grisée sur la figure précédente :

$$\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} \left(v_2 - \frac{v_1 + v_2}{2} \right) d\theta = \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} \frac{v_2 - v_1}{2} d\theta \quad (3)$$

Effectuons la différence des deux équations (1) et (2) ; nous obtenons :

$$v_2 - v_1 = (l - m) \omega \frac{di_2}{d\theta} - (l - m) \omega \frac{di_1}{d\theta}$$

Comme $i_1 + i_2 = i = \text{Cste}$, nous avons :

$$\frac{di_1}{d\theta} = - \frac{di_2}{d\theta}$$

Donc :

$$v_2 - v_1 = 2(l - m) \omega \frac{di_2}{d\theta}$$

Posons $l_f = l - m$ et remplaçons $v_2 - v_1$ par son expression dans la relation (3). Nous obtenons :

$$\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} l_f \omega \frac{di_2}{d\theta} d\theta = \left[l_f \omega i_2 \right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} = l_f \omega i$$

Plus l'intensité i est grande, plus l'aire $l_f \omega i$ est grande et plus la durée de l'empiètement est importante.

Cela peut se montrer d'une autre manière.

Reprenons l'expression :

$$v_2 - v_1 = 2l_f \omega \frac{di_2}{d\theta}$$

Or : $v_2 - v_1 = u_{21} = \hat{u} \sin(\theta - \pi/3)$

Donc :

$$\frac{di_2}{d\theta} = \frac{\hat{u} \sin(\theta - \frac{\pi}{3})}{2l_f \omega}$$

Soit :

$$i_2 = -\frac{\hat{u} \cos(\theta - \frac{\pi}{3})}{2l_f \omega} + cste$$

A $\theta = \pi/3$ rad, $i_2 = 0$, d'où :

$$0 = -\frac{\hat{u}}{2l_f \omega} + cste$$

et :

$$i_2 = \frac{\hat{u}}{2l_f \omega} [1 - \cos(\theta - \frac{\pi}{3})]$$

A $\theta = \pi/3 + \alpha$, $i_2 = i$, d'où :

$$i = \frac{\hat{u}}{2l_f \omega} (1 - \cos \alpha)$$

Soit :

$$\cos \alpha = 1 - \frac{2l_f \omega i}{\hat{u}}$$

Si τ représente la durée de l'empiètement, on a :

$$\alpha = \omega \tau$$

Donc :

$$\tau = \frac{1}{\omega} \arccos(1 - \frac{2l_f \omega i}{\hat{u}})$$

Lorsque i augmente, $\cos \alpha$ diminue et α augmente : il en est de même pour τ .

Expression de la tension moyenne

$\int \omega i$ représente l'aire en tramé gris dessinée sur la figure précédente.

La tension redressée ayant une période de $2\pi/3$ rad, la chute de tension moyenne est donc égale à $\int \omega i$ divisé par $2\pi/3$ rad.

L'expression de la tension moyenne s'écrit alors :

$$\langle u \rangle = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} - \frac{3\int \omega i}{2\pi}$$

(cette tension ne tient pas compte des chutes de tension d'origine ohmique).

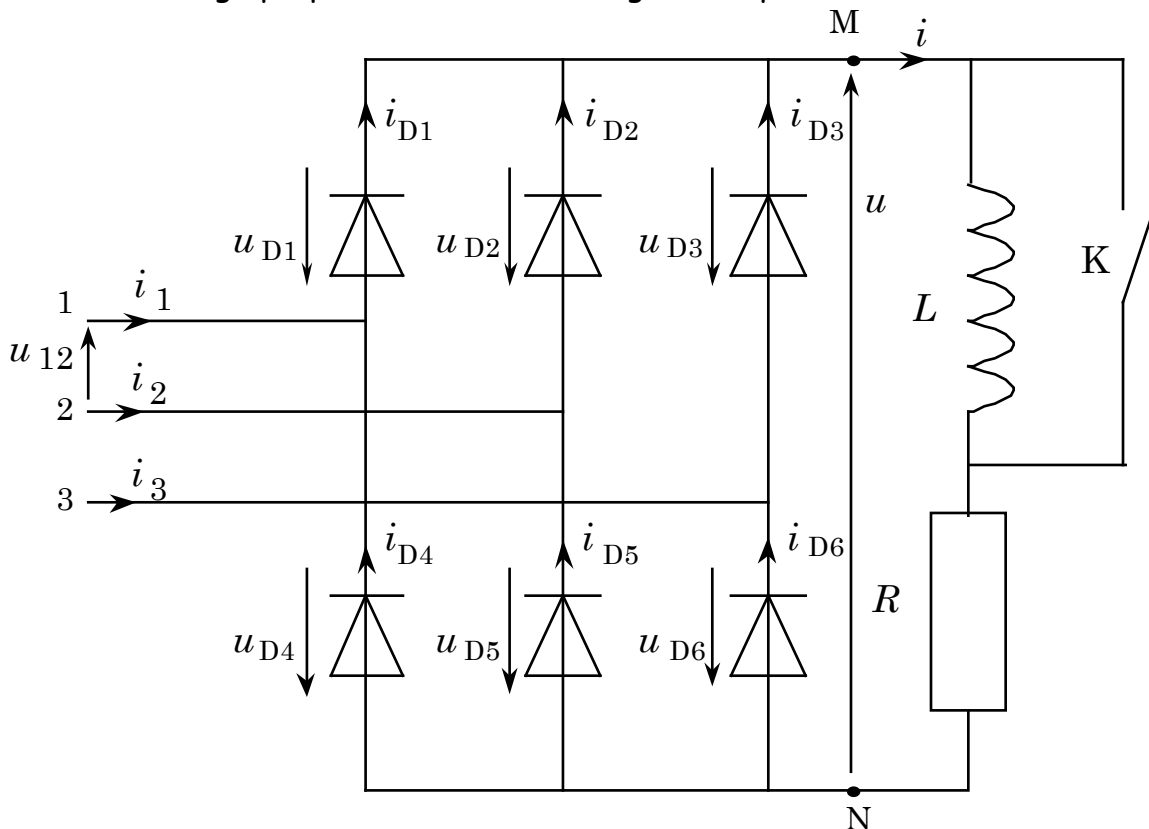
B) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE NON COMMANDE DOUBLE ALTERNANCE

Pour cette étude, le circuit de commande n'est pas utilisé.

I. Préparation

I.1 Schéma de principe

Le montage proposé est celui de la figure ci-après :



Placer sur ce schéma de principe les appareils permettant la mesure de :

- la valeur moyenne, de la valeur efficace et de la valeur efficace de la composante alternative de la tension aux bornes de la charge,
- la valeur moyenne et de la valeur efficace des intensités des courants traversant la charge, une phase du réseau (phase 1 par exemple) et une diode (D_1 par exemple).

Remarque :

Si vous disposez de multimètres numériques comme le MX 545 de chez Métrix, un appareil peut remplacer les trois voltmètres. En

effet, en position "=" il indique une valeur moyenne ; en position "~ AC+DC" il indique une valeur efficace ; en position "~ AC" il indique également une valeur efficace mais uniquement de la composante alternative du signal.

I.2 Calculs préliminaires

L'interrupteur K est ouvert.

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = V\sqrt{2} \sin \omega t; v_2 = V\sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = V\sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

La charge RL a une constante de temps L/R très supérieure à la période de la tension redressée u .

Que peut-on dire alors de l'intensité i du courant redressé ?

Montrer que :

- la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension redressée est :

$$\langle u \rangle \approx 2,34 \times V$$

- la valeur efficace U de la tension redressée est :

$$U \approx \langle u \rangle$$

- le facteur de forme F de la tension redressée est :

$$F \approx 1$$

- le taux d'ondulation β de la tension redressée est :

$$\beta \approx 4 \%$$

- la puissance P reçue par la charge est :

$$P = \langle u \rangle \cdot \langle i \rangle$$

- la valeur crête $\hat{i}_d$ du courant dans chaque diode est :

$$\hat{i}_d \approx \langle i \rangle$$

- la valeur efficace I_d du courant dans chaque diode est :

$$I_d \approx \langle i \rangle / \sqrt{3}$$

- la tension inverse maximale supportée par chaque diode est :

$$\hat{u}_d \approx 1,05 \cdot \hat{u}$$

- la valeur efficace I' de l'intensité traversant chaque phase du secondaire du transformateur est :

$$I' \approx \hat{i} \sqrt{2/3}$$

- la puissance apparente transmise par le transformateur est :

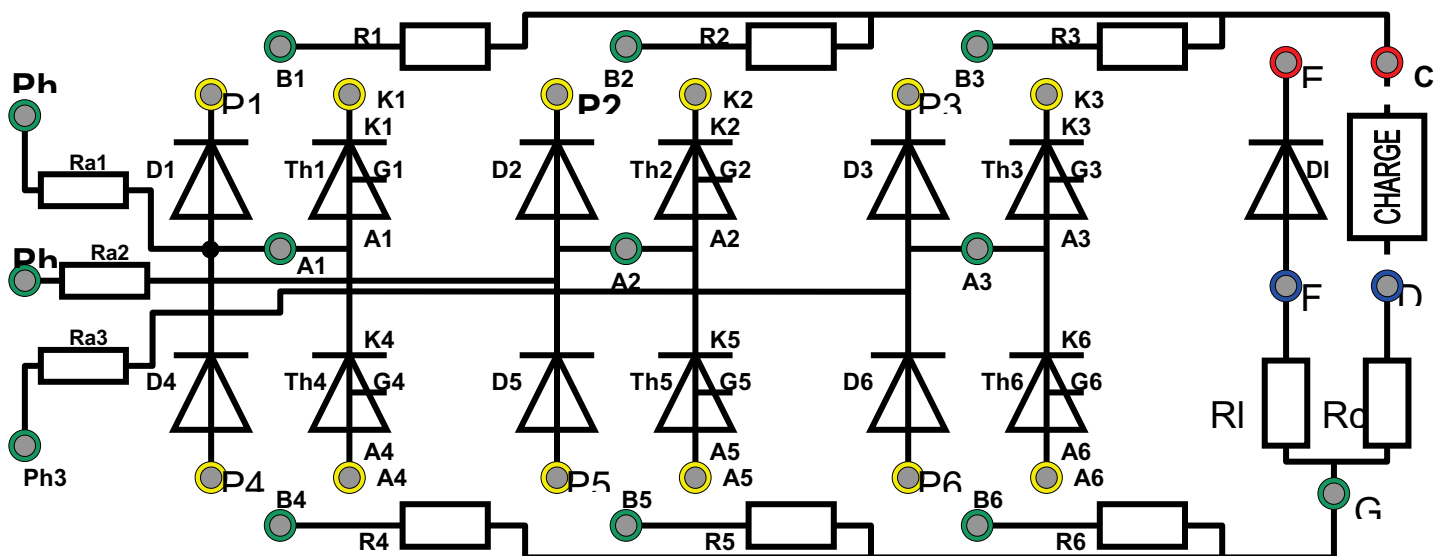
$$S \approx K \hat{i} \sqrt{6}$$

- le facteur de puissance du montage est :

$$k \approx 0,955$$

II. Experimentation

Reprenons le synoptique de la maquette :



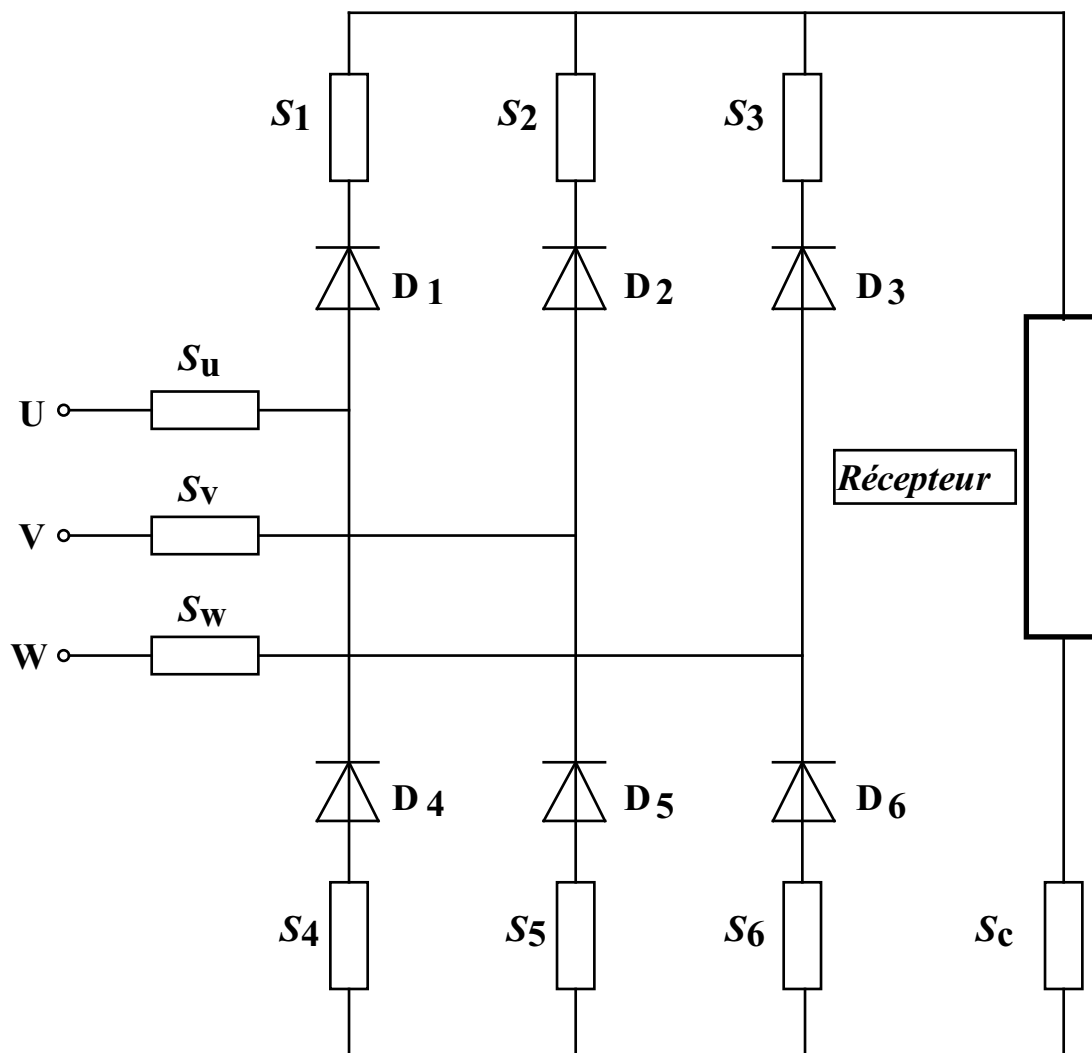
Indiquer sur ce schéma les connections à réaliser pour effectuer le montage ci-après.

Réaliser alors le montage.

Placer les appareils de mesure permettant la vérification des calculs de la préparation.

Le primaire du transformateur est relié à un autotransformateur.
Le secondaire est couplé en étoile.

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.



II.1 Débit sur charge résistive

Interrupteur K fermé

• v_M et v_N étant les potentiels des points M et N par rapport au neutre, visualiser successivement à l'oscilloscope v_M et v_1 , v_M et v_2 , v_M et v_3 , puis v_N et v_1 , v_N et v_2 , v_N et v_3 .

En déduire les intervalles de conduction des diodes.

Visualiser v_M sur la voie 1 et v_N sur la voie 2. Appuyer sur la touche "inv. voie 2", puis sur la touche "Add." .

Les sensibilités verticales des deux voies étant identiques, quelle tension représente la courbe visible à l'écran ?

Brancher ensuite directement l'une des voies de l'oscilloscope entre M et N. Comparer la courbe obtenue à la précédente.

Entre quelles limites évolue la tension aux bornes de la charge ?

Mesurer la durée de commutation entre deux diodes : le retard à la commutation est dû à la présence inévitable d'inductances (inductance de fuite du transformateur, inductance de câblage).

La charge étant purement résistive (R ayant sa valeur maximale), diminuer R progressivement jusqu'à l'obtention de $i = 2$ A.

Mesurer alors :

- le temps de commutation entre deux diodes. Que constate-t-on ?
- I , $\hat{i}$. Est-ce conforme aux prévisions ?

- Visualiser successivement à l'oscilloscope $-u$ et u_{d1} , $-u$ et u_{d2} , $-u$ et u_{d3} . En déduire la tension maximale inverse $\hat{u}_d$ supportée par chaque diode.

- Visualiser les intensités des courants traversant les diodes du montage ainsi que les intensités débitées par chacune des phases du transformateur. Comparer la forme des tensions du réseau à celle des intensités qui traversent chacune des phases.

II.2 Débit sur charge inductive

Interrupteur K ouvert

Pour $i = 2$ A , ouvrir l'interrupteur K .

Observer la tension u . Est-elle modifiée ?

- Régler l'inductance L à sa valeur minimale (environ 0,1 H).

Mesurer l'ondulation crête-crête :

$$\Delta i = i_{\max} - i_{\min} \text{ de l'intensité } i.$$

Mesurer Δi pour $L = L_{\min}$.

- Régler l'inductance L à sa valeur maximale (environ 1 H).

Mesurer l'ondulation crête-crête :

$$\Delta i = i_{\max} - i_{\min} \text{ de l'intensité } i.$$

Mesurer Δi pour $L = L_{\min}$.

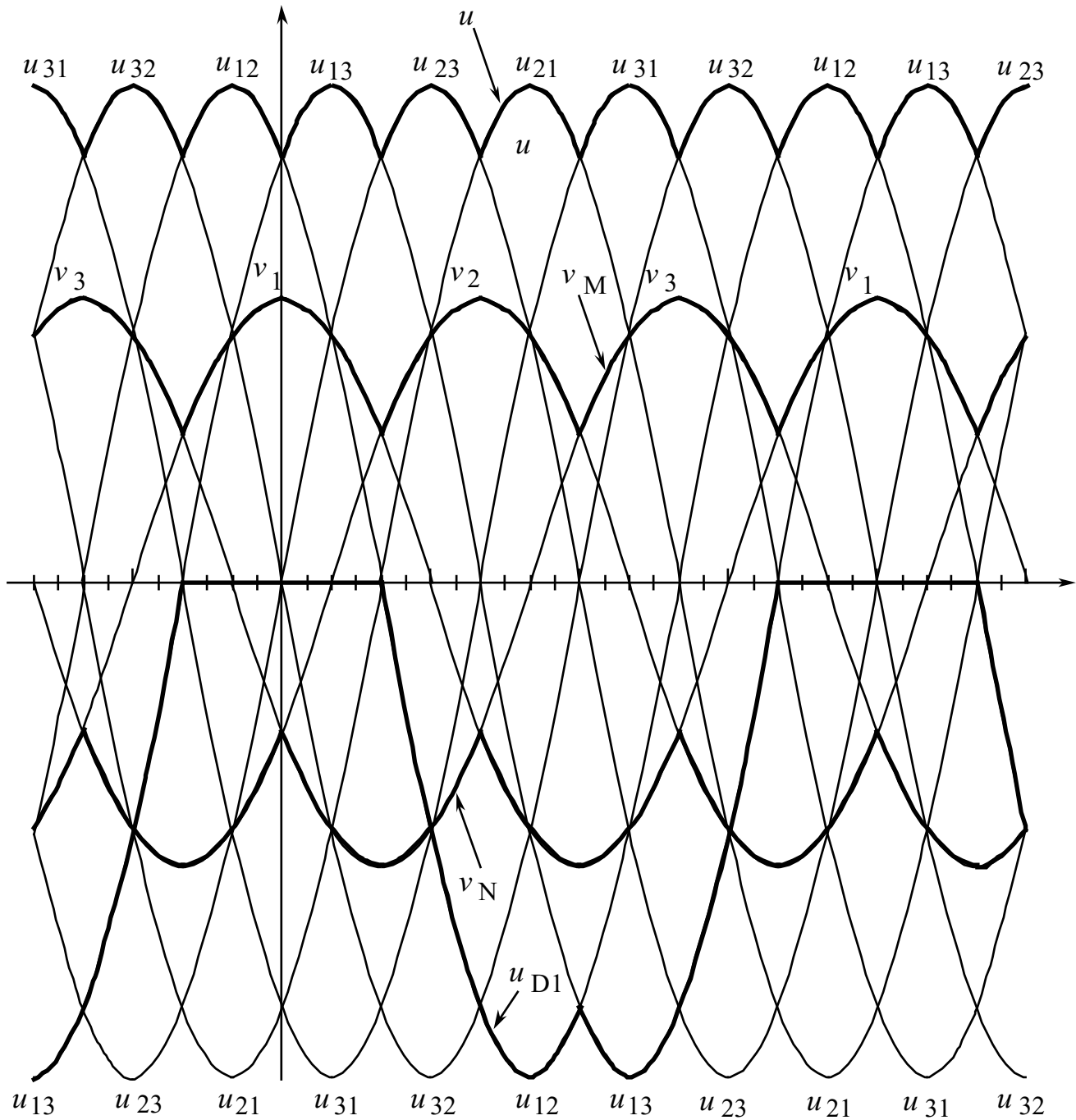
Quelle est l'influence de L sur Δi ?

- Visualiser les intensités des courants traversant les diodes du montage ainsi que les intensités débitées par chacune des phases du transformateur.

