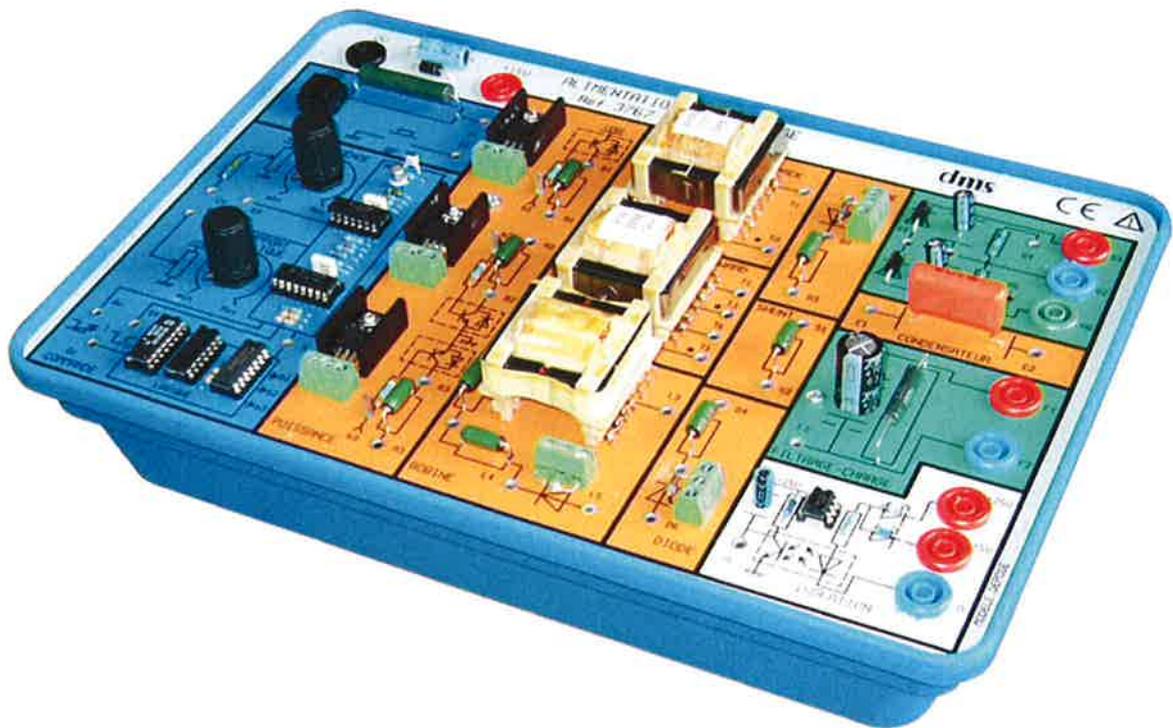


PED037670

Alimentation à découpage



TRAVAUX PRATIQUES



Date de révision: 10/03/08

Z.A. de la Clé St Pierre
5, rue du Groupe Manoukian
78990 ELANCOURT
Tél. : (33) 01 30 66 08 88
Fax : (33) 01 30 66 72 20
ge@didalab.fr

Réf. : PED037670

ALIMENTATIONS A DECOUPAGE

I. PRESENTATION DE LA MAQUETTE

L'ensemble de la maquette a été conçue pour illustrer le fonctionnement des principales alimentations à découpage :

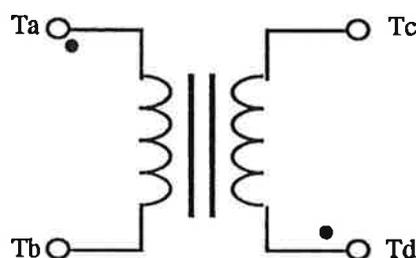
- l'alimentation FLYBACK : c'est un convertisseur à récupération d'énergie ;
- l'alimentation FORWARD : c'est un convertisseur à transfert direct d'énergie ;
- l'alimentation symétrique PUSH PULL : c'est une combinaison de deux convertisseurs à transfert direct d'énergie fonctionnant en opposition de phase.