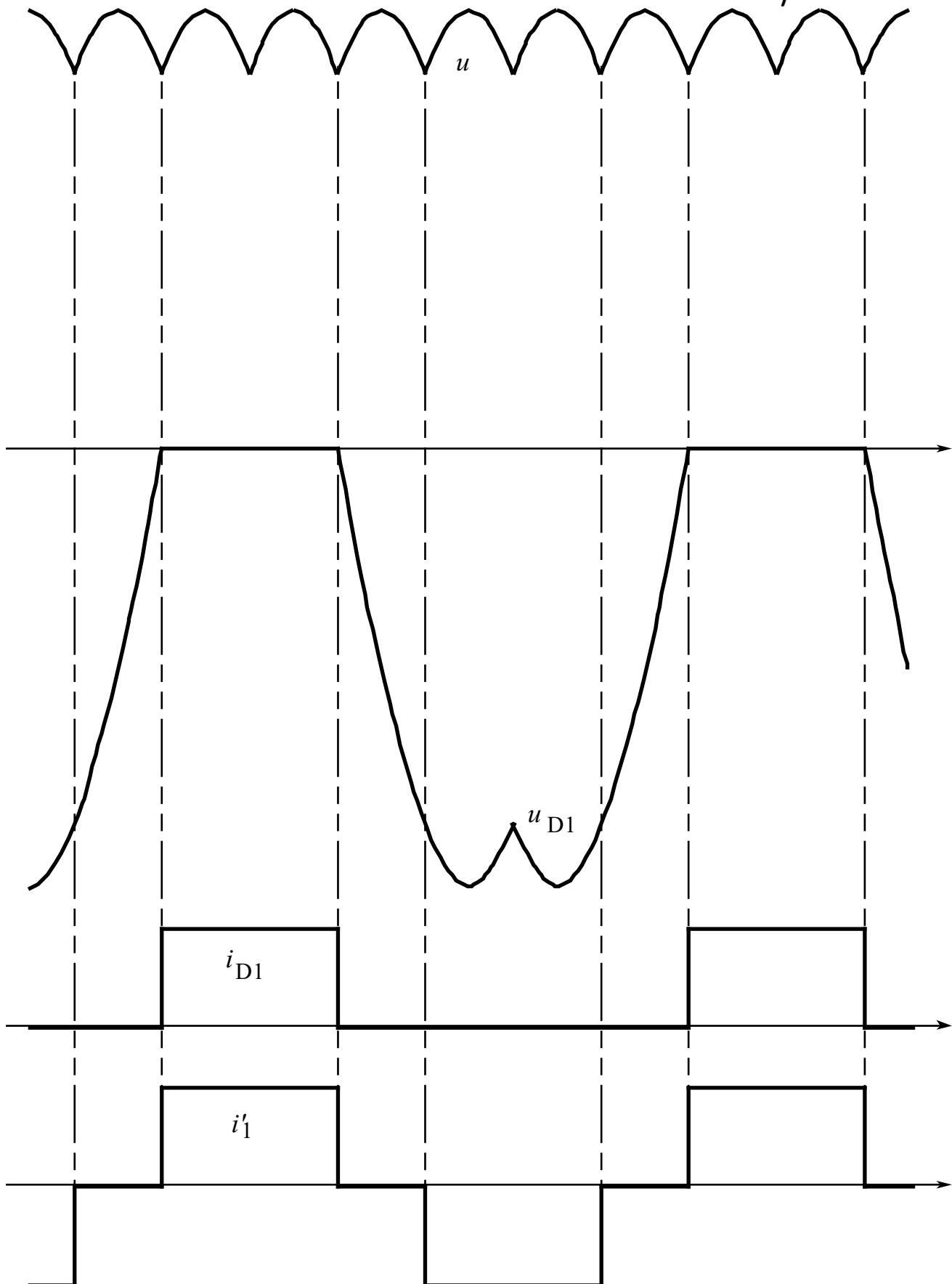
Observer bien la forme de ces intensités.

Comparer les oscillogrammes obtenus à ceux correspondant à une charge purement résistive.

- Relever toutes les indications des appareils permettant de vérifier les grandeurs prédéterminées dans le I.
- Effectuer cette vérification ; conclure.

*Documents complémentaires:**Chronogrammes de quelques tensions*

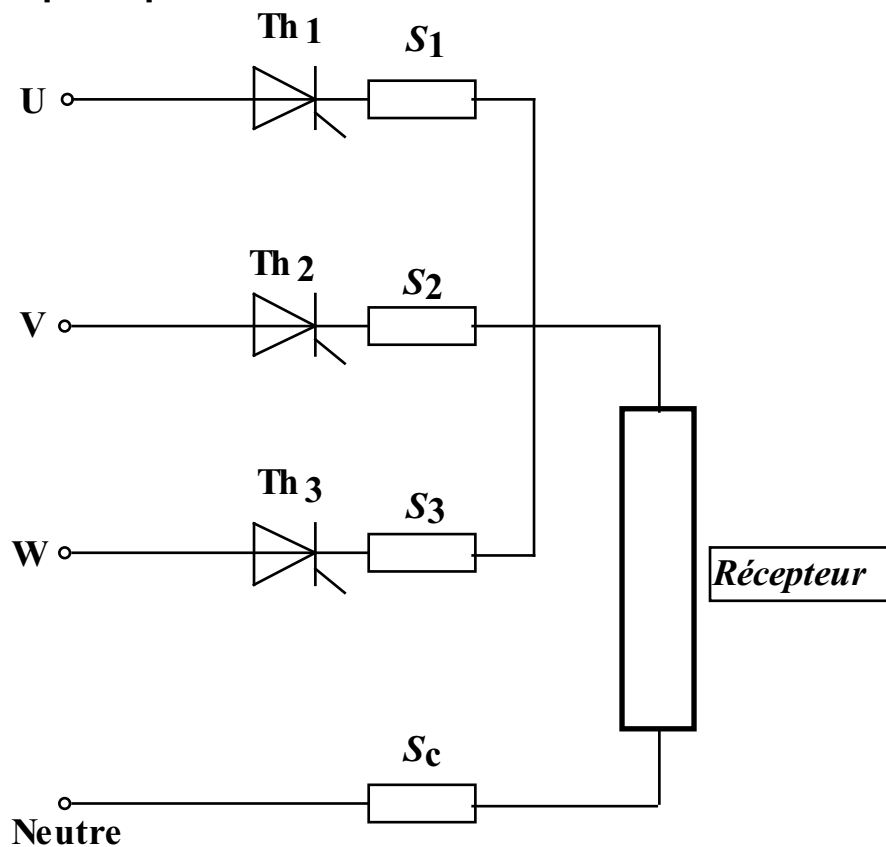
Tensions et courants lors d'une conduction ininterrompue



C) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE COMMANDE SIMPLE ALTERNANCE

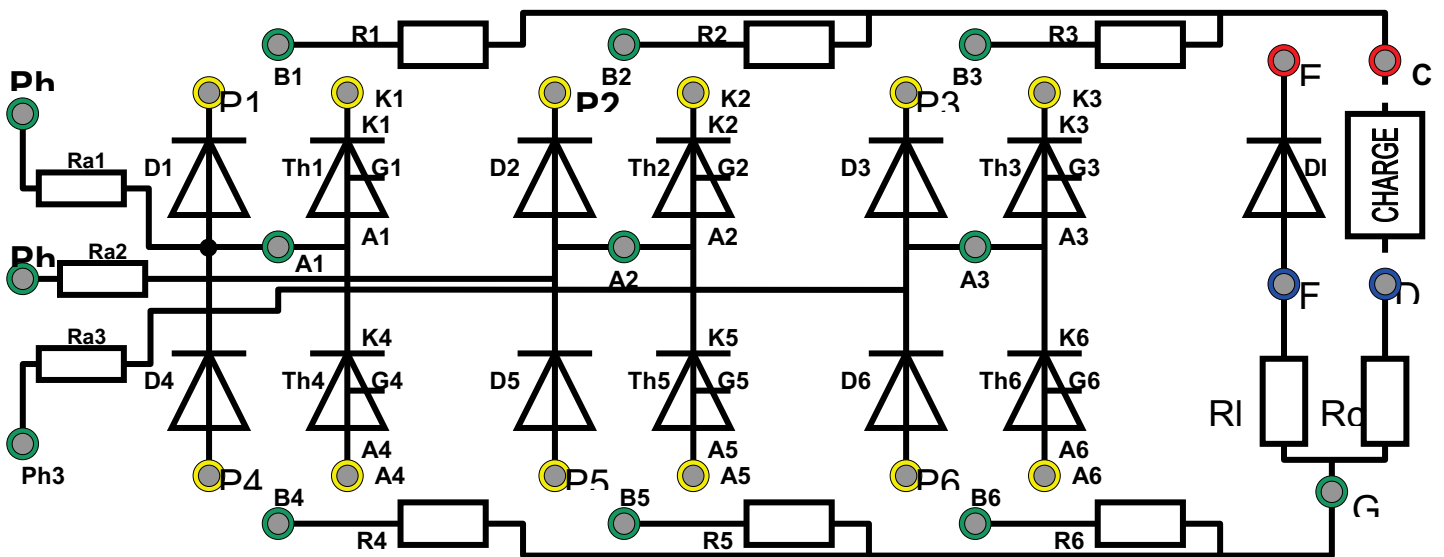
I. DEBIT SUR CHARGE RESISTIVE

I.1 Schéma de principe



I.2 Travail à réaliser

Faire figurer, sur le synoptique de la maquette représenté ci-après, le câblage permettant l'étude expérimentale du redressement triphasé commandé simple alternance avec débit sur charge résistive.



Réaliser alors le montage.

Placer les appareils de mesure permettant les mesures des tensions moyennes et efficaces aux bornes de la charge ainsi que les intensités moyennes et efficaces des courants traversant la charge et chaque thyristor.

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} V \sin \omega t ; v_2 = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 2\pi/3) ; v_3 = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide et aux bornes de la charge, une tension de valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 50 \, \Omega$.

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $u(t)$ tension aux bornes de la charge, $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i_3(t)$ intensités des courants traversant respectivement les thyristors Th_1 , Th_2 et Th_3 , puis $u_{Th1}(t)$.

- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $u(t)$ tension aux bornes de la charge, $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i_3(t)$ intensités des courants traversant respectivement les thyristors Th_1 , Th_2 et Th_3 , puis $u_{Th1}(t)$ pour un retard à l'amorçage $\alpha = \pi/3$ rad puis pour un retard de $2\pi/3$ rad.

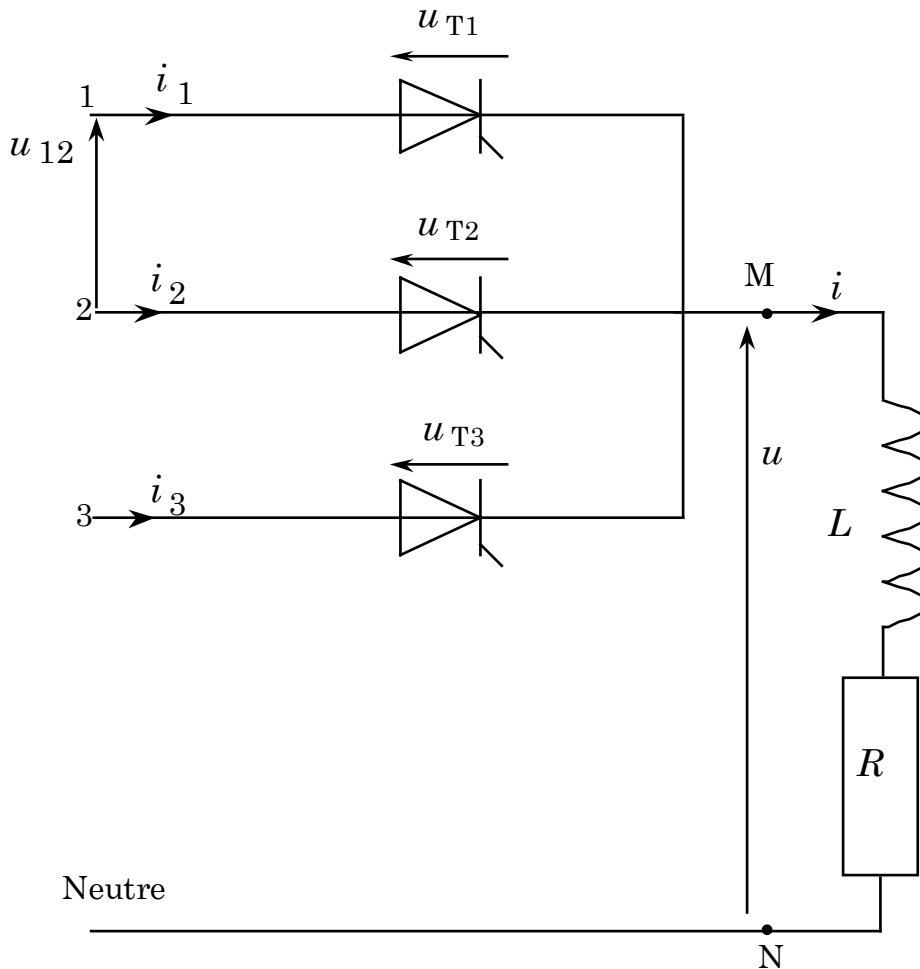
La tension u est-elle pendant quelques instants négative ?

- Pour différentes valeurs de α , relever $\langle u \rangle$ et tracer la caractéristique $\langle u \rangle(\alpha)$.

- Pour $\alpha = \pi/3$ rad puis $2\pi/3$ rad, mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $u(t)$, $i(t)$, $i_1(t)$, $u_{Th1}(t)$.

II. DEBIT SUR CHARGE INDUCTIVE

II.1 Schéma de principe



II.2 Travail à réaliser

Faire figurer, sur le synoptique de la maquette, le câblage permettant l'étude expérimentale du redressement triphasé commandé simple alternance avec débit sur charge inductive.

- Réaliser le montage

La bobine a une inductance $L = 1 \text{ H}$ et une résistance $r = 10 \Omega$.

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 23 \Omega$.

- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $u(t)$ tension aux bornes de la charge, $i(t)$ intensité du courant traversant la charge $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i_3(t)$ intensités des courants traversant respectivement les thyristors Th_1 , Th_2 et Th_3 , puis

$u_{Th1}(t)$ pour un retard à l'amorçage $\alpha = \pi/3$ rad puis pour un retard de $2\pi/3$ rad.

La tension u est-elle pendant quelques instants négative ?

Si oui, dans quel sens s'effectue le transfert de puissance instantanée ?

- Pour différentes valeurs de α , relever $\langle u \rangle$ et tracer la caractéristique $\langle u \rangle(\alpha)$.

Lorsque la conduction est ininterrompue, le calcul théorique donne pour expression de la tension moyenne :

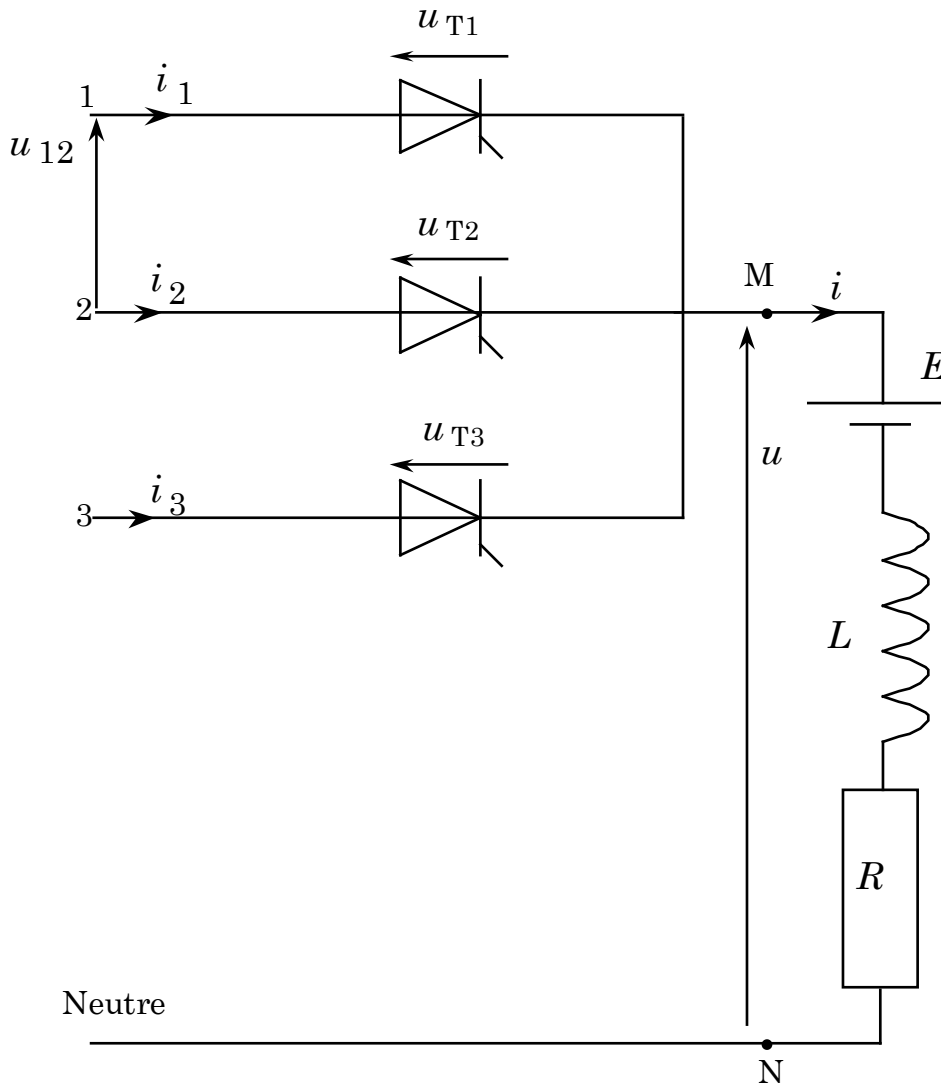
$$\langle u \rangle = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cos \alpha$$

Le résultat pratique est-il en accord avec le résultat théorique ?

- Pour $\alpha = \pi/3$ rad puis $2\pi/3$ rad, mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $u(t)$, $i(t)$, $i_1(t)$, $u_{Th1}(t)$.

III. DEBIT SUR CHARGE E, R, L

III.1 Schéma de principe



III.2 Travail à réaliser

Faire figurer, sur le synoptique de la maquette, le câblage permettant l'étude expérimentale du redressement triphasé simple alternance avec débit sur charge E, R, L .

- Réaliser le montage

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} V \sin \omega t ; v_2 = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 2\pi/3) ; v_3 = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

La bobine a une inductance réglable $L = 0,1\text{H}/1\text{ H}$ et une résistance $r = 10\ \Omega$.

La f.é.m. provient d'une batterie de 12 V (et de résistance interne négligeable).

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 23\ \Omega$.

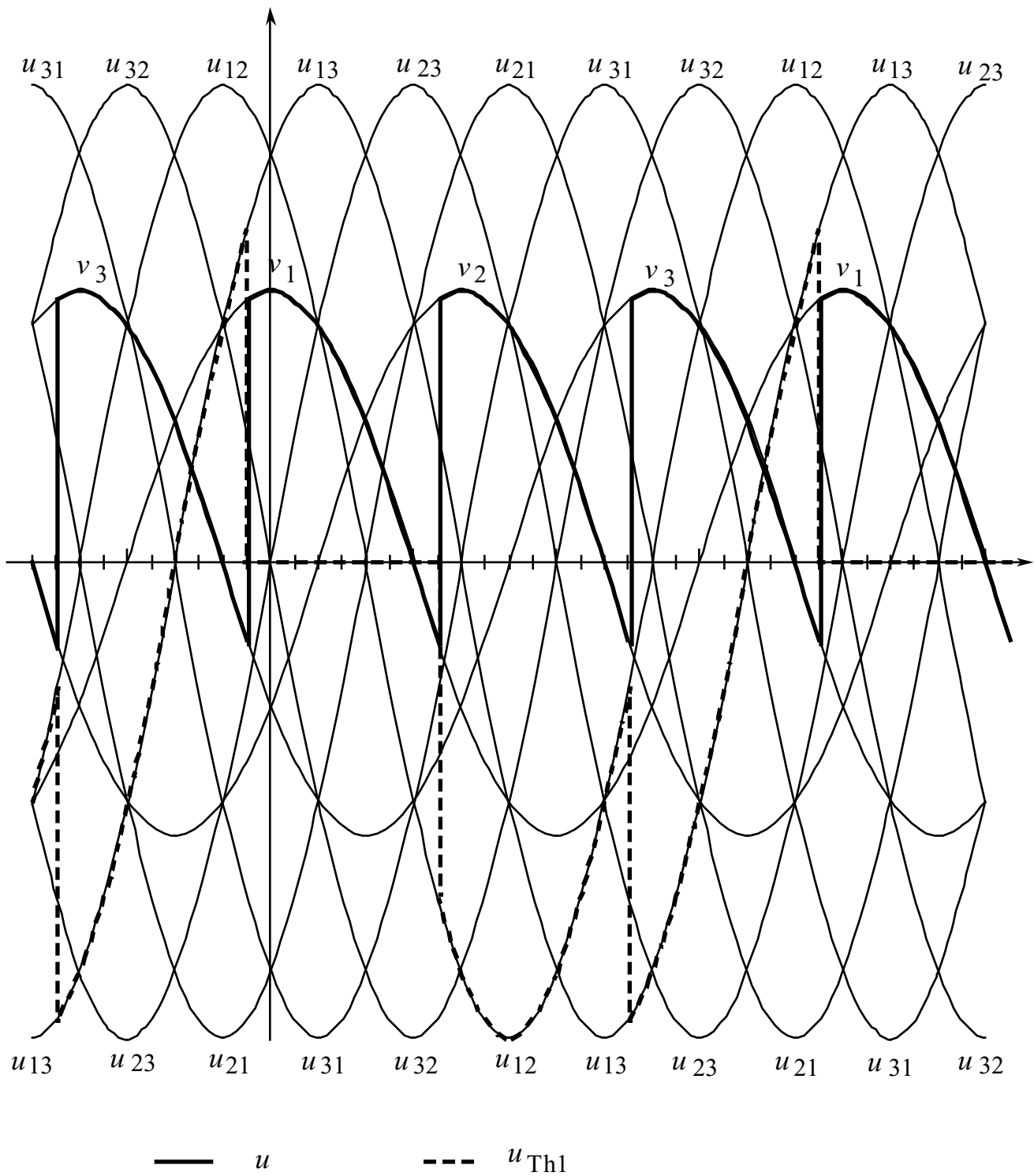
- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $u(t)$ tension aux bornes de la charge, $i(t)$ intensité du courant traversant la charge $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i_3(t)$ intensités des courants traversant respectivement les thyristors Th_1 , Th_2 et Th_3 , puis $u_{\text{Th}1}(t)$ pour un retard à l'amorçage $\alpha = \pi/3$ rad puis pour un retard de $2\pi/3$ rad.

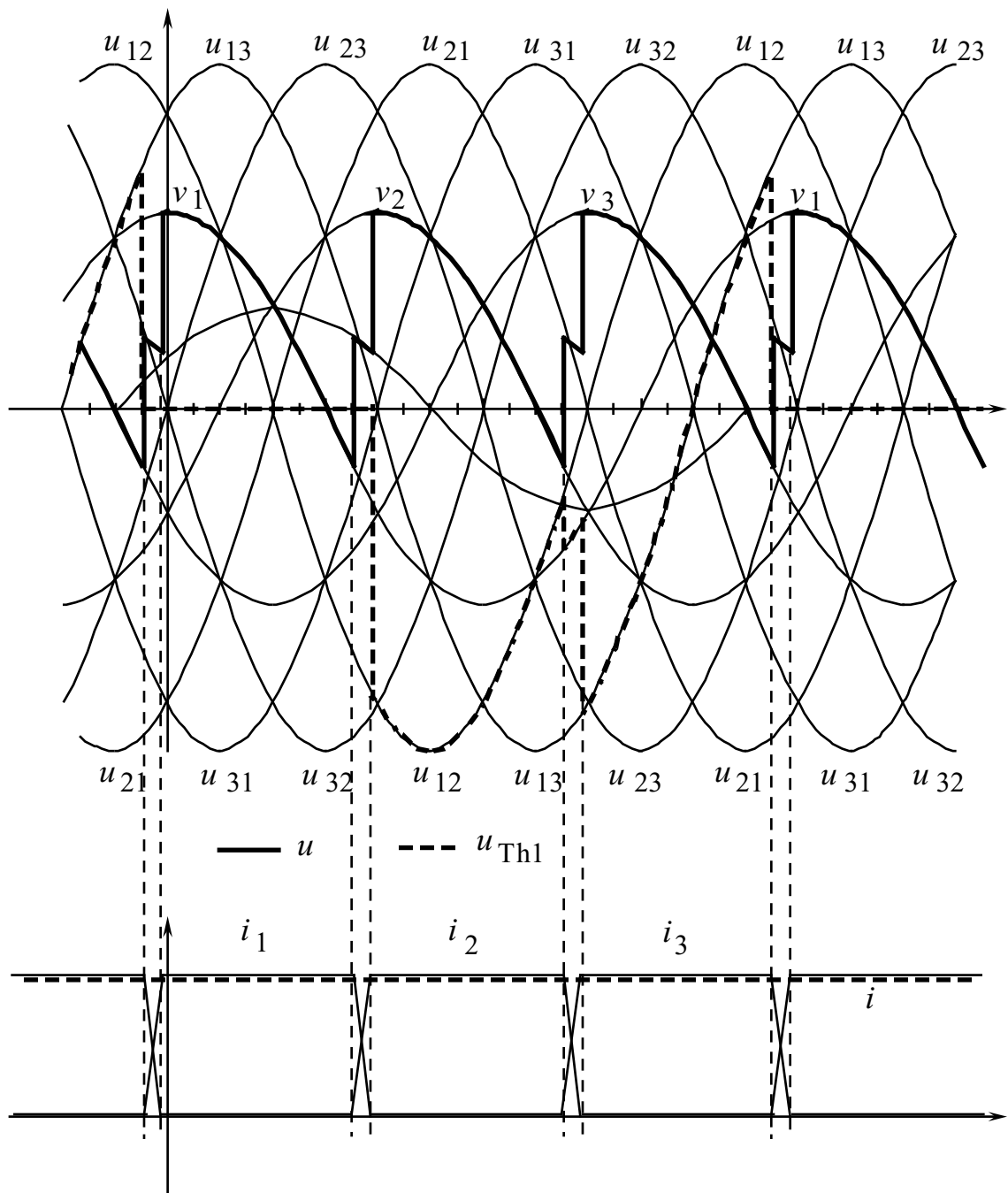
La tension u est-elle pendant quelques instants négative ?

Si oui, dans quel sens s'effectue le transfert de puissance instantanée ?

- Pour différentes valeurs de α , relever $\langle u \rangle$ et tracer la caractéristique $\langle u \rangle(\alpha)$.

- Pour $\alpha = \pi/3$ rad puis $2\pi/3$ rad, mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $u(t)$, $i(t)$, $i_1(t)$, $u_{\text{Th}1}(t)$.

COMPLEMENTS :*Chronogrammes de quelques tensions*

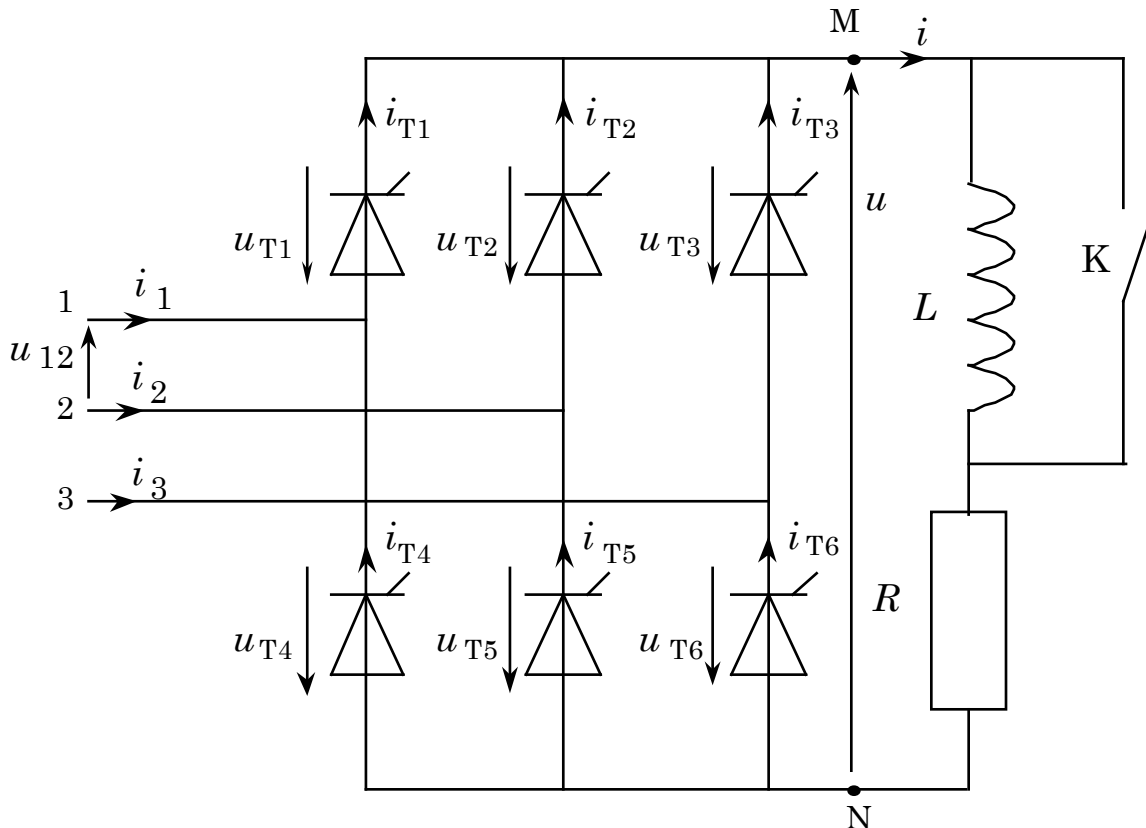


Les chronogrammes ci-dessus illustrent le phénomène d'empiètement que l'on peut observer lorsque la charge est traversée par un courant d'intensité constante.

I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R, L

I.1 Montage

Schéma de principe



La bobine a une inductance réglée à $L = 1 \text{ H}$ et une résistance $r = 10 \Omega$.

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 120 \Omega$.

Réaliser le montage

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} V \sin \omega t; v_2 = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

I.2 Expérimentation

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

- Pour un retard à l'amorçage de $\alpha = 0$, régler le rhéostat à une valeur permettant l'obtention d'un courant de charge d'intensité moyenne $\langle i \rangle = 0,5$ A.

- Augmenter α tout en diminuant la résistance du rhéostat afin de maintenir la valeur moyenne de l'intensité du courant de charge à 0,5 A (tant que cela est possible).

Relever les oscillogrammes de $u(t)$ et $i(t)$ pour $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ et 150° .

Pour chacune de ces valeurs relever $\langle u \rangle$ puis tracer $\langle u \rangle(\alpha)$.

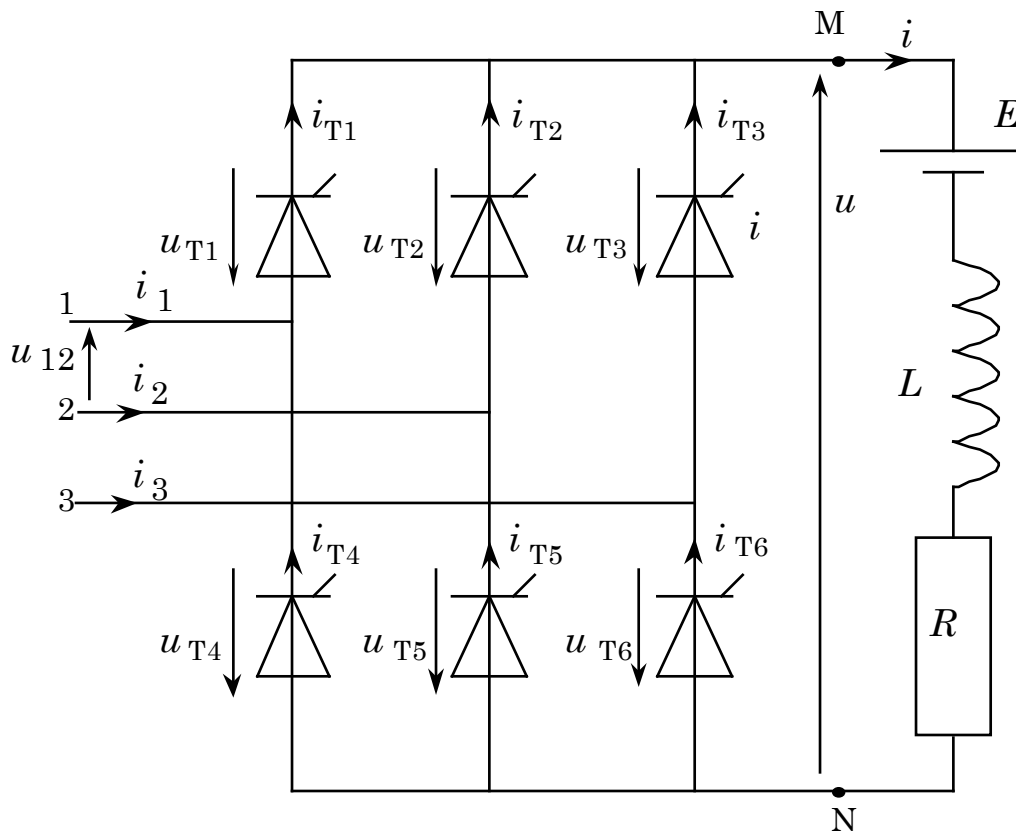
- Pour $\alpha = 60^\circ$ et pour $\alpha = 120^\circ$, relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ?

II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L

II.1 Montage



- Réaliser le montage

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

La bobine a une inductance réglable $L = 0,1\text{H}/1\text{ H}$ et une résistance $r = 10\ \Omega$.

La f.é.m. provient d'une batterie de 12 V (et de résistance interne négligeable).

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 23\ \Omega$.

II.2 Expérimentation

- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 120^\circ$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

- Déterminer pour chacune des valeurs de L précédentes, les instants de début et de fin de conduction des thyristors Th_1 , Th_2 , Th_3 , Th_4 , Th_5 et Th_6 . Quels sont les thyristors qui conduisent ensemble ?

- Mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ lorsque $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$.

- $L = 1$ H. Pour différentes valeurs de α , relever la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension aux bornes de la charge.

Tracer le graphe $\langle u \rangle(\alpha)$. Dessiner, sur le même graphe, la courbe représentative des variations de

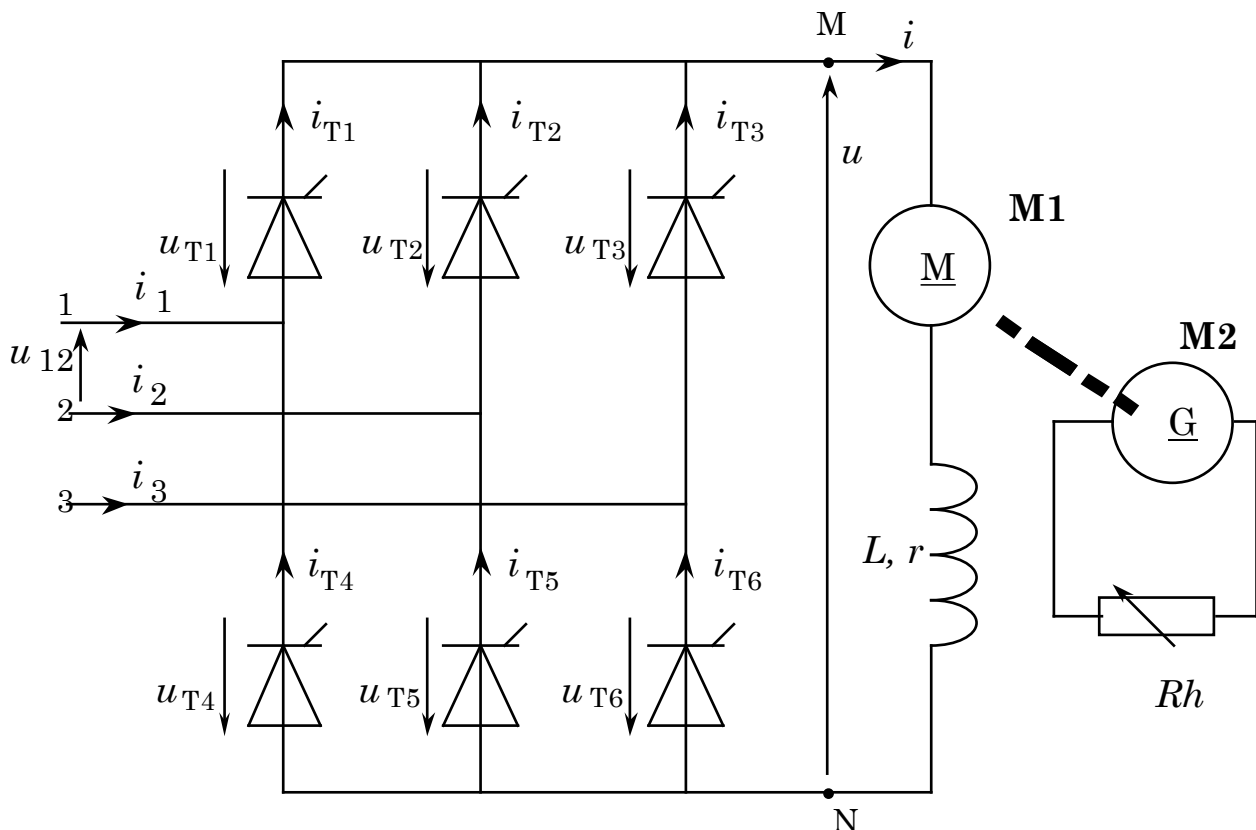
$$\frac{3\sqrt{3}\hat{u}\cos\alpha}{\pi}$$

en fonction de α . Conclure.

III. LA CHARGE EST UN MOTEUR

III.1 Montage

Remplacer l'ensemble E, R, L par un banc de petites machines à courant continu à aimant permanent. L'une des machines est alimentée par le montage, l'autre débite dans une résistance de charge R_h . Le schéma de principe est alors le suivant :



III.2 Expérimentation

Pour $\alpha = 0$ et $L = 0,5 \text{ H}$, régler la résistance de charge de la génératrice permettant l'obtention d'un courant de charge moyen $\langle i \rangle = 0,6 \text{ A}$.

• En maintenant $\langle i \rangle = 0,6 \text{ A}$ (tant que cela est possible), relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :

- $L = 0 \text{ H}$ (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 0 \text{ H}$ (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,

- $L = 0,1 \text{ H}$ et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 0,1 \text{ H}$ et $\alpha = 120^\circ$,
- $L = 1 \text{ H}$ et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 1 \text{ H}$ et $\alpha = 120^\circ$.

• Mesurer la vitesse n du moteur et la tension moyenne $\langle u \rangle$ à ces bornes, pour différentes valeurs de α en maintenant $\langle i \rangle$ à $0,6 \text{ A}$. Tracer les courbes représentatives de $n(\alpha)$ et de $\langle u \rangle(\alpha)$. Conclure.

• Lorsque $L = 0 \text{ H}$, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse.

Indiquer pourquoi, pour certaines valeurs de α , le moteur tourne mal.

• Lorsque $L = 1 \text{ H}$, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse.

Indiquer pourquoi, la rotation du moteur est dans ce cas plus régulière.

Quel est l'inconvénient majeur de ce dernier fonctionnement.

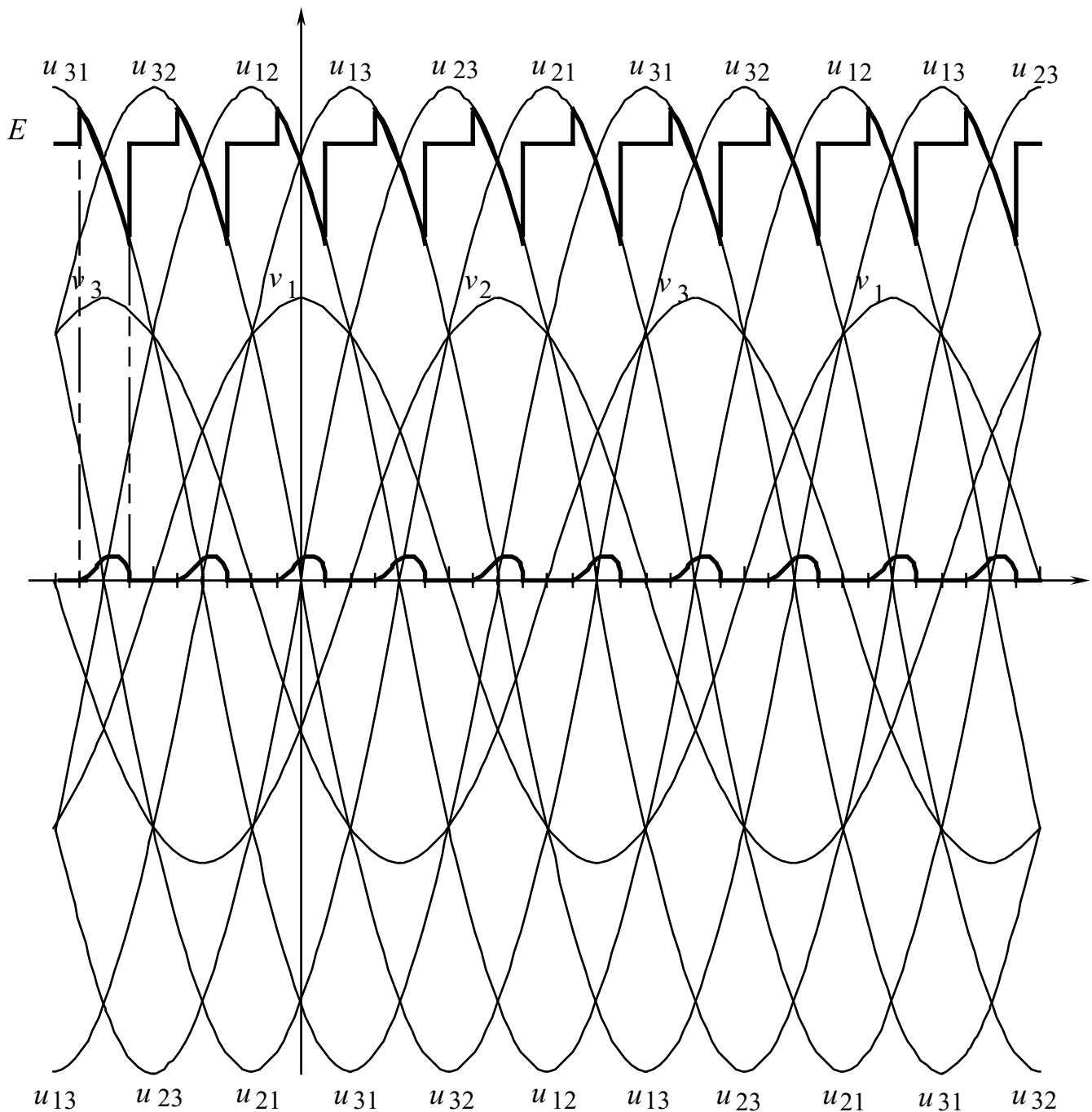
• Avec le module "AMPEREMETRE-VOLTMETRE-WATTMETRE" (réf.3804) mesurer l'intensité du courant traversant la charge, la tension à ses bornes et la puissance reçue. Visualiser à l'oscilloscope la puissance instantanée.

* Effectuer l'analyse spectrale de l'intensité du courant débité par une phase du réseau pour $L = 1 \text{ H}$, $\alpha = \pi/3 \text{ rad}$ et $\langle i \rangle = 1 \text{ A}$.

Pour cela on déterminera plus particulièrement l'amplitude des trois premiers harmoniques ainsi que leur fréquence.