Les éléments de bases sont donc les transformateurs des alimentations citées précédemment.

Sur la maquette deux transformateurs sont proposés :

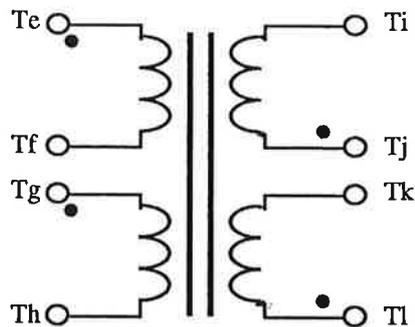
- l'un, simple, avec deux enroulements montés sur un circuit magnétique en ferrite pour les convertisseurs FLYBACK :

Transformateur FLYBACK



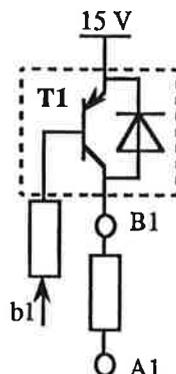
- l'autre, plus complexe, avec deux enroulements au primaire et deux enroulements au secondaire sur un circuit magnétique en ferrite pour les convertisseurs FORWARD et PUSH-PULL :

Transformateur FORWARD et PUSH-PULL

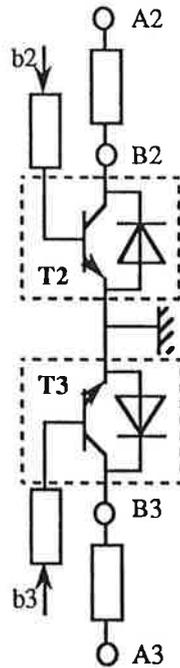


Les alimentations à découpage peuvent être classées parmi les montages HACHEUR. Aussi, pour compléter l'étude des hacheurs dévolteurs, survolteurs, à transistor, à thyristor, quatre quadrants ... présentée sur les maquettes de références 3750, 3752 et 3754, la maquette ALIMENTATION A DECOUPAGE permet également l'étude des hacheurs à accumulation inductive et à accumulation capacitive.

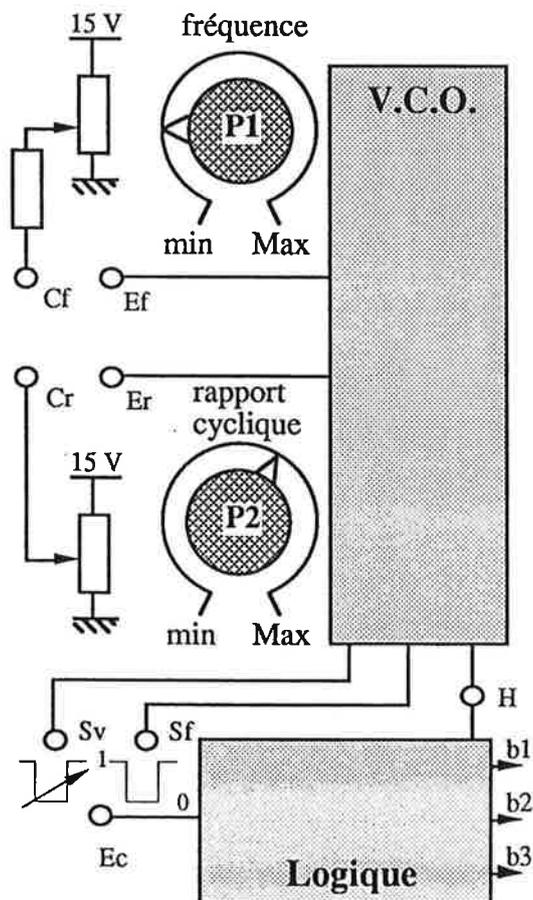
Les interrupteurs commandés associés aux transformateurs sont des transistors tels que :