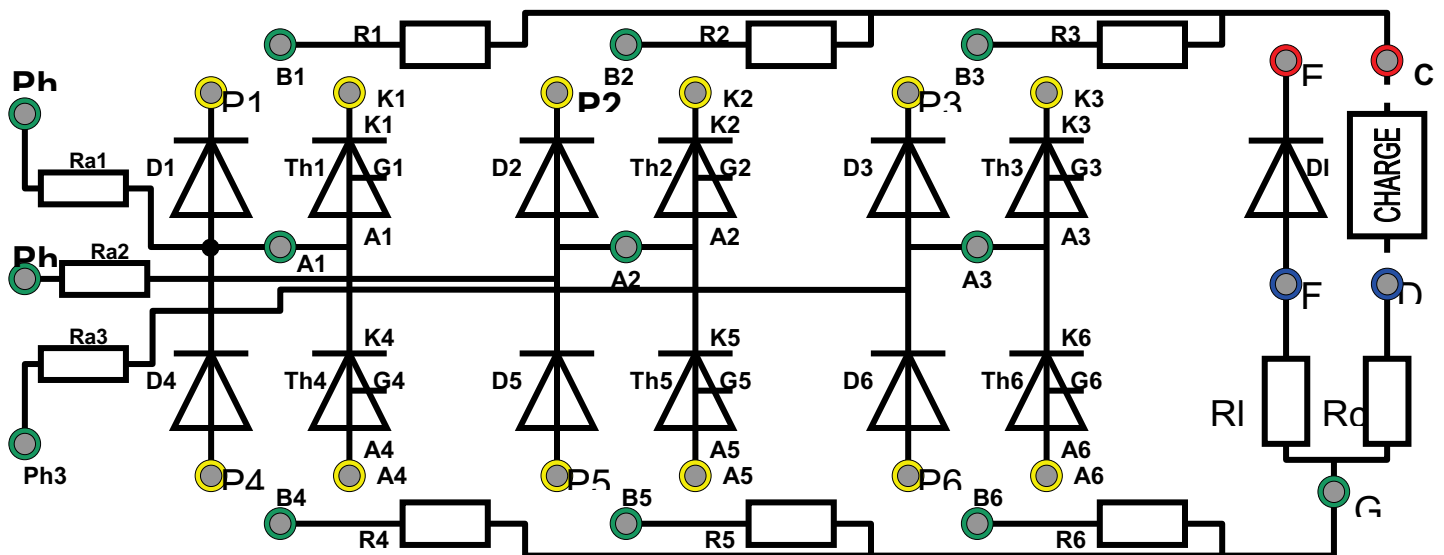
Pour cela on prélève la tension aux bornes de l'une des résistances de $0,5 \Omega$ placée à l'entrée de la maquette (résistances r_u ou r_v ou r_w). Cette tension est appliquée à l'entrée de l'analyseur

Agir sur le potentiomètre P pour modifier le décalage α . Régler ce décalage pour éliminer l'harmonique de rang trois. Quel est l'intérêt d'un tel réglage ? Ces analyses peuvent être réalisées pour différentes charges.

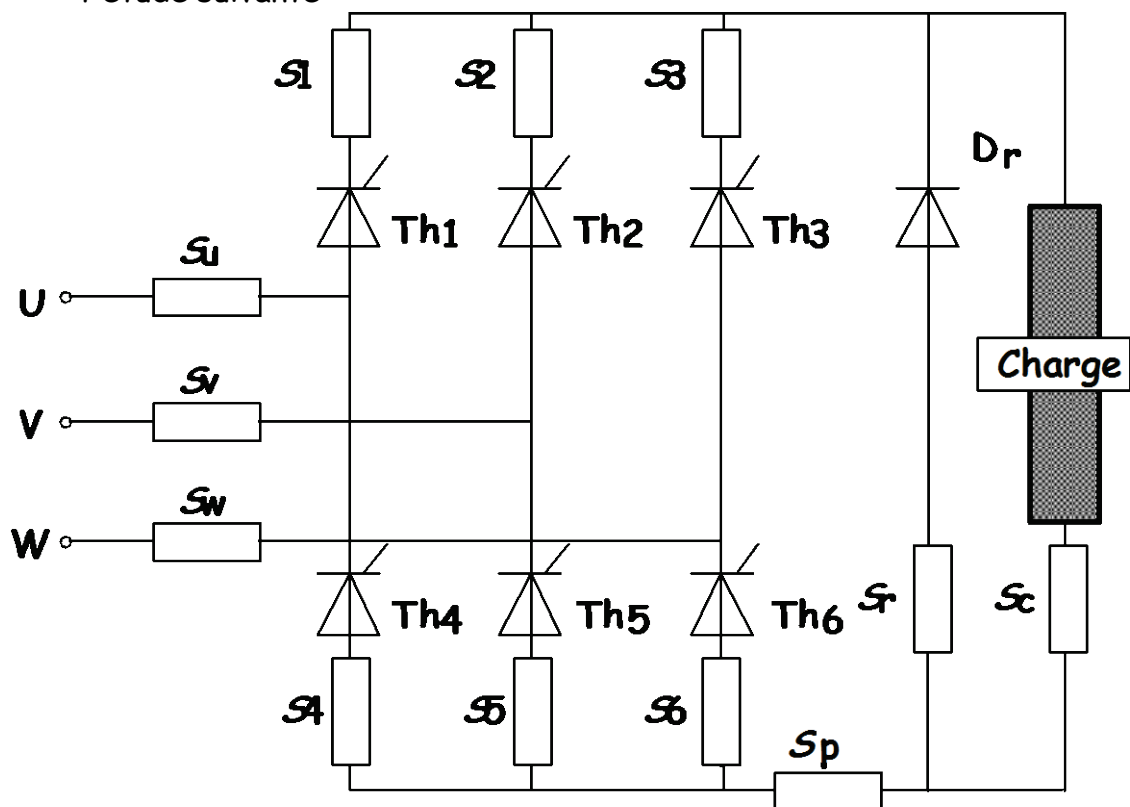
*Documents complémentaires:**Chronogrammes de quelques tensions*

*Tension et courant avec une charge E, R, L
(cas d'une conduction interrompue)*

E) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE COMMANDE DOUBLE ALTERNANCE AVEC DIODE DE ROUE LIBRE



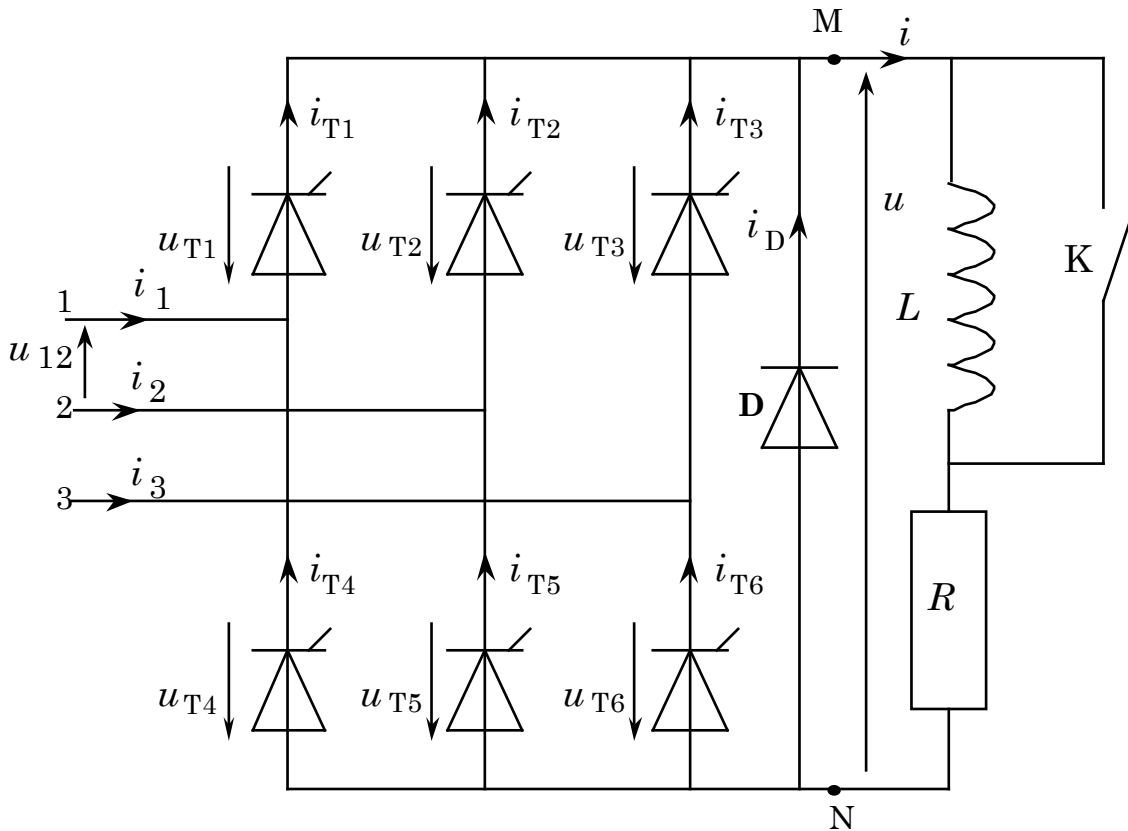
Indiquer sur ce schéma les connexions à réaliser pour effectuer l'étude suivante :



I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R,L

I.1 Montage

Schéma de principe :



La bobine a une inductance réglée à $L = 1 \text{ H}$ et une résistance $r = 10 \Omega$.

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 120 \Omega$.

Réaliser le montage

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} \sin \omega t; v_2 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

I.2 Expérimentation

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

- Pour un retard à l'amorçage de $\alpha = 0$, régler le rhéostat à une valeur permettant l'obtention d'un courant de charge d'intensité moyenne $\langle i \rangle = 0,5 \text{ A}$.

- Augmenter $\square$ tout en diminuant la résistance du rhéostat afin de maintenir la valeur moyenne de l'intensité du courant de charge à $0,5 \text{ A}$ (tant que cela est possible).

Relever les oscillogrammes de $u(t)$ et $i(t)$ pour $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ et 150° .

Pour chacune de ces valeurs relever $\langle u \rangle$ puis tracer $\langle u \rangle(\alpha)$.

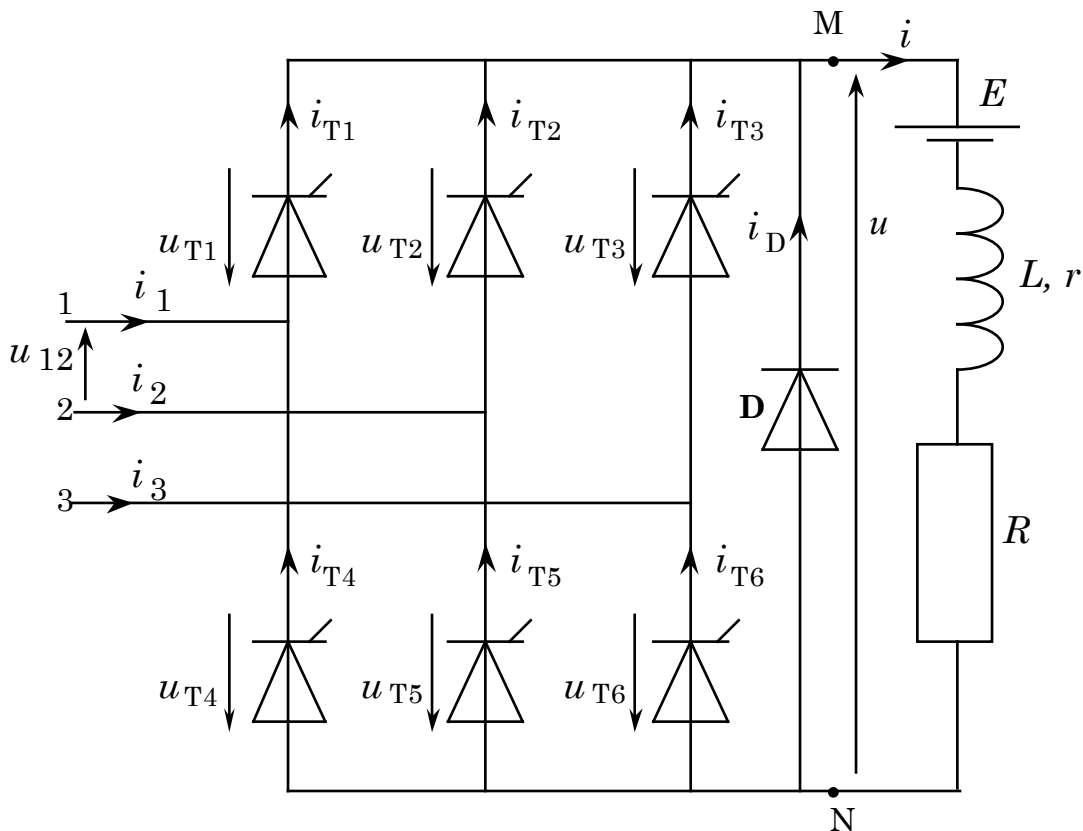
- Pour $\alpha = 60^\circ$ et pour $\square \neq 120^\circ$, relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ?

II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L

II.1 Montage



- Réaliser le montage

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

La bobine a une inductance réglable $L = 0,1\text{H}/1\text{ H}$ et une résistance $r = 10\ \Omega$.

La f.é.m. provient d'une batterie de 12 V (et de résistance interne négligeable).

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 23\ \Omega$.

II.2 Expérimentation

- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 120^\circ$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

- Déterminer pour chacune des valeurs de L précédentes, les instants de début et de fin de conduction des thyristors Th_1 , Th_2 , Th_3 , Th_4 , Th_5 et Th_6 et de la diode D_r .

Quels sont les thyristors qui conduisent ensemble ?

- Mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ lorsque $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$.
- $L = 1$ H. Pour différentes valeurs de α , relever la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension aux bornes de la charge.

Tracer le graphe $\langle u \rangle(\alpha)$. Dessiner, sur le même graphe, la courbe représentative des variations de

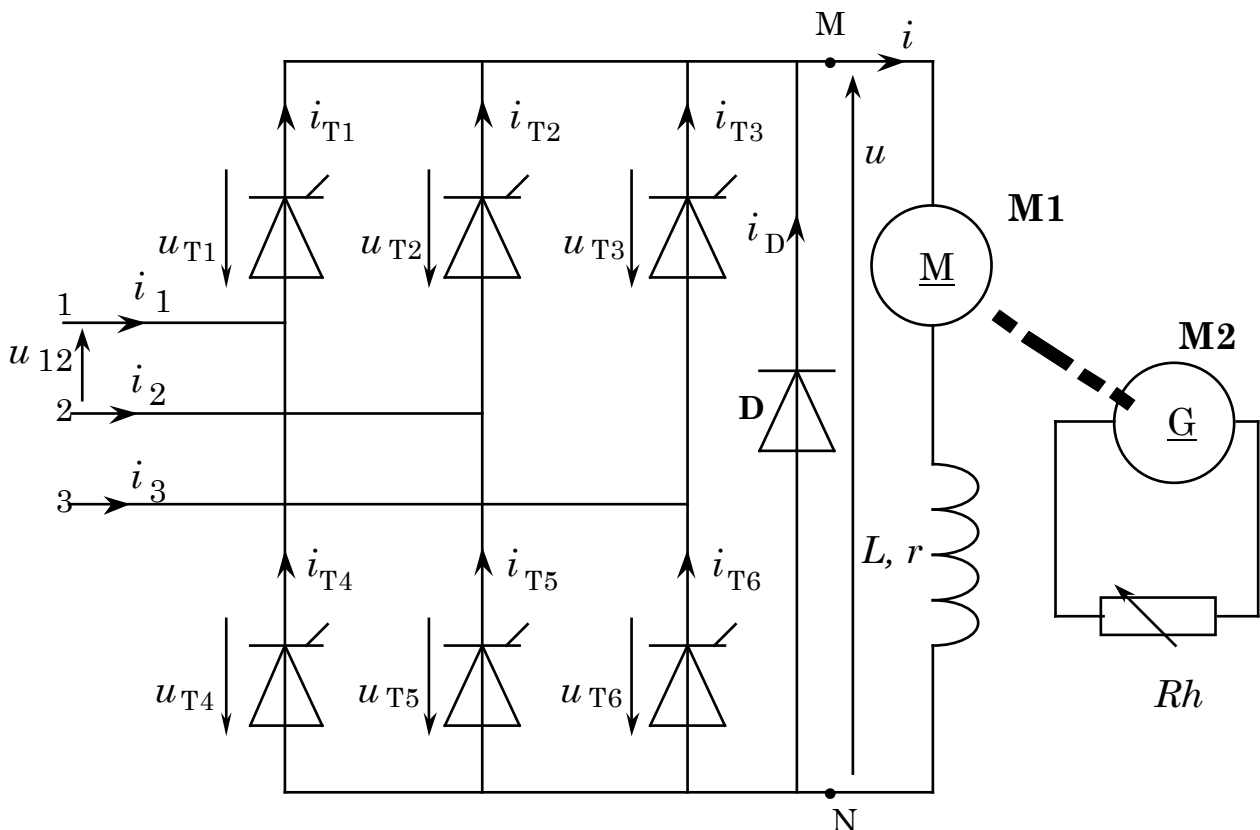
$$\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \hat{v}(1 + \cos \alpha)$$

en fonction de α . Conclure.

III. LA CHARGE EST UN MOTEUR

III.1 Montage

Remplacer l'ensemble E, R, L par un banc de petites machines à courant continu à aimant permanent. L'une des machines est alimentée par le montage, l'autre débite dans une résistance de charge R_h . Le schéma de principe est alors le suivant :



III.2 Expérimentation

Pour $\alpha = 0$ et $L = 0,5 \text{ H}$, régler la résistance de charge de la génératrice permettant l'obtention d'un courant de charge moyen $\langle i \rangle = 0,6 \text{ A}$.

- En maintenant $\langle i \rangle = 0,6 \text{ A}$ (tant que cela est possible), relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$, $i_{T5}(t)$, $i_{T6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :
 - $L = 0 \text{ H}$ (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0 \text{ H}$ (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 0,1 \text{ H}$ et $\alpha = 60^\circ$,

- $L = 0,1 \text{ H}$ et $\alpha = 120^\circ$,
- $L = 1 \text{ H}$ et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 1 \text{ H}$ et $\alpha = 120^\circ$.

• Mesurer la vitesse n du moteur et la tension moyenne $\langle u \rangle$ à ces bornes, pour différentes valeurs de α en maintenant $\langle i \rangle$ à 0,6 A (tant que cela est possible). Tracer les courbes représentatives de $n(\alpha)$ et de $\langle u \rangle(\alpha)$. Conclure.

• Lorsque $L = 0 \text{ H}$, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse.

Indiquer pourquoi, pour certaines valeurs de α , le moteur tourne mal.

• Lorsque $L = 1 \text{ H}$, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse.

Indiquer pourquoi, la rotation du moteur est dans ce cas plus régulière.

Quel est l'inconvénient majeur de ce dernier fonctionnement ?

• Avec le module "AMPEREMETRE-VOLTMETRE-WATTMETRE" (réf.3804) mesurer l'intensité du courant traversant la charge, la tension à ses bornes et la puissance reçue. Visualiser à l'oscilloscope la puissance instantanée.

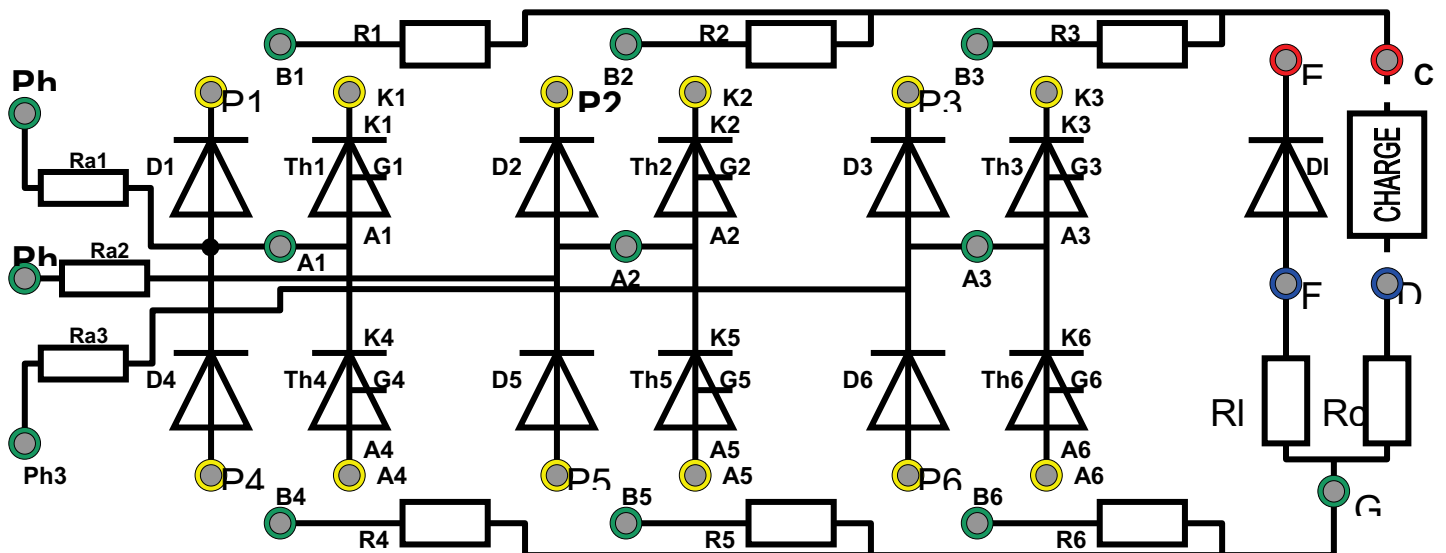
* Effectuer l'analyse spectrale de l'intensité du courant débité par une phase du réseau pour $L = 1 \text{ H}$, $\alpha = \pi/3 \text{ rad}$ et $\langle i \rangle = 1 \text{ A}$.

Pour cela on déterminera plus particulièrement l'amplitude des trois premiers harmoniques ainsi que leur fréquence.