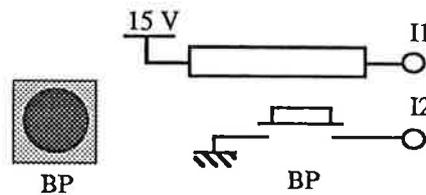
et :



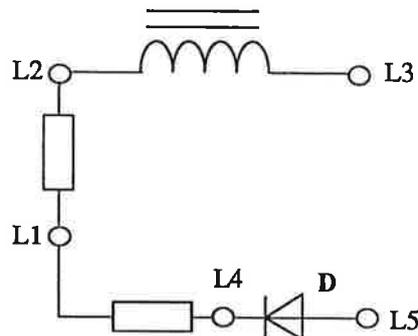
Pour piloter le fonctionnement de ces interrupteurs, il faut une commande ; c'est le rôle de l'oscillateur commandé en tension (VCO) associé à un système logique :



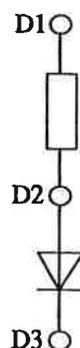
Les primaires des transformateurs peuvent être alimentés directement et manuellement pour une observation qualitative du sens de transfert d'énergie ; c'est le rôle du bouton poussoir associé à une résistance de limitation de courant :

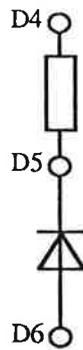


Pour pouvoir imposer le sens du courant dans la charge, pour pouvoir lisser les courants de charge, il faut une bobine de lissage associée à une diode :

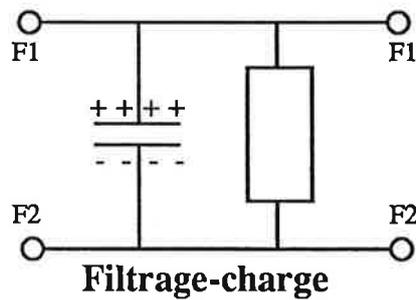


Certains montages nécessitent l'utilisation de plusieurs diodes et de résistances de visualisation ; c'est le rôle des éléments placés juste à côté des transformateurs :





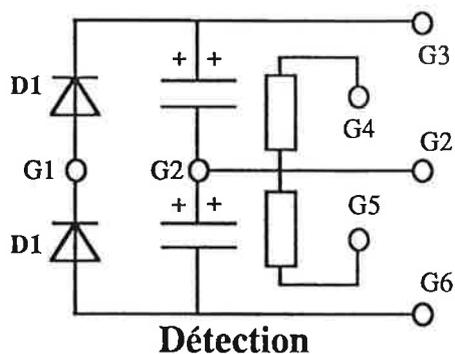
L'étude des alimentations doit pouvoir se faire en charge, il faut donc associer une charge à chaque alimentation. C'est dans le cas présent un circuit RC :



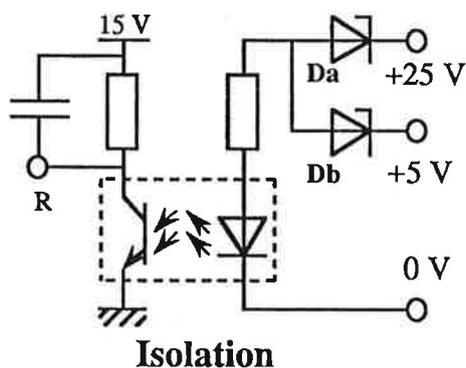
Pour l'étude des hacheurs à accumulation, un condensateur supplémentaire sera alors nécessaire :



Pour illustrer qualitativement le sens du transfert d'énergie, un système de détection élémentaire permet la visualisation de ce transfert :



La plupart des alimentations industrielles sont asservies. Pour illustrer cet asservissement, il est nécessaire de relier la sortie de l'alimentation à son entrée. Cette liaison ne peut pas être directe, il faut un dispositif d'isolation :



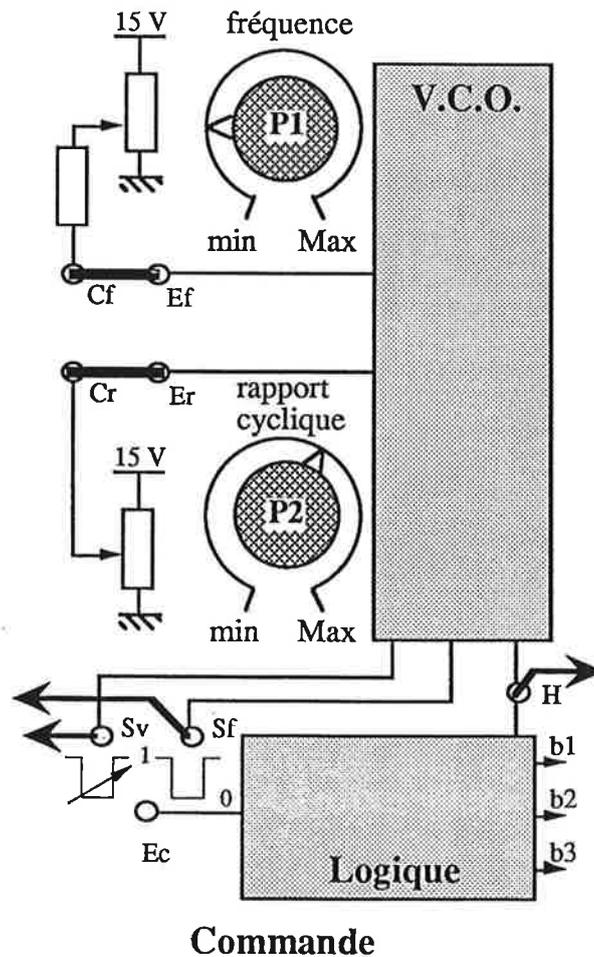
Deux tensions de régulation sont alors disponibles : 5 V et 25 V.

II. EXPERIMENTATION PRELIMINAIRE

Le travail proposé consiste à présenter la partie commande des transistors de puissance travaillant en commutation.

II.1 MONTAGE

Réaliser le montage suivant :



Alimenter la maquette en 0/15 V.

II.2 EXPERIENCE

Relever en concordance des temps les tensions v_H , v_{Sv} et v_{Sf} disponibles respectivement en H, Sv et Sf.

Agir sur le potentiomètre "fréquence" en le faisant varier de sa position "min" à sa position "max" : entre quelles limites de fréquences évoluent les différentes tensions v_H , v_{Sv} et v_{Sf} ?

Placer le potentiomètre "fréquence" sur sa position médiane.

Faire varier le potentiomètre "rapport cyclique".

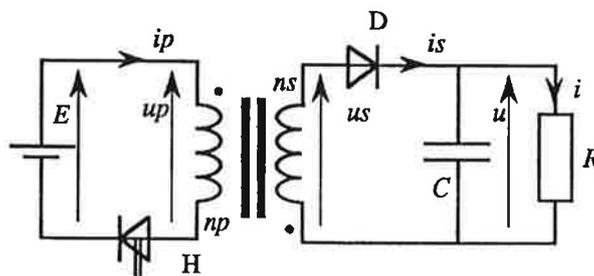
Quelle est son influence sur les tensions v_H , v_{Sv} et v_{Sf} ?

En déduire le rôle des tensions v_{Sv} et v_{Sf} lorsque la borne Sv ou Sf est reliée à la borne Ec en sachant que la sortie de la logique de commande sert à alimenter les bases de trois transistors.

III. ALIMENTATION FLYBACK

III.1 PRESENTATION

III.1.1 Montage de principe



Deux bobines de nombre de spires n_p et n_s , d'inductances L_p et L_s , de résistances négligeables, sont placées sur un même circuit magnétique ayant un entrefer e . Cet entrefer évite une saturation magnétique du circuit dans les conditions normales de fonctionnement. Un interrupteur H (un transistor par exemple) est commandé par un générateur délivrant des signaux rectangulaires de rapport cyclique α réglable et de période T . Entre 0 et αT , l'interrupteur H est fermé. Entre αT et T , il est ouvert.