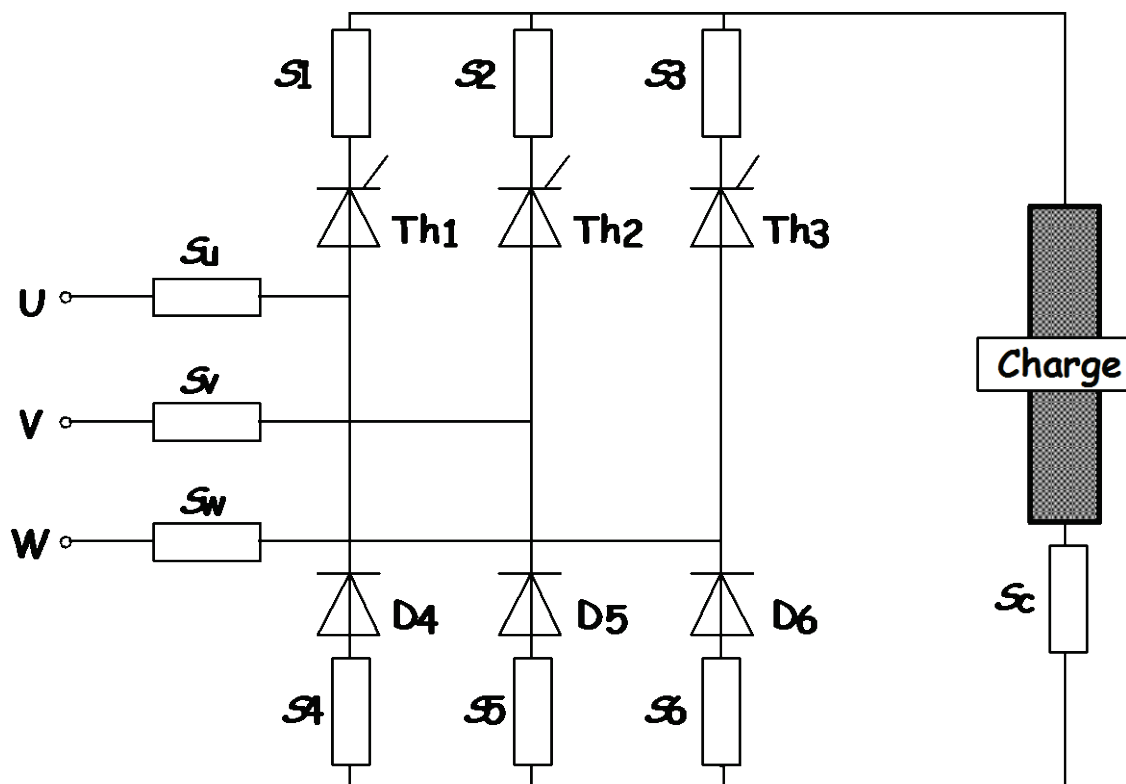
Pour cela on prélève la tension aux bornes de l'une des résistances de $0,5 \Omega$ placée à l'entrée de la maquette (résistances r_u ou r_v ou r_w). Cette tension est appliquée à l'entrée de l'analyseur.

Agir sur le potentiomètre P pour modifier le décalage α . Régler ce décalage pour éliminer l'harmonique de rang trois. Quel est l'intérêt d'un tel réglage ? Ces analyses peuvent être réalisées pour différentes charges.

F) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE COMMANDE MIXTE



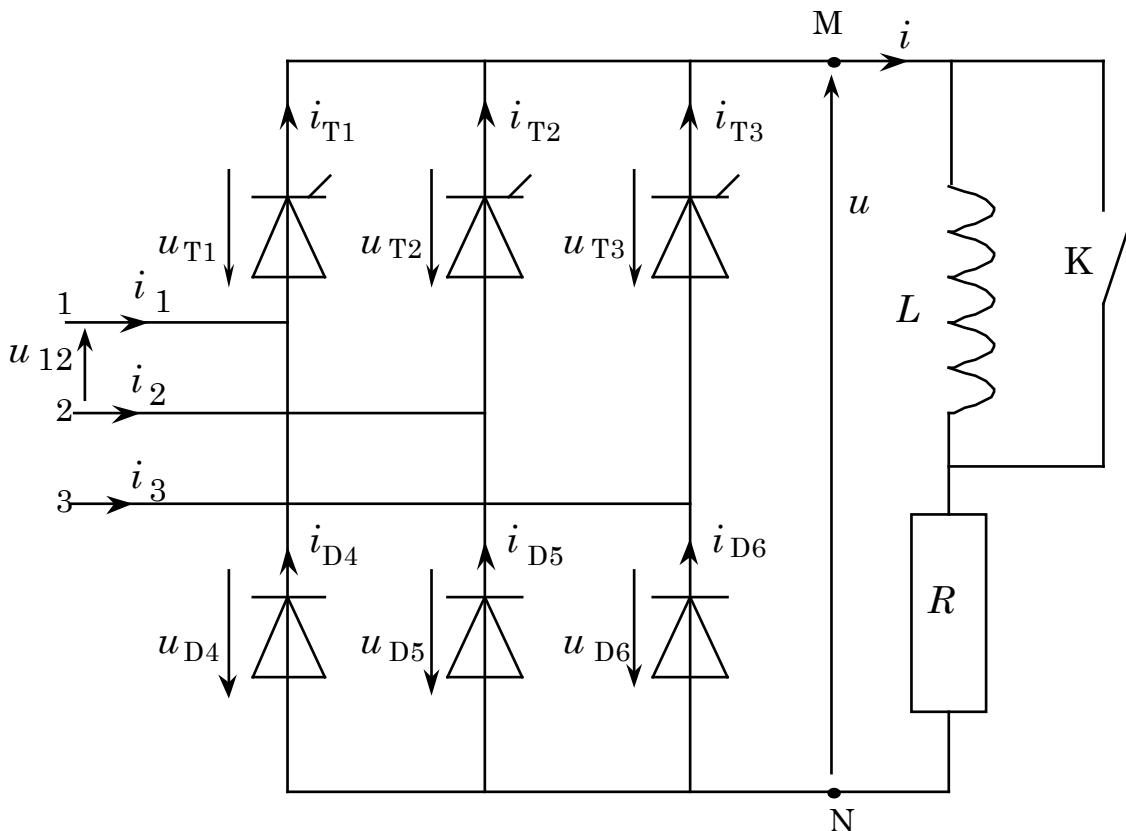
Indiquer sur ce schéma les connections à réaliser pour effectuer le montage suivant :



I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R,L

I.1 Montage

Schéma de principe :



La bobine a une inductance réglée à $L = 1 \text{ H}$ et une résistance $r = 10 \Omega$.

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 120 \Omega$.

Réaliser le montage

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} \sin \omega t; v_2 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

I.2 Expérimentation

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

- Pour un retard à l'amorçage de $\alpha = 0$, régler le rhéostat à une valeur permettant l'obtention d'un courant de charge d'intensité moyenne $\langle i \rangle = 0,5$ A.

- Augmenter α tout en diminuant la résistance du rhéostat afin de maintenir la valeur moyenne de l'intensité du courant de charge à 0,5 A.

Relever les oscillogrammes de $u(t)$ et $i(t)$ pour $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ et 150° .

Pour chacune de ces valeurs relever $\langle u \rangle$ puis tracer $\langle u \rangle(\alpha)$.

- Pour $\alpha = 60^\circ$ et pour $\alpha = 120^\circ$, relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

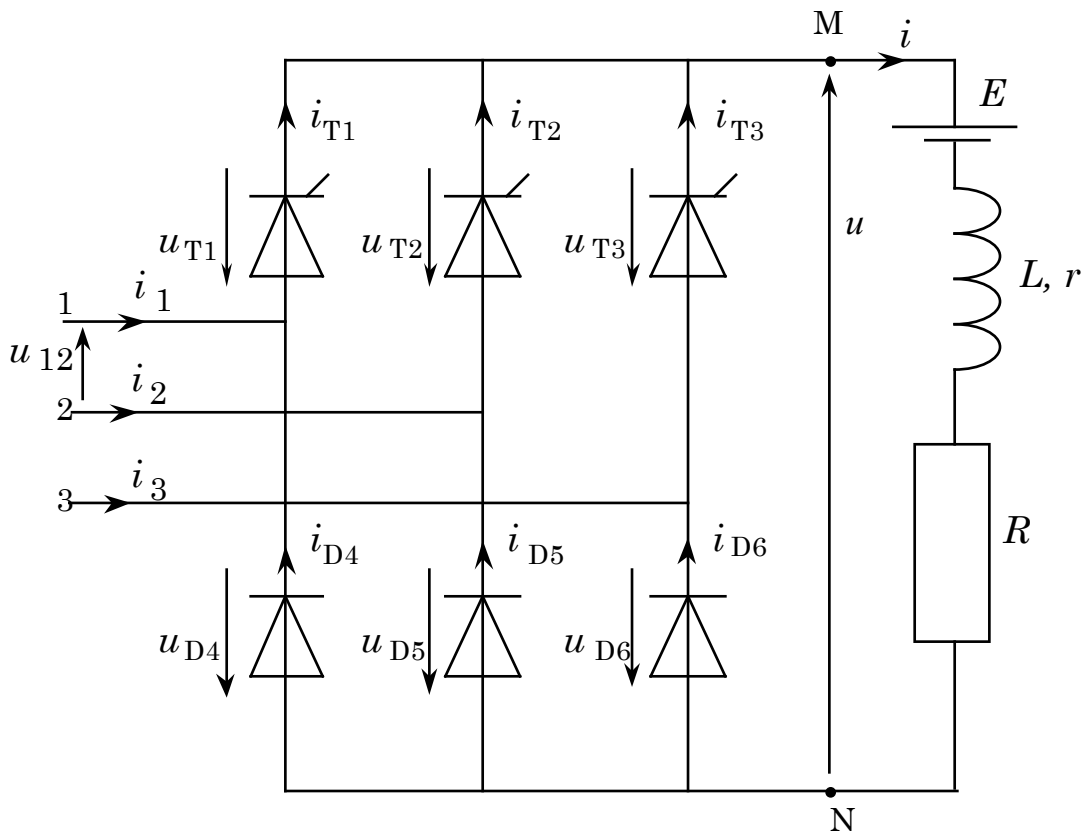
Analyser les oscillogrammes obtenus.

Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ?

II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L

II.1 Montage

Schéma de principe :



- Réaliser le montage

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

La bobine a une inductance réglable $L = 0,1\text{H}/1\text{ H}$ et une résistance $r = 10\ \Omega$.

La f.é.m. provient d'une batterie de 12 V (et de résistance interne négligeable).

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 23\ \Omega$.

II.2 Expérimentation

- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 120^\circ$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

- Déterminer pour chacune des valeurs de L précédentes, les instants de début et de fin de conduction des thyristors Th_1 , Th_2 et Th_3 , des diodes D_4 , D_5 , et D_6 . Quels sont les thyristors et les diodes qui conduisent ensemble ?

- Mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ lorsque $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$.

- $L = 1$ H. Pour différentes valeurs de α , relever la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension aux bornes de la charge.

Tracer le graphe $\langle u \rangle(\alpha)$. Dessiner, sur le même graphe, la courbe représentative des variations de

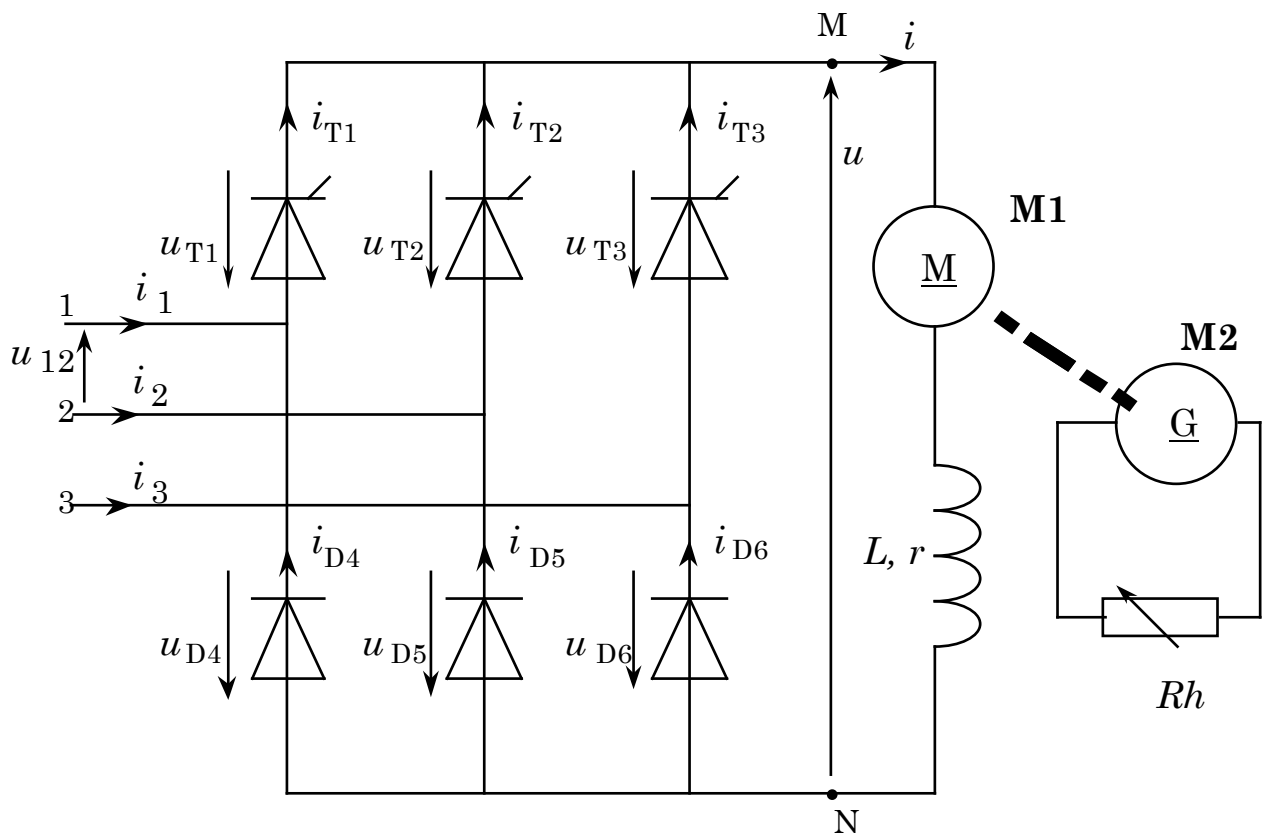
$$\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \hat{v}(1 + \cos \alpha)$$

en fonction de α . Conclure.

III. LA CHARGE EST UN MOTEUR

III.1 Montage

Remplacer l'ensemble E, R, L par un banc de petites machines à courant continu à aimant permanent. L'une des machines est alimentée par le montage, l'autre débite dans une résistance de charge R_h . Le schéma de principe est alors le suivant :



III.2 Expérimentation

Pour $\alpha = 0$ et $L = 0,5$ H, régler la résistance de charge de la génératrice permettant l'obtention d'un courant de charge moyen $\langle i \rangle = 0,6$ A.

- En maintenant $\langle i \rangle = 0,6$ A (tant que cela est possible), relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :

- $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,
- $L = 0,1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 0,1$ H et $\alpha = 120^\circ$,
- $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 1$ H et $\alpha = 120^\circ$.

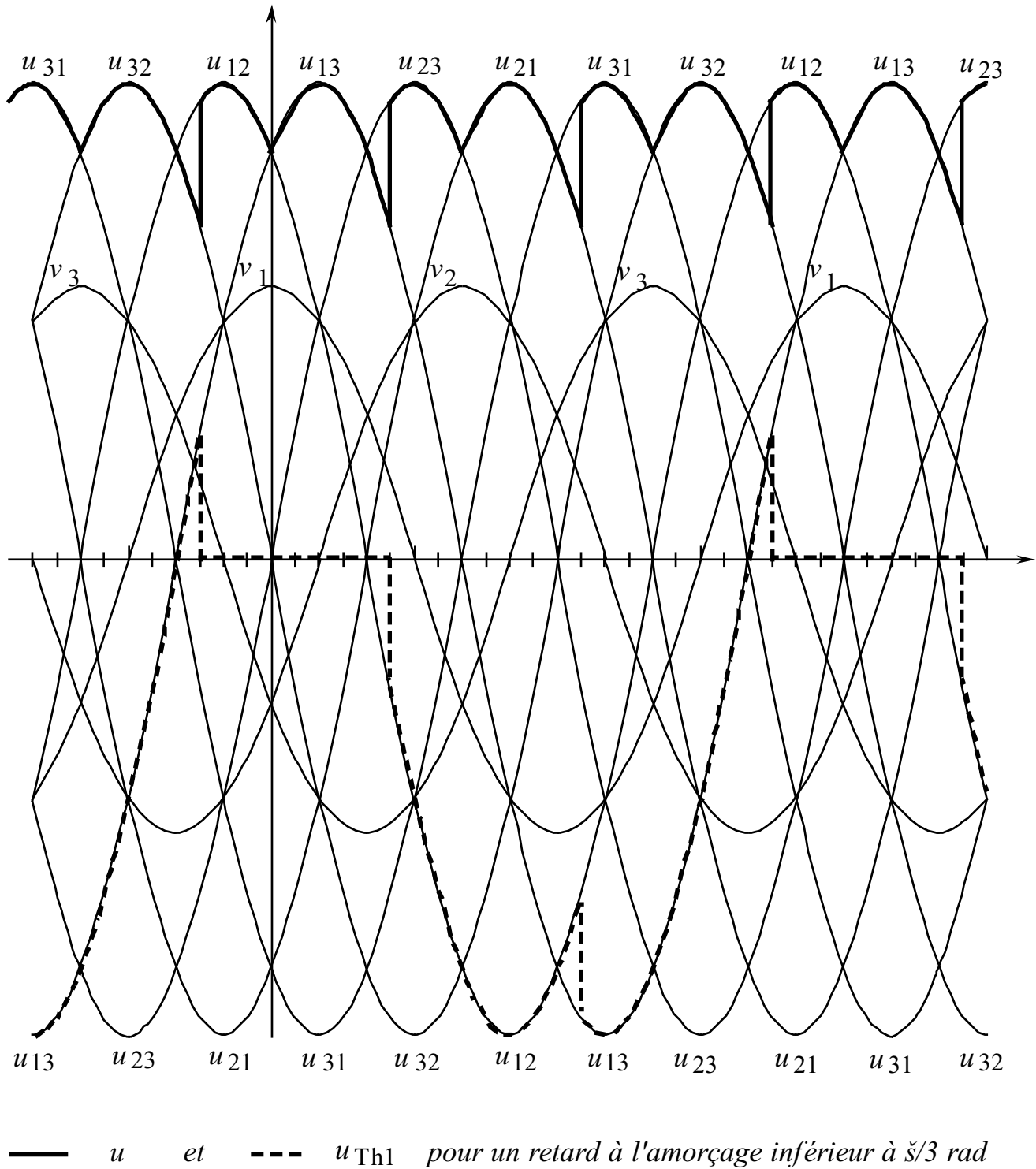
• Mesurer la vitesse n du moteur et la tension moyenne $\langle u \rangle$ à ces bornes, pour différentes valeurs de α en maintenant $\langle i \rangle$ à 0,6 A (tant que cela est possible). Tracer les courbes représentatives de $n(\alpha)$ et de $\langle u(\alpha) \rangle$. Conclure.

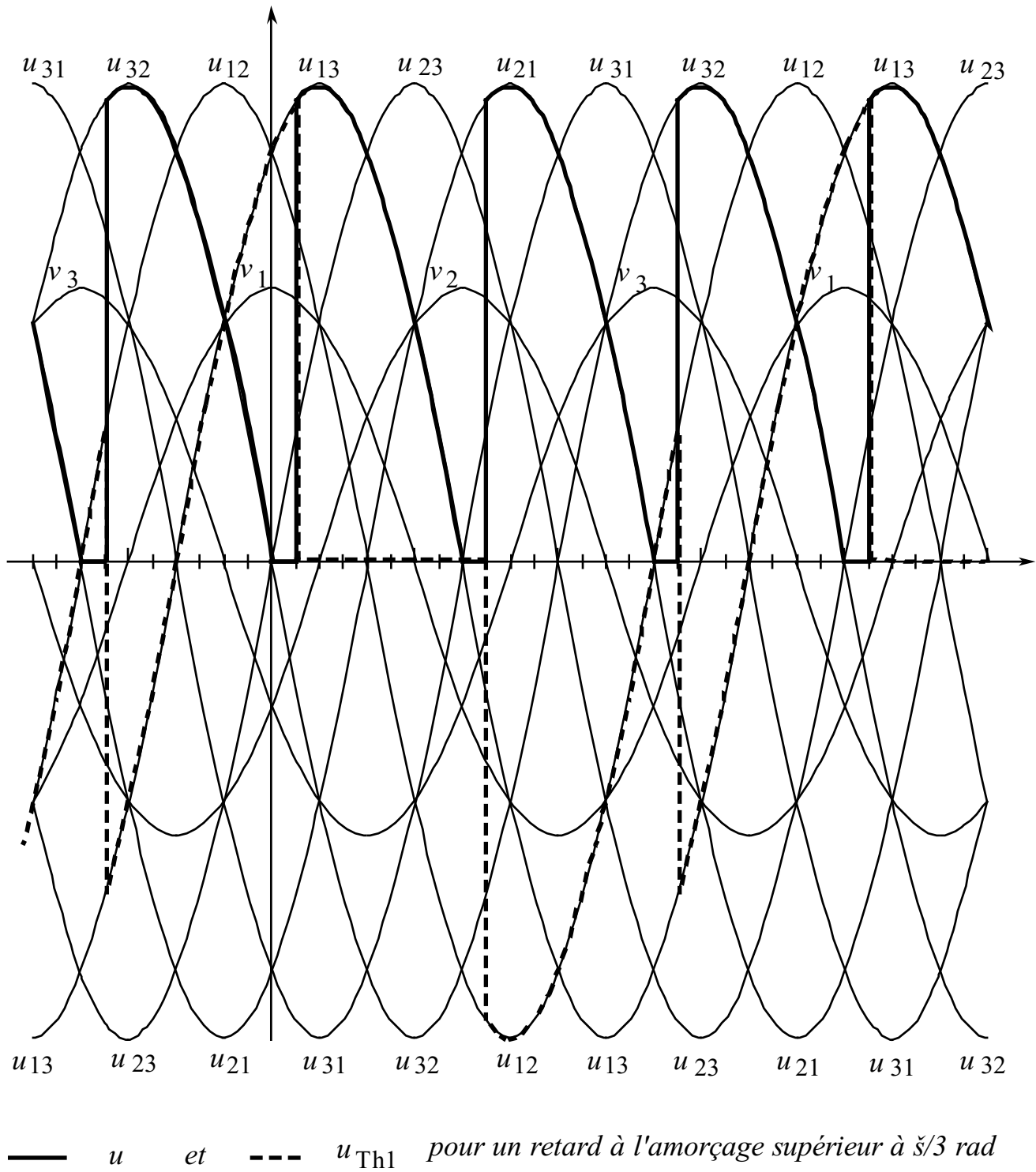
• Lorsque $L = 0$ H, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse. Indiquer pourquoi, pour certaines valeurs de α , le moteur tourne mal.