Le branchement des bobines est tel que le flux qu'elles créent s'ajoute quand les intensités qui les traversent ont le même signe.

La charge est constituée d'un circuit RC, le condensateur ayant une capacité suffisante pour que la tension à ses bornes soit pratiquement constante.

III.1.2 Fonctionnement

- Lorsque l'interrupteur H conduit, on a :

$$E = L_p \frac{di_p}{dt}$$

Soit :

$$\frac{di_p}{dt} = \frac{E}{L_p}$$

Ce qui donne entre 0 et αT :

$$i_p = \frac{E}{L_p} t$$

Cette intensité est maximale à l'instant αT :

$$i_{p\max} = \frac{E}{L_p} \alpha T$$

Avec les conventions du schéma, nous pouvons écrire :

$$u_p = E = n_p \frac{d\varphi}{dt}$$

et :

$$u_s = - n_s \frac{d\varphi}{dt}$$

Soit :

$$u_s = - \frac{n_s}{n_p} E$$

La tension appliquée aux bornes de la diode est alors égale à :

$$- \frac{n_s}{n_p} E - u$$

Cette tension est négative : ce qui bloque la diode et qui fait que l'intensité du courant qui traverse l'enroulement du secondaire est nulle.

• Lorsque l'interrupteur H cesse de conduire, l'intensité i_s , qui était nulle, passe instantanément à une valeur maximale puis décroît linéairement jusqu'à s'annuler. Durant cette décroissance :

$$u_s = - n_s \frac{d\varphi}{dt} = u$$

Le condensateur a une capacité C suffisamment importante pour que la tension u soit pratiquement constante.

L'intensité du courant traversant le primaire étant nulle, le flux φ traversant le circuit magnétique est dû au courant traversant l'enroulement du secondaire. Donc :

$$n_s \varphi = L_s i_s$$

D'où :

$$\frac{di_s}{dt} = - \frac{u}{L_s}$$

Soit :

$$i_s = - \frac{u}{L_s} t + i_{s\max}$$

- Juste avant l'ouverture de l'interrupteur H, le circuit du primaire fonctionne seul et on a :

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{E}{n_p}$$

Juste après l'ouverture de l'interrupteur H, le circuit du secondaire fonctionne seul et on a :

$$\frac{d\varphi}{dt} = - \frac{u}{n_s}$$

$d\varphi/dt$ étant une grandeur finie, le flux φ ne peut varier instantanément : au moment de la commutation de l'interrupteur H, il conserve la même valeur. Ce sont les ampères tours qui créent le flux : il y a conservation des ampères tours au moment de la commutation.

Donc :

$$n_p i_{p\max} = n_s i_{s\max}$$

- Juste avant l'ouverture de l'interrupteur H, le circuit du primaire a accumulé de l'énergie :

$$\frac{1}{2} L_p i_{p\max}^2$$

Cette énergie est intégralement transmise au secondaire juste après l'ouverture de l'interrupteur H. Elle s'écrit alors :

$$\frac{1}{2} L_s i_{s\max}^2$$

Et l'on a :

$$\frac{1}{2} L_p i_{p\max}^2 = \frac{1}{2} L_s i_{s\max}^2$$

Comme :

$$n_p i_{p\max} = n_s i_{s\max}$$

Nous obtenons :

$$\frac{L_p}{n_p^2} = \frac{L_s}{n_s^2}$$

C'est l'alimentation qui fournit cette énergie pendant qu'elle débite un courant.

Comme :

$$i_{p\max} = \frac{E}{L_p} \alpha T$$

On obtient :

$$\frac{1}{2} L_p i_{p\max}^2 = \frac{(E \alpha T)^2}{2 L_p}$$

Avec une fréquence de fonctionnement $f = 1/T$, cela correspond à une puissance transmise ($P=W/T$) :

$$\frac{(E \alpha)^2 T}{2 L_p}$$

Elle est dissipée dans la résistance de charge ; donc :

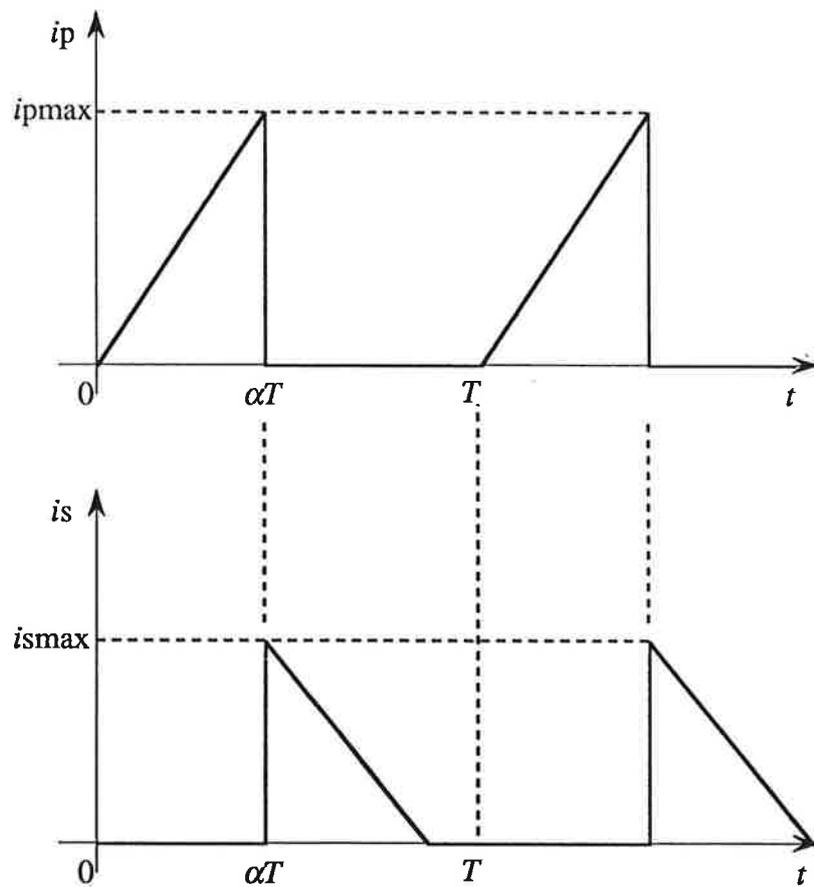
$$\frac{u^2}{R} = \frac{(E \alpha)^2 T}{2 L_p}$$

Et :

$$u = \alpha E \sqrt{\frac{RT}{2L_p}}$$

C'est l'expression de la tension de sortie de l'alimentation à découpage.

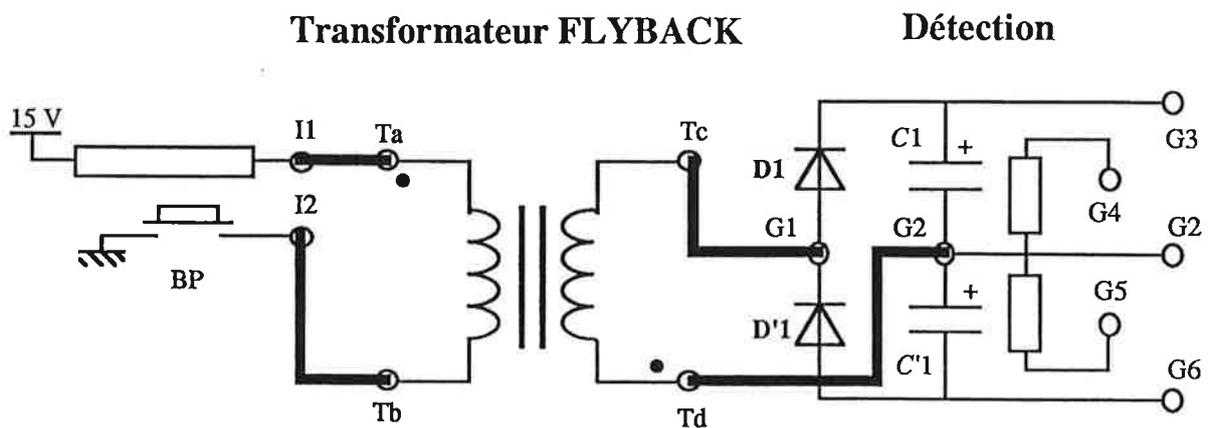
Exemple de chronogrammes :