• Lorsque $L = 1$ H, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse. Indiquer pourquoi, la rotation du moteur est dans ce cas plus régulière. Quel est l'inconvénient majeur de ce dernier fonctionnement.

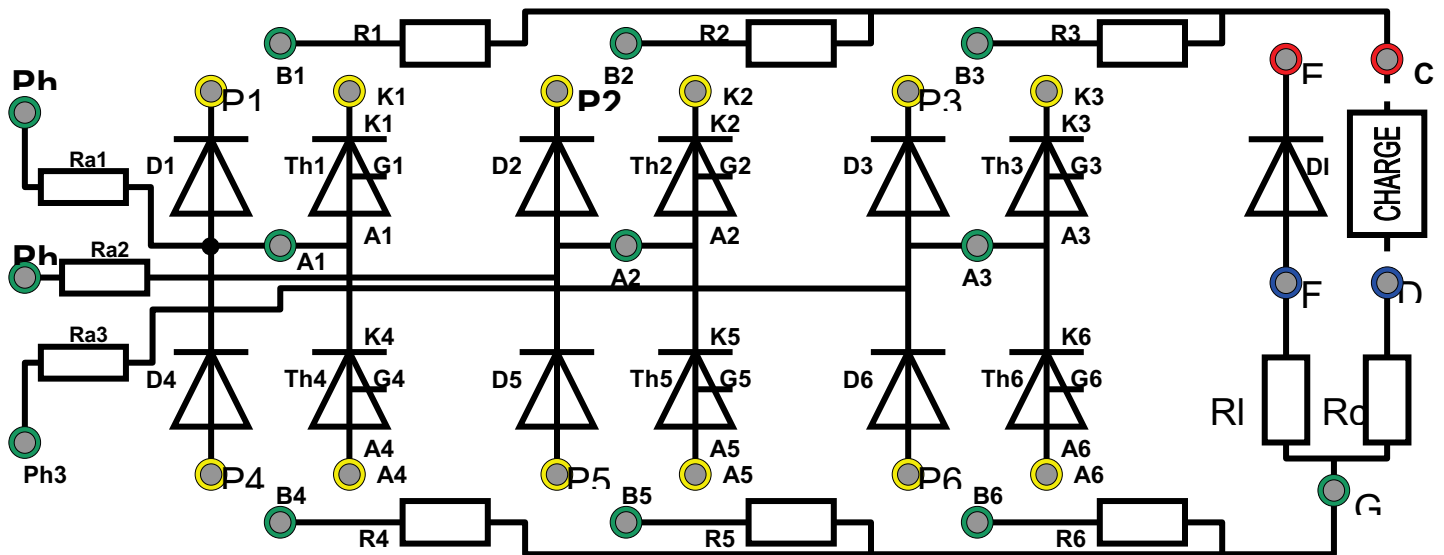
* Effectuer l'analyse spectrale de l'intensité du courant débité par une phase du réseau pour $L = 1$ H, $\alpha = \pi/3$ rad et $\langle i \rangle = 1$ A. Pour cela on déterminera plus particulièrement l'amplitude des trois premiers harmoniques ainsi que leur fréquence. Pour cela on prélève la tension aux bornes de l'une des résistances de $0,5 \Omega$ placée à l'entrée de la maquette (résistances r_u ou r_v ou r_w). Cette tension est appliquée à l'entrée de l'analyseur.

Agir sur le potentiomètre **P** pour modifier le décalage α . Régler ce décalage pour éliminer l'harmonique de rang trois. Quel est l'intérêt d'un tel réglage ? Ces analyses peuvent être réalisées pour différentes charges.

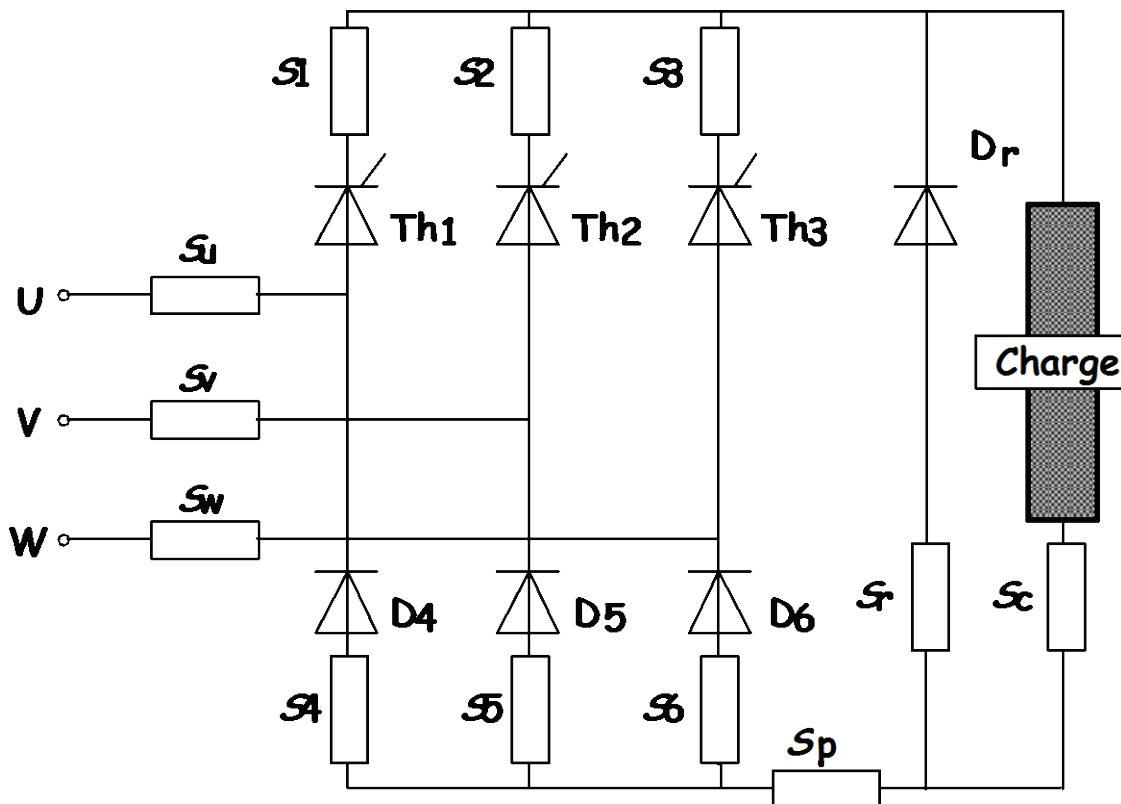
*Documents complémentaires:**Chronogrammes de quelques tensions*



G) ETUDE D'UN REDRESSEMENT TRIPHASE COMMANDE MIXTE AVEC DIODE DE ROUE LIBRE



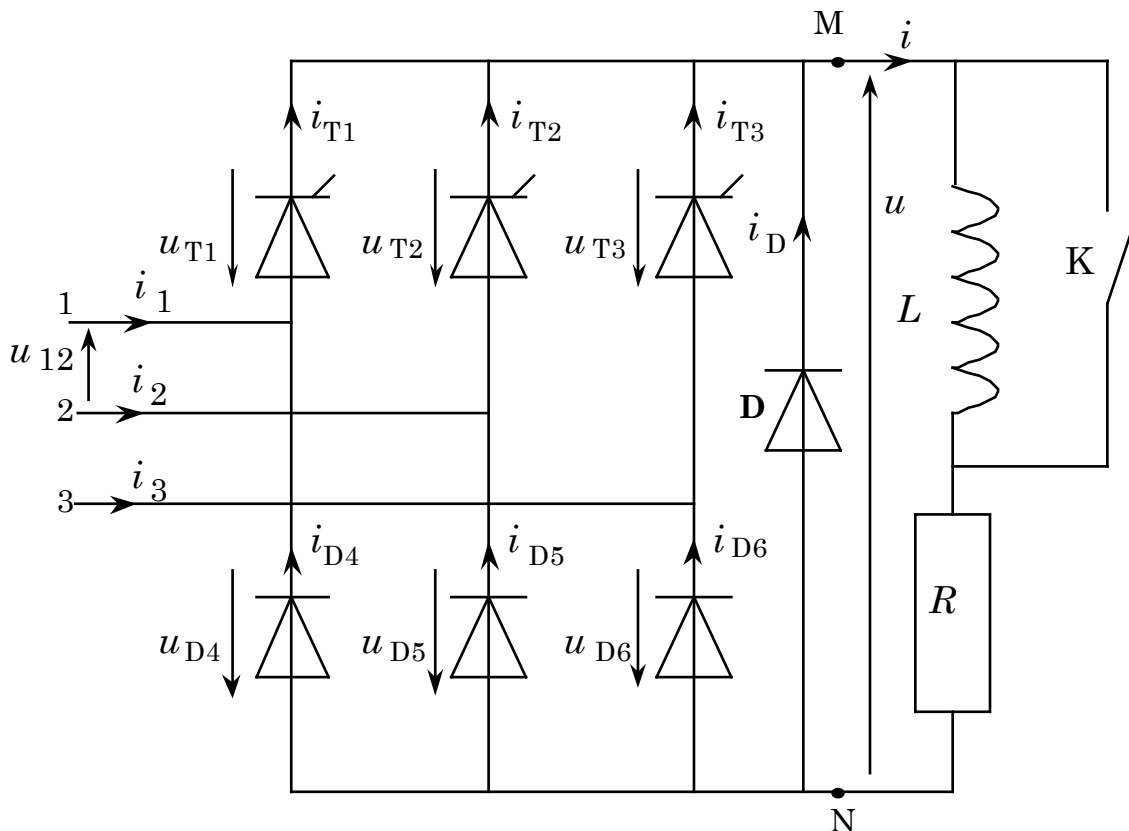
Indiquer sur ce schéma les connections à réaliser pour effectuer le montage suivant :



I. LA CHARGE EST UN CIRCUIT R, L

I.1 Montage

Schéma de principe :



La bobine a une inductance réglée à $L = 1 \text{ H}$ et une résistance $r = 10 \Omega$.

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 120 \Omega$.

Réaliser le montage

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} \sin \omega t; v_2 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

I.2 Expérimentation

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

- Pour un retard à l'amorçage de $\alpha = 0$, régler le rhéostat à une valeur permettant l'obtention d'un courant de charge d'intensité moyenne $\langle i \rangle = 0,5$ A.

- Augmenter α tout en diminuant la résistance du rhéostat afin de maintenir la valeur moyenne de l'intensité du courant de charge à 0,5 A (tant que cela est possible).

Relever les oscillogrammes de $u(t)$ et $i(t)$ pour $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ et 150° .

Pour chacune de ces valeurs relever $\langle u \rangle$ puis tracer $\langle u \rangle(\alpha)$.

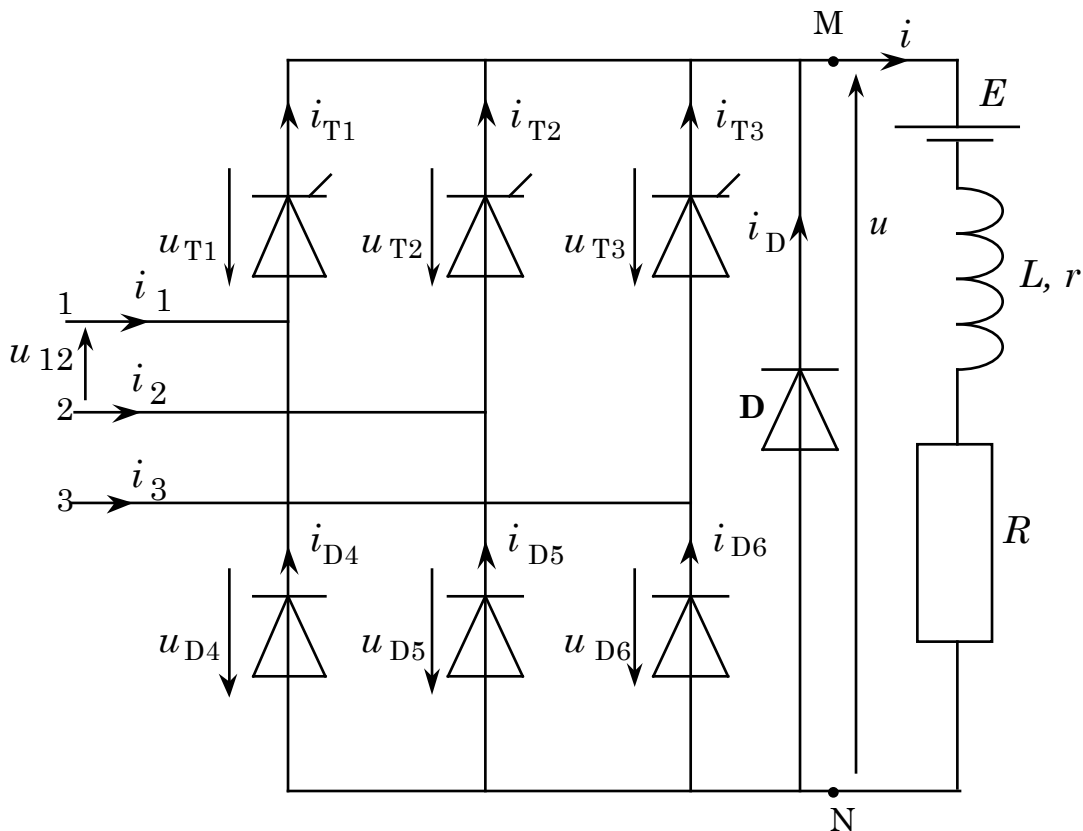
- Pour $\alpha = 60^\circ$ et pour $\alpha = 120^\circ$, relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ?

II. LA CHARGE EST UN CIRCUIT E, R, L

II.1 Montage



- Réaliser le montage

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

La bobine a une inductance réglable $L = 0,1\text{H}/1\text{ H}$ et une résistance $r = 10\ \Omega$.

La f.é.m. provient d'une batterie de 12 V (et de résistance interne négligeable).

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 23\ \Omega$.

II.2 Expérimentation

- Relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0$ H (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 0,1$ H et $\alpha = 120^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$,
 - $L = 1$ H et $\alpha = 120^\circ$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

- Déterminer pour chacune des valeurs de L précédentes, les instants de début et de fin de conduction des thyristors Th_1 , Th_2 et Th_3 , des diodes D_4 , D_5 , D_6 et D . Quels sont les thyristors et les diodes qui conduisent ensemble ? Quel est l'état des thyristors lorsque la diode D conduit ?

- Mesurer les valeurs moyennes et efficaces des tensions et intensités suivantes : $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i_{D4}(t)$, $i_{D5}(t)$, $i_{D6}(t)$, $i_D(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ lorsque $L = 1$ H et $\alpha = 60^\circ$.

- $L = 1$ H. Pour différentes valeurs de α , relever la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension aux bornes de la charge.

Tracer le graphe $\langle u \rangle(\alpha)$. Dessiner, sur le même graphe, la courbe représentative des variations de

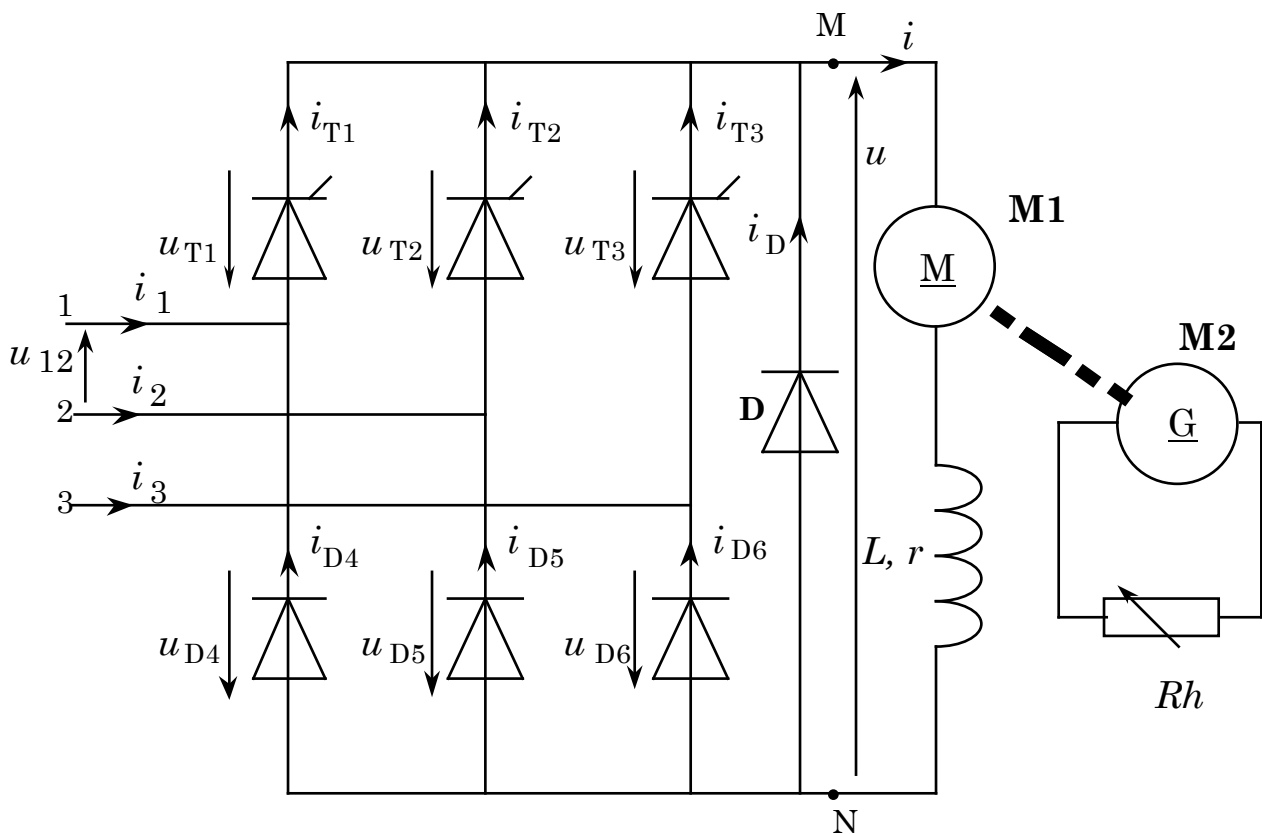
$$\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \hat{v}(1 + \cos \alpha)$$

en fonction de α . Conclure.

III. LA CHARGE EST UN MOTEUR

III.1 Montage

Remplacer l'ensemble E, R, L par un banc de petites machines à courant continu à aimant permanent. L'une des machines est alimentée par le montage, l'autre débite dans une résistance de charge R_h . Le schéma de principe est alors le suivant :



III.2 Expérimentation

Pour $\alpha = 0$ et $L = 0,5 \text{ H}$, régler la résistance de charge de la génératrice permettant l'obtention d'un courant de charge moyen $\langle i \rangle = 0,6 \text{ A}$.

• En maintenant $\langle i \rangle = 0,6 \text{ A}$ (tant que cela est possible), relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t), i_1(t), u(t), i_{T1}(t), i_{T2}(t), i_{T3}(t), i_{D4}(t), i_{D5}(t), i_{D6}(t), i_D(t), i(t)$ et $u_{T1}(t)$ pour :

- $L = 0 \text{ H}$ (bobine court-circuitée) et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 0 \text{ H}$ (bobine court-circuitée) et $\alpha = 120^\circ$,

- $L = 0,1 \text{ H}$ et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 0,1 \text{ H}$ et $\alpha = 120^\circ$,
- $L = 1 \text{ H}$ et $\alpha = 60^\circ$,
- $L = 1 \text{ H}$ et $\alpha = 120^\circ$.

• Mesurer la vitesse n du moteur et la tension moyenne $\langle u \rangle$ à ces bornes, pour différentes valeurs de α en maintenant $\langle i \rangle$ à $0,6 \text{ A}$ (tant que cela est possible). Tracer les courbes représentatives de $n(\alpha)$ et de $\langle u \rangle(\alpha)$. Conclure.

• Lorsque $L = 0 \text{ H}$, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse.
Indiquer pourquoi, pour certaines valeurs de α , le moteur tourne mal.