III.2 ILLUSTRATION DU TRANSFERT D'ENERGIE

III.2.1 Montage

Réaliser le montage suivant :



Brancher la voie 1 d'un oscilloscope en I_2 et sa masse à celle de l'alimentation de la maquette.

Brancher la voie 2 de l'oscilloscope en G_3 et sa masse en G_2 .

Attention : Sur la plupart des oscilloscopes, les deux voies ont leurs masses communes. L'utilisation d'un tel appareil fait qu'il n'y a plus alors d'isolation entre le circuit du primaire et celui du secondaire.

III.2.2 Expérience

Régler l'origine des deux voies sur la ligne inférieure de l'écran. Choisir un calibre vertical de 5 V/div. sur la voie 1 et de 2 V/div. sur la voie 2.

Condition initiale :

Court-circuiter les condensateurs C_1 et C'_1 en plaçant un fil entre les bornes G_2/G_3 et G_2/G_6 afin qu'ils soient déchargés. Enlever ensuite le court-circuit.

La maquette étant reliée à une alimentation 0/15 V, mettre l'alimentation sous tension.

Mesurer les valeurs des tensions v_{I_2} et $v_{G_3G_2} = u_c$.

Appuyer sur le bouton poussoir et maintenir la pression : que deviennent les valeurs des tensions précédentes ?

Relâcher le bouton poussoir : quelles sont les valeurs des tensions ? Actionner plusieurs fois le bouton poussoir : comment évoluent les tensions précédentes ?

Montrer qu'il y a transfert d'énergie. Ce transfert se fait-il à l'ouverture ou à la fermeture de l'interrupteur ?

Modifier le branchement de la voie 2 de l'oscilloscope en reliant G_6 à cette voie. Régler la position zéro de cette voie sur le haut de l'écran. Ne pas modifier les calibres verticaux des deux voies.

Recommencer l'expérimentation précédente.

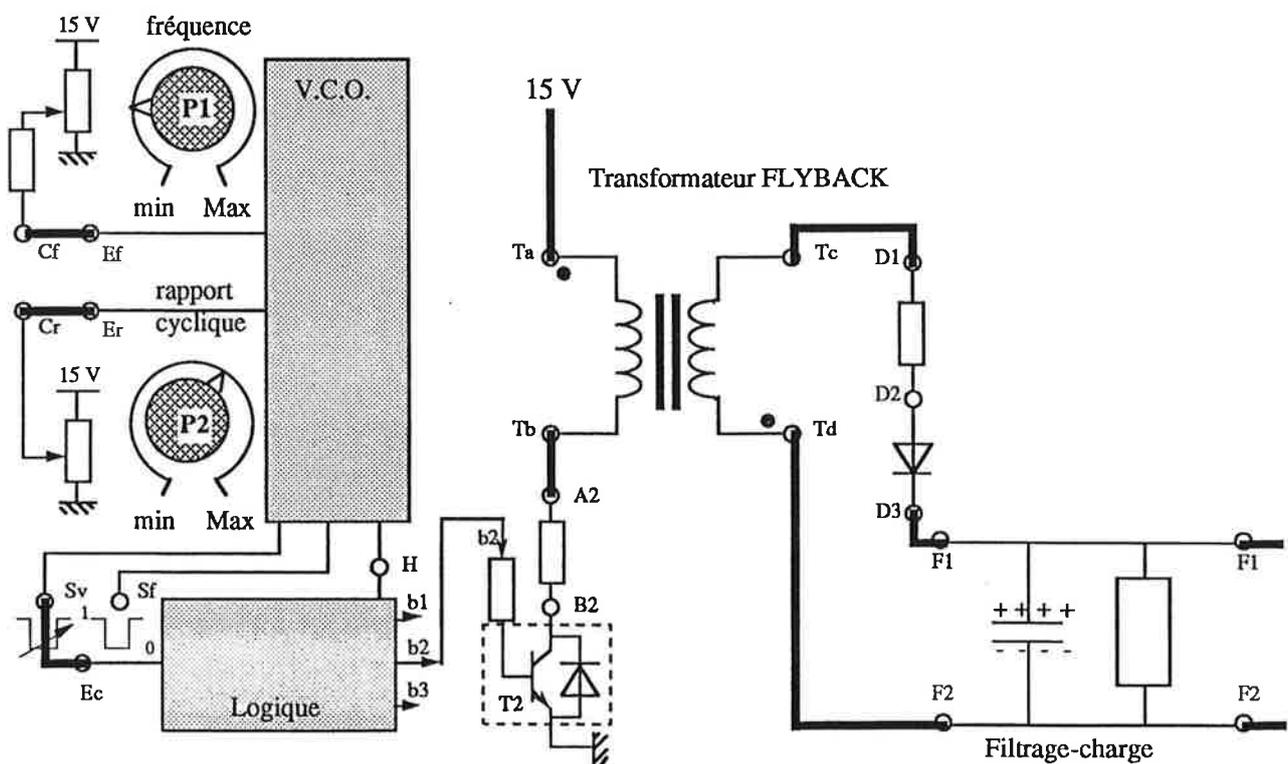
Montrer qu'il y a encore transfert d'énergie. Ce transfert se fait-il à l'ouverture ou à la fermeture de l'interrupteur ?