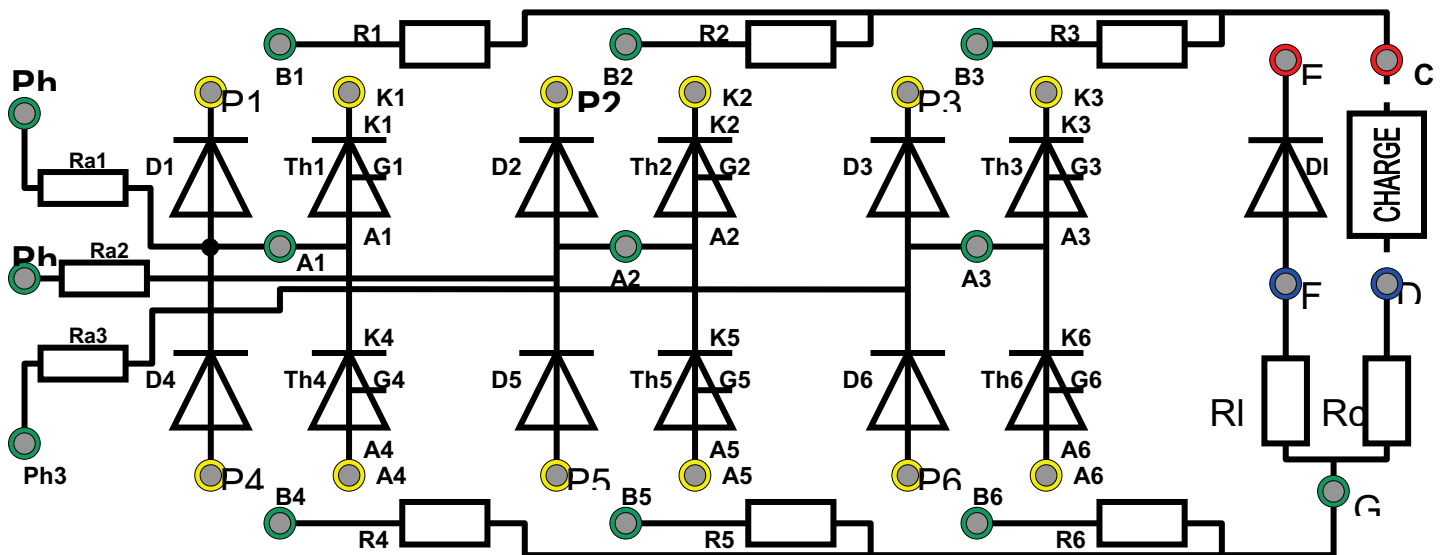
• Lorsque $L = 1 \text{ H}$, expliquer l'allure de la tension aux bornes du moteur et de l'intensité du courant qui le traverse.
Indiquer pourquoi, la rotation du moteur est dans ce cas plus régulière.
Quel est l'inconvénient majeur de ce dernier fonctionnement.

• Avec le module "AMPEREMETRE-VOLTMETRE-WATTMETRE" (réf.3804) mesurer l'intensité du courant traversant la charge, la tension à ses bornes et la puissance reçue. Visualiser à l'oscilloscope la puissance instantanée.

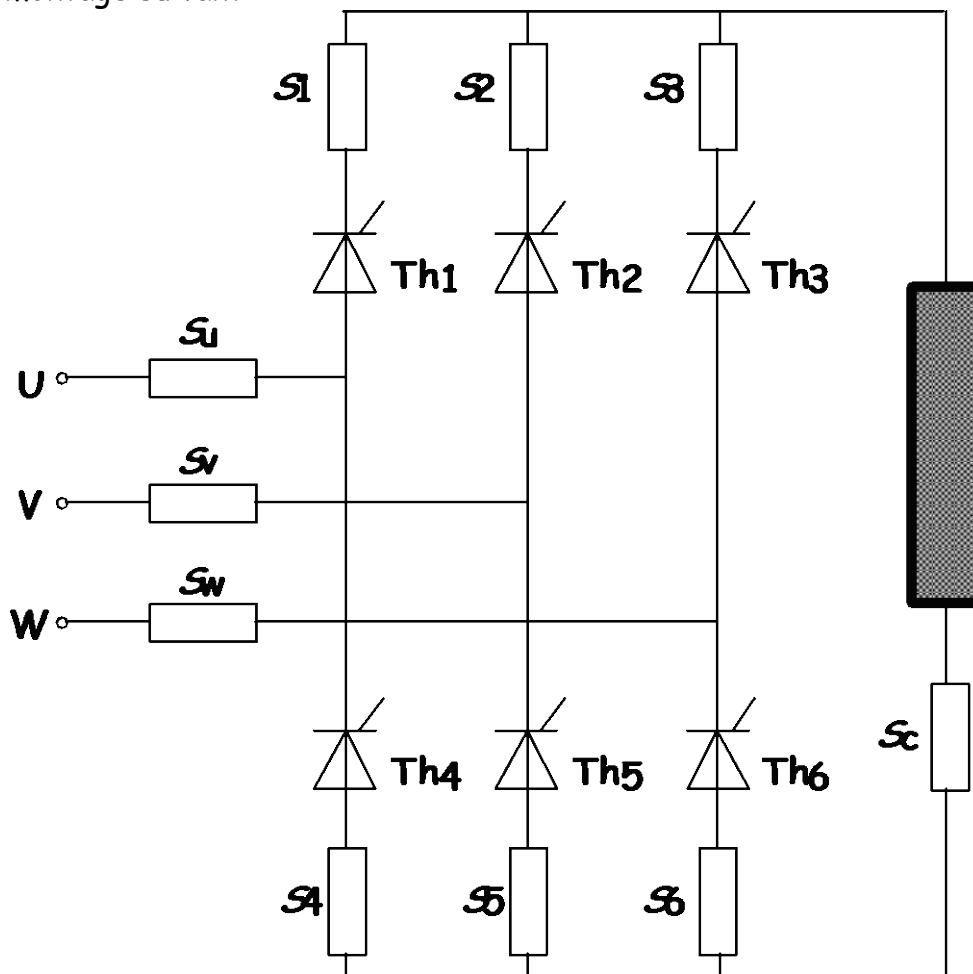
* Effectuer l'analyse spectrale de l'intensité du courant débité par une phase du réseau pour $L = 1 \text{ H}$, $\omega = \pi/3 \text{ rad}$ et $\langle i \rangle = 1 \text{ A}$.
Pour cela on déterminera plus particulièrement l'amplitude des trois premiers harmoniques ainsi que leur fréquence.
Pour cela on prélève la tension aux bornes de l'une des résistances de $0,5 \Omega$ placée à l'entrée de la maquette (résistances r_u ou r_v ou r_w). Cette tension est appliquée à l'entrée de l'analyseur.

Agir sur le potentiomètre P pour modifier le décalage α . Régler ce décalage pour éliminer l'harmonique de rang trois. Quel est l'intérêt d'un tel réglage ? Ces analyses peuvent être réalisées pour différentes charges.

H) MONTAGE FONCTIONNANT EN ONDULEUR ASSISTE

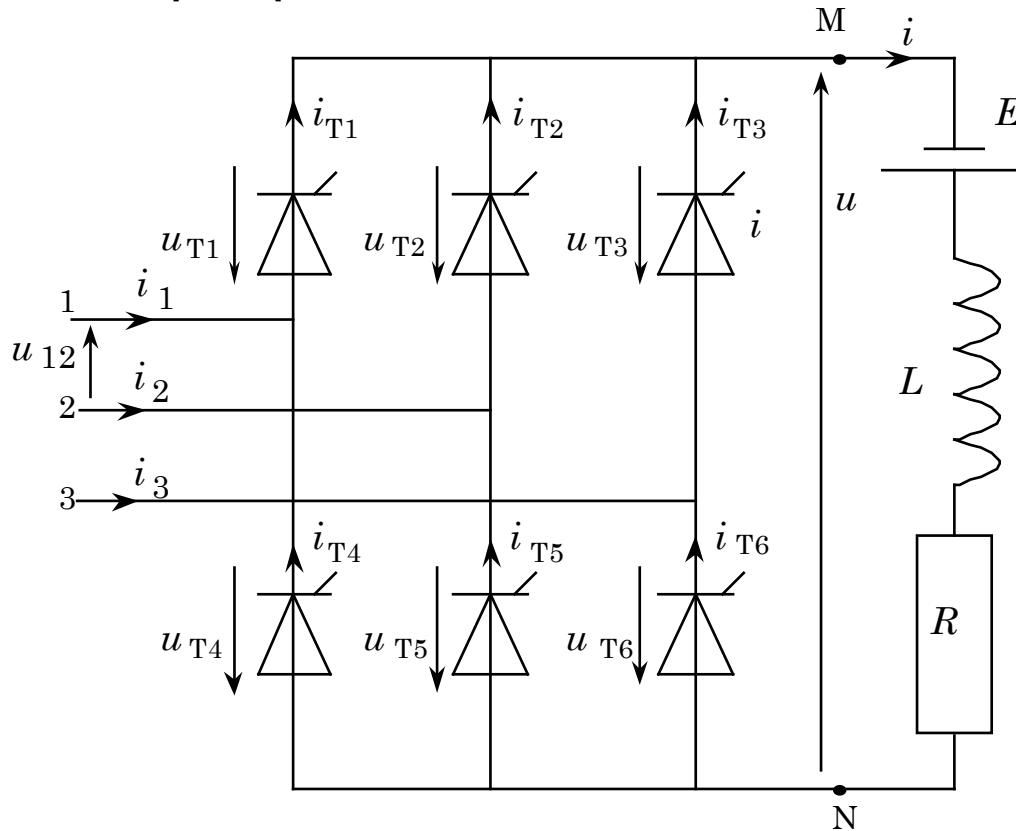


Indiquer sur ce schéma les connections à réaliser pour effectuer le montage suivant :



I. CIRCUIT DE CHARGE E, R, L

I.1 Schéma de principe



I.2 Montage

Réaliser le montage.

Au secondaire du transformateur, on dispose d'un système de tensions triphasées :

$$v_1 = \sqrt{2} \sin \omega t; v_2 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3); v_3 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Régler l'autotransformateur pour obtenir, à vide, une valeur moyenne $\langle u \rangle$ égale à 20 V.

La bobine a une inductance réglée à $L = 1$ H et une résistance $r = 10 \Omega$.

La f.é.m. provient d'une batterie de 12 V (et de résistance interne négligeable).

Le rhéostat de charge a une résistance $R = 150 \, \Omega$.

I.3 Expérimentation

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

- Pour un retard à l'amorçage de $\alpha = 0$, régler le rhéostat à une valeur permettant l'obtention d'un courant de charge d'intensité moyenne $\langle i \rangle = 0,5 \, \text{A}$.

La batterie fonctionne-t-elle en générateur ou en récepteur ?

- Augmenter α tout en diminuant la résistance du rhéostat afin de maintenir la valeur moyenne de l'intensité du courant de charge à $0,5 \, \text{A}$ (tant que cela est possible).

Relever les oscillogrammes de $u(t)$ et $i(t)$ pour

$\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ et 150° .

Pour chacune de ces valeurs relever $\langle u \rangle$ puis tracer $\langle u \rangle(\alpha)$.

- Pour $\alpha = 60^\circ$ et pour $\alpha = 120^\circ$, relever en concordance des temps, les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

Analyser les oscillogrammes obtenus.

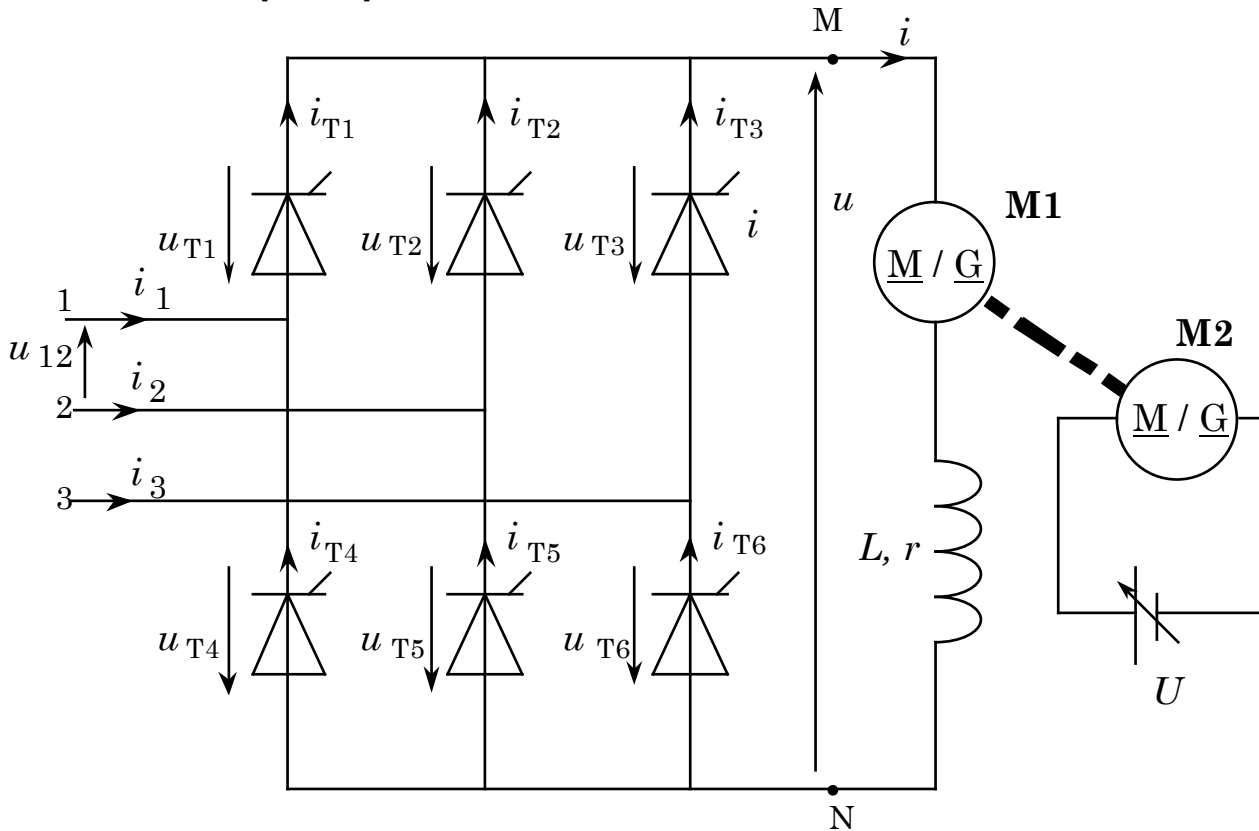
- Pour $\alpha < \pi/2 \, \text{rad}$, quel est le signe de $\langle u \rangle$? Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ? Comment fonctionne le montage ?

- Pour $\alpha > \pi/2 \, \text{rad}$, quel est le signe de $\langle u \rangle$? Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ? Comment fonctionne le montage ? En déduire les conditions d'un fonctionnement en onduleur.

II. LA CHARGE EST UNE MACHINE A COURANT CONTINU

Remplacer l'ensemble E, R par un banc de petites machines à courant continu à aimant permanent. L'une des machines est alimentée par le montage, l'autre peut être alimentée par une source de tension continue.

II.1 Schéma de principe



II.2 Expérimentation

- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope permettant la visualisation de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$.

• 1^{er} réglage

Le circuit d'alimentation de la machine M_2 étant ouvert, le montage alimente la machine M_1 .

Donner à l'inductance sa valeur minimale pour l'amorçage des thyristors.

Régler le retard à l'amorçage de $\alpha = \pi/3$ radian environ.

Lorsque le moteur est en rotation, donner à l'inductance sa valeur maximale.

Repérer le sens de rotation du moteur.

En augmentant le retard à l'amorçage, qu'observe-t-on au niveau de la machine ?

Lorsque α est supérieur à $\pi/2$, que se passe-t-il ?

• 2ème réglage

Le montage étant déconnecté de la machine M_1 , alimenter la machine M_2 afin qu'elle tourne en sens inverse du sens observé précédemment. Noter la polarité des bornes de la machine.

• Expérience :

- Remplacer le montage dans la situation du premier réglage. Alimenter la deuxième machine sous tension réduite (quelques volts) en respectant bien les polarités déterminées lors du deuxième réglage.

Donner à α une valeur de $\pi/3$ rad. Agir sur la tension d'alimentation U de la deuxième machine pour obtenir un courant de charge d'intensité moyenne $\langle i \rangle \approx 0,8$ A.

Relever les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ ainsi que les valeurs de $\langle u \rangle$ et de n (vitesse de rotation du groupe). Comparer le signe de $\langle u \rangle$ à celui de $\langle i \rangle$.

En déduire le sens du transfert de l'énergie dans le pont.

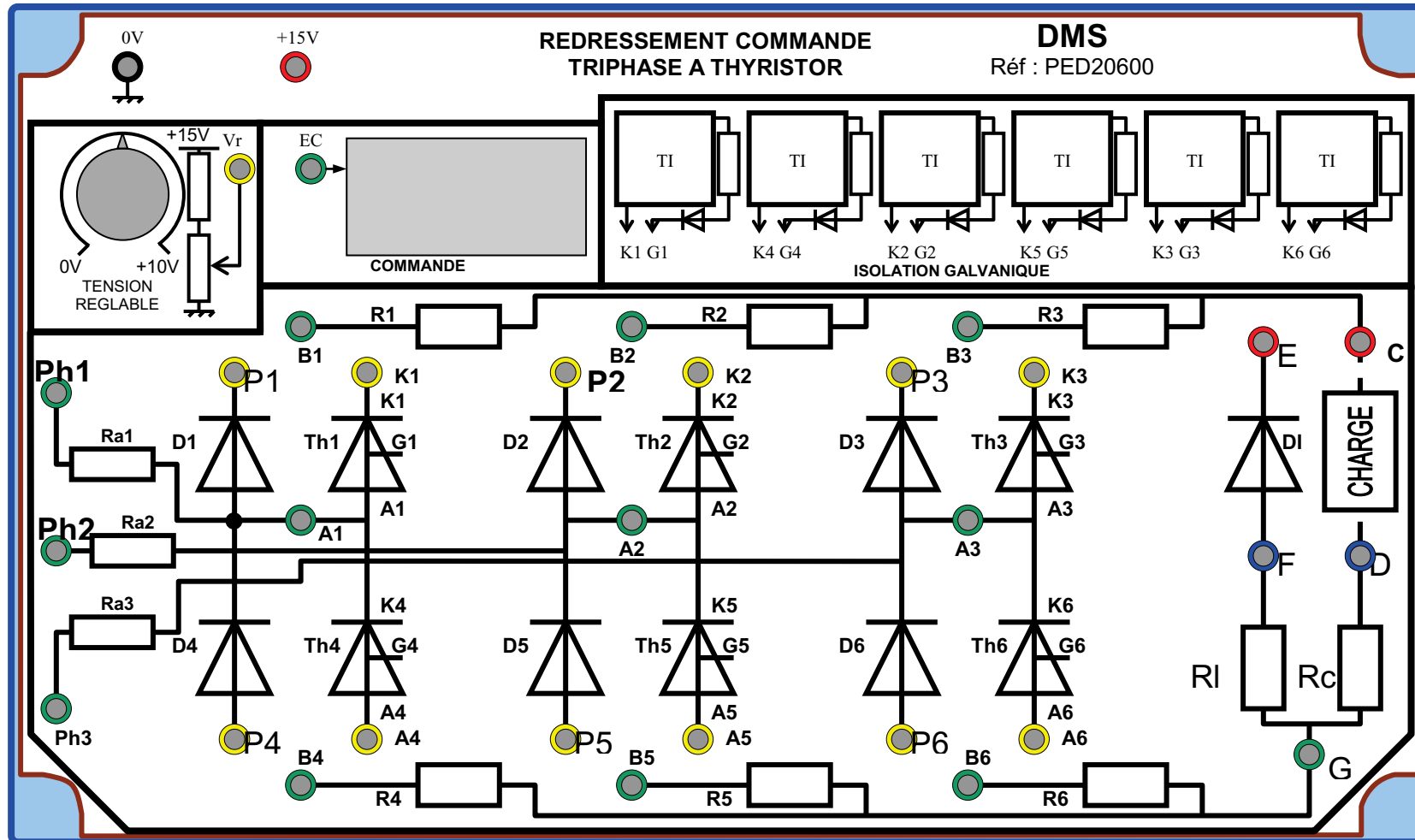
- En agissant avec précaution sur le retard à l'amorçage α et sur la tension d'alimentation U de la deuxième machine, régler $\langle i \rangle$ à 0,8 A avec un retard à l'amorçage supérieur à $\pi/2$ rad. Ce réglage est-il possible sans inversion du sens de rotation du groupe ?

Relever les chronogrammes de $v_1(t)$, $i_1(t)$, $u(t)$, $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$, $i_{T3}(t)$, $i(t)$ et $u_{T1}(t)$ ainsi que les valeurs de $\langle u \rangle$ et de n (vitesse de rotation du groupe). Comparer le signe de $\langle u \rangle$ à celui de $\langle i \rangle$.

En déduire le sens du transfert de l'énergie dans le pont.

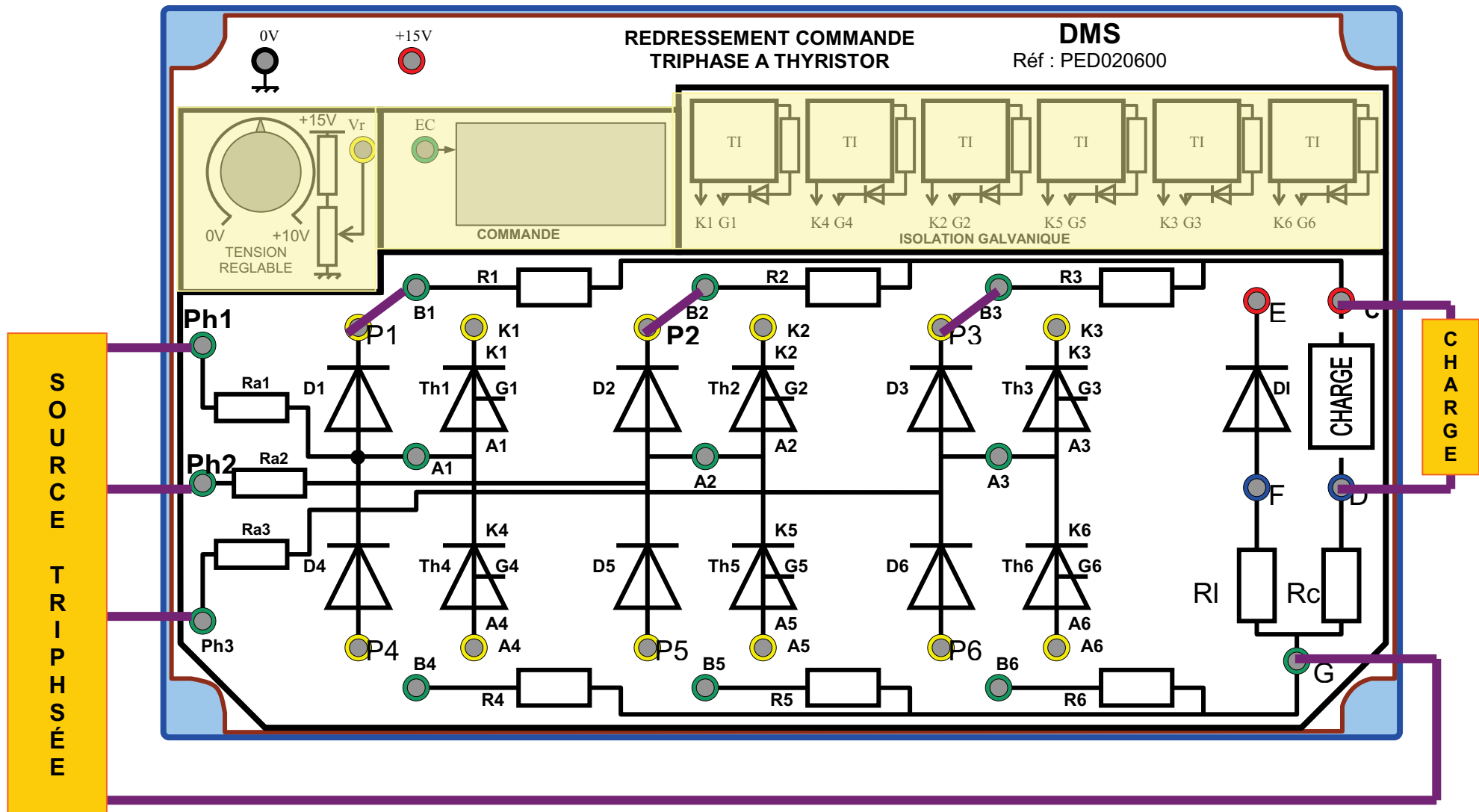
ANNEXE 1

Plan de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE



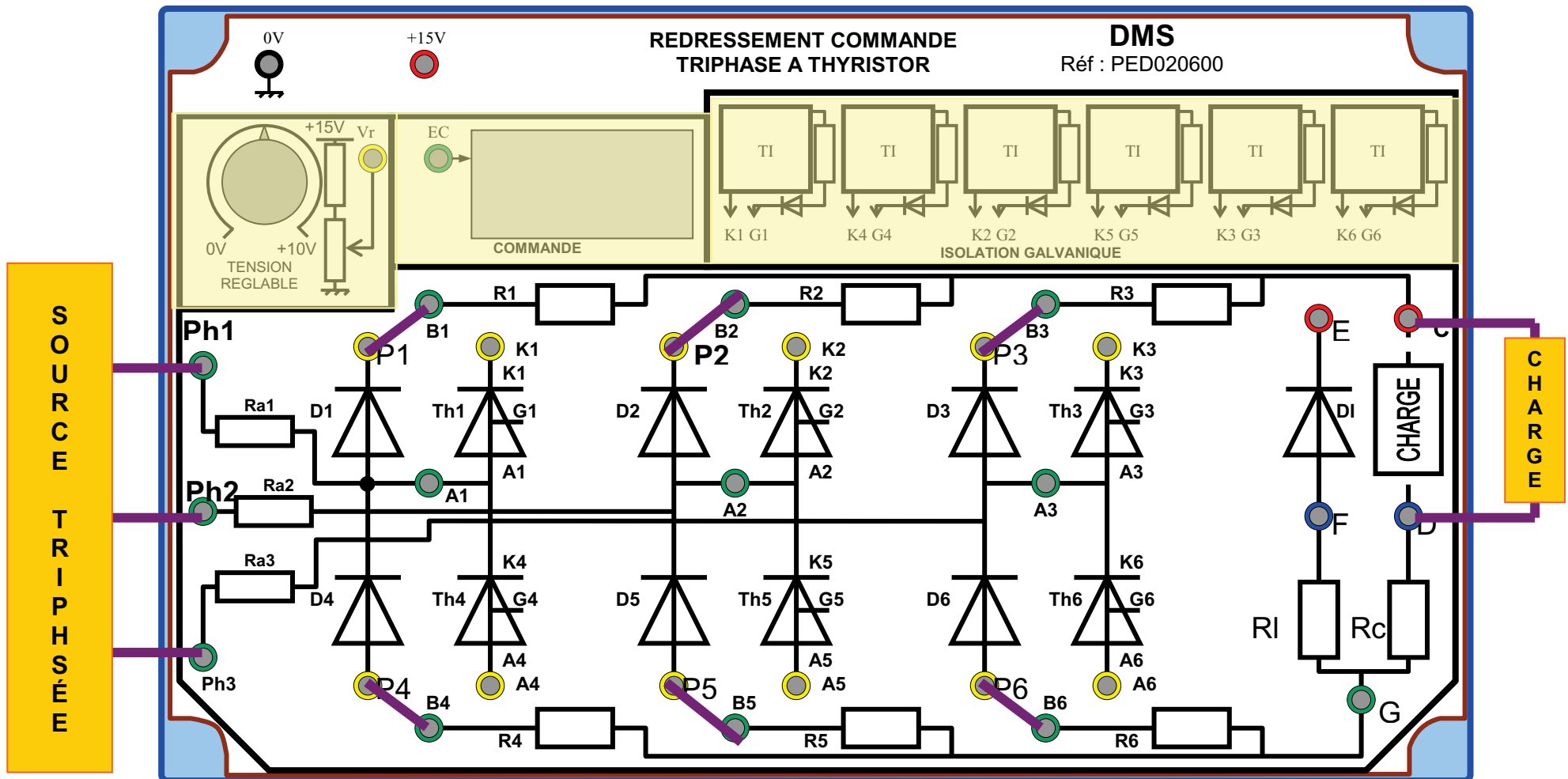
ANNEXE 2

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
REDRESSEMENT NON COMMANDE SIMPLE ALTERNANCE**



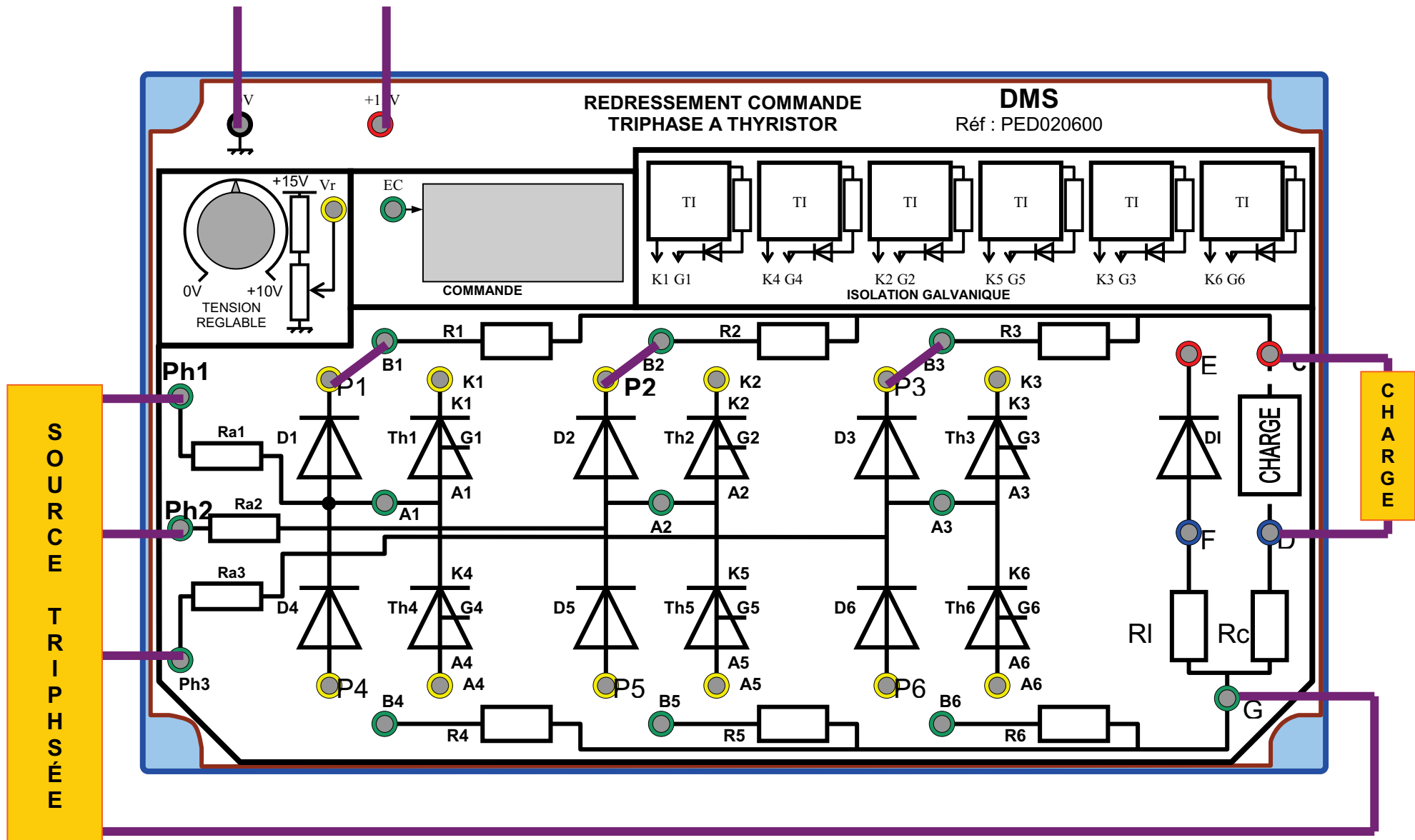
ANNEXE 3

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
REDRESSEMENT NON COMMANDE DOUBLE ALTERNANCE**



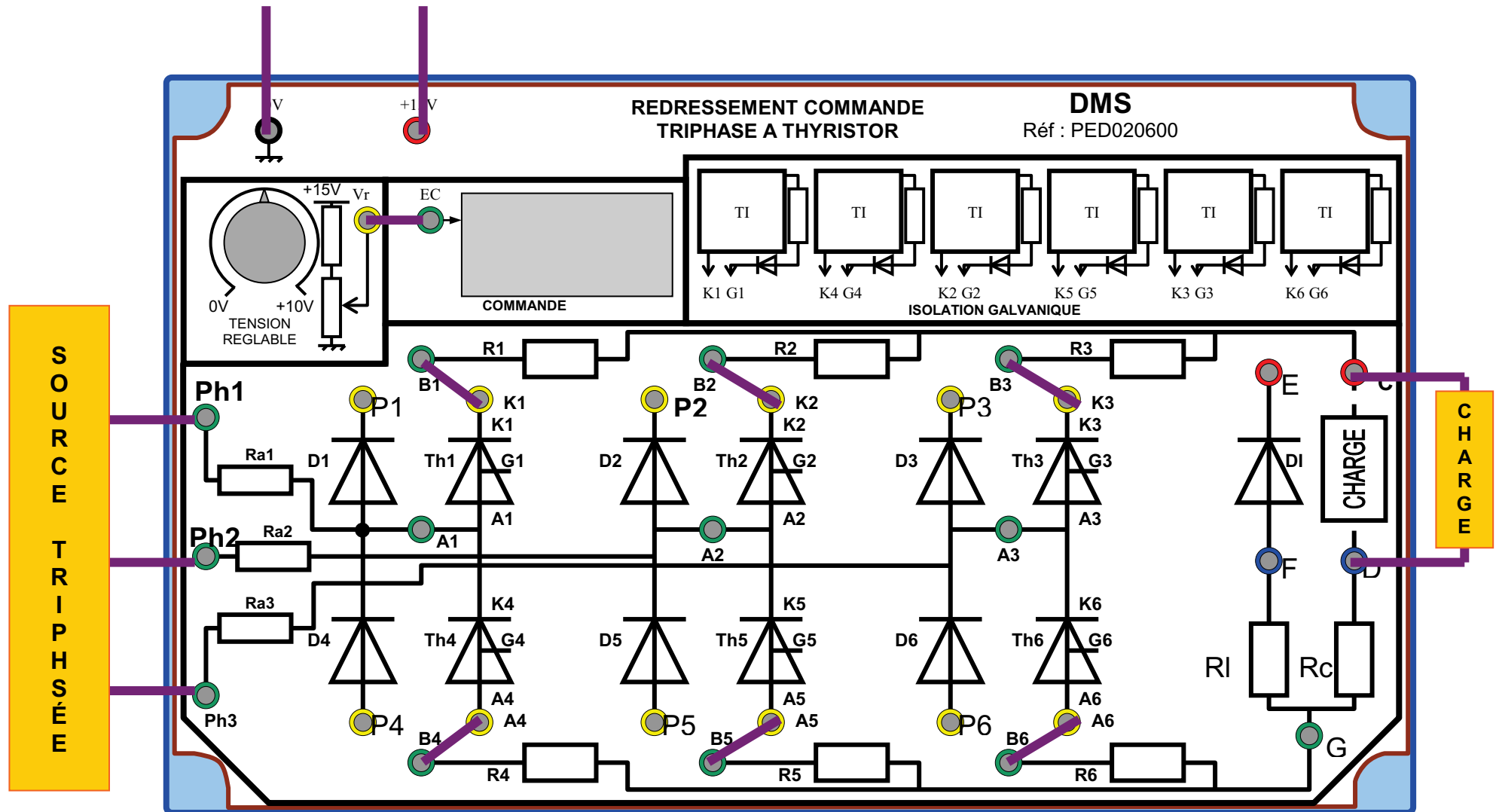
ANNEXE 4

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
PONT TOUT THYRISTORS SIMPLE ALTERNANCE**



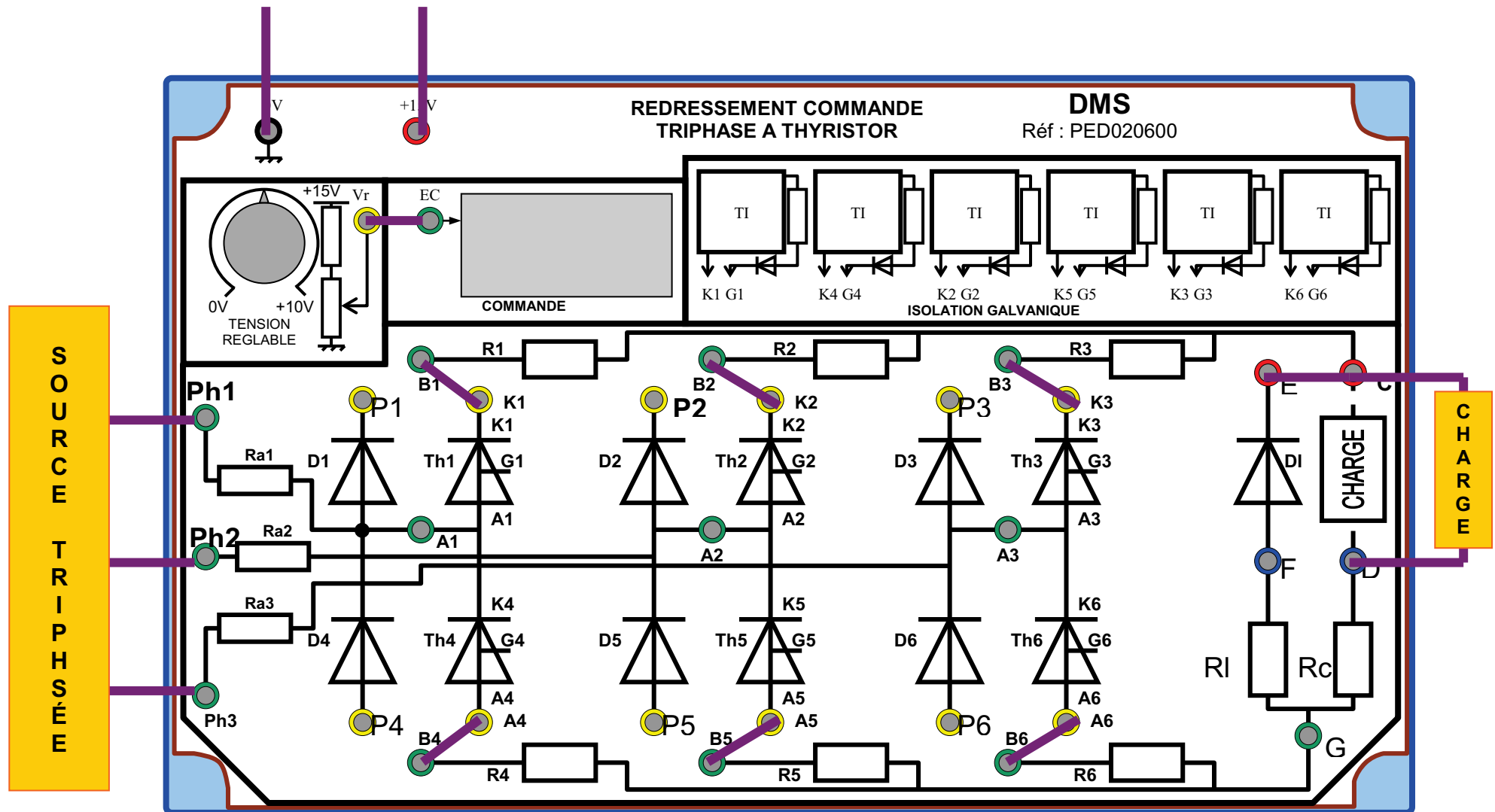
ANNEXE 5

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
PONT TOUT THYRISTORS DOUBLE ALTERNANCE**



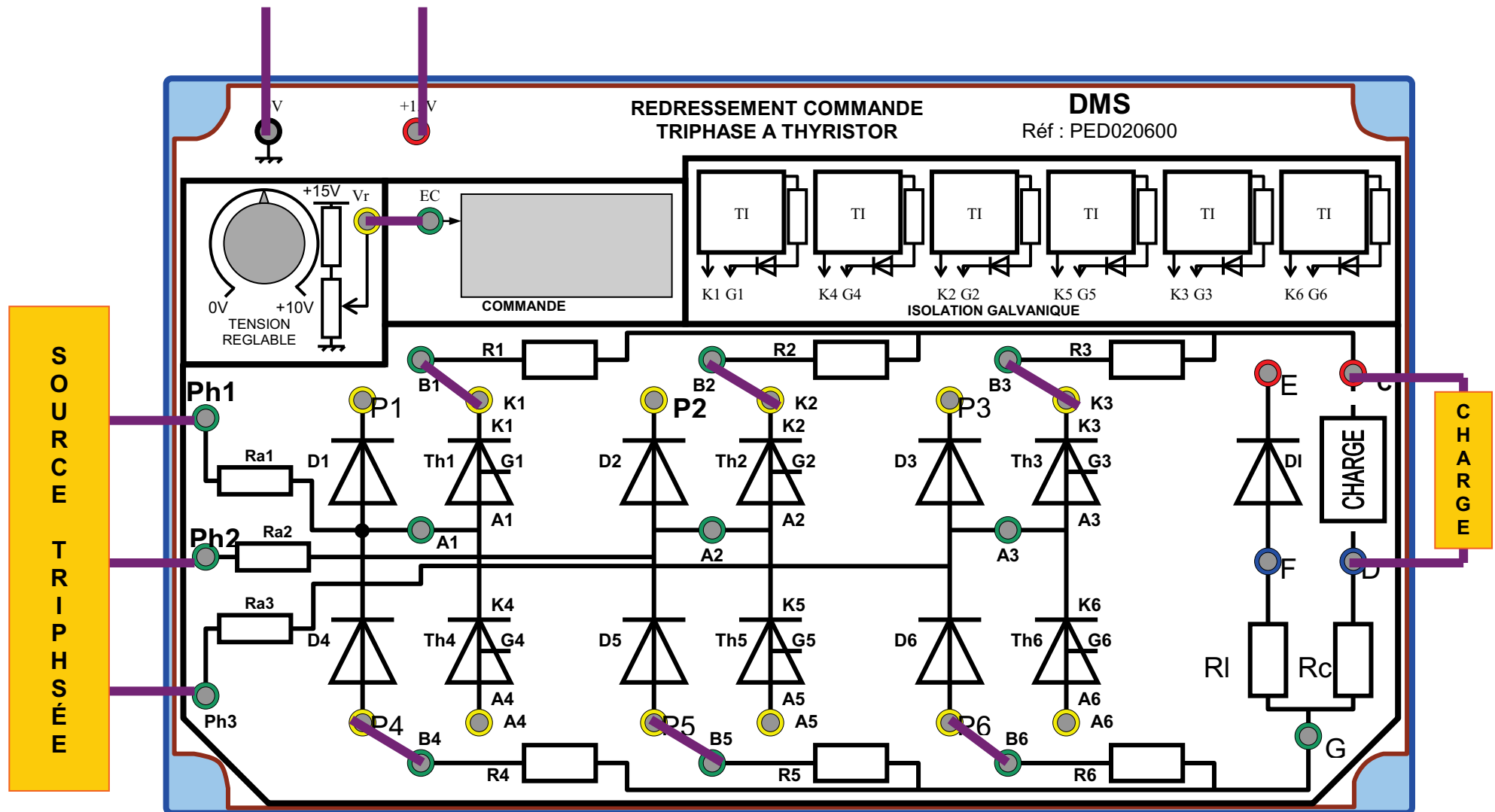
ANNEXE 6

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
PONT TOUT THYRISTORS
avec DIODE DE RECUPERATION**



ANNEXE 7

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
PONT MIXTE A CATHODES COMMUNES**



ANNEXE 8

**Schéma de câblage de la maquette REDRESSEUR TRIPHASE
pour un fonctionnement en
PONT MIXTE
avec DIODE DE RECUPERATION**