Interpréter les fonctionnements précédents et justifier comment ce transfert d'énergie s'effectue.

III.3 EXEMPLE D'ALIMENTATION FLYBACK

III.3.1 Montage

Réaliser le montage suivant :



III.3.2 Etude expérimentale

Placer entre les bornes F_1 et F_2 un rhéostat de 120Ω . Le régler à 50Ω environ.

Régler le potentiomètre "fréquence" à mi-course.

La borne S_V étant reliée à E_C , visualiser à l'oscilloscope la tension appliquée entre la base et l'émetteur du transistor T_2 ainsi que la tension v_{CE} du même transistor (la voie 1 sur le picot b_2 , la voie 2 en B_2 et la masse de l'oscilloscope à la masse de l'alimentation).

Ajuster le rapport cyclique de la tension de la base du transistor à $1/3$.

Relever en concordance des temps les tensions $v_{BE}(t)$ et $v_{CE}(t)$.

Modifier le branchement de l'oscilloscope pour visualiser simultanément $v_{CE}(t)$ et $i_p(t)$, i_p étant l'intensité du courant traversant l'enroulement du primaire du transformateur.

Placer, par exemple, la masse de l'oscilloscope à la borne B_2 , la voie 1 à la borne A_2 , la voie 2 à la masse de l'alimentation.

Relever en concordance des temps les tensions $v_{CE}(t)$ et $i_p(t)$.

Justifier la forme du courant $i_p(t)$.

i_s étant l'intensité du courant traversant le secondaire, relever en concordance des temps $i_p(t)$ et $i_s(t)$.

Les enroulements du primaire et du secondaire sont-ils traversés par un courant en même temps ?

Justifier la forme de $i_s(t)$.

Se placer sur une période de fonctionnement.

Prenons pour instant $t = 0$, l'instant correspondant au début d'un établissement du courant dans le primaire.

L'instant $t = T$ est alors l'instant de début de l'établissement du courant dans le primaire de l'alternance suivante consécutive.

Montrer qu'il existe une relation simple entre les valeurs maximales des intensités i_p et i_s et les nombres de spires n_p et n_s respectivement des enroulements du primaire et du secondaire.

Montrer qu'il y a conservation des "ampères-tours" lors du changement de régime.

Sachant que $n_p = 100$ spires, en déduire le nombre de spires de l'enroulement du secondaire.

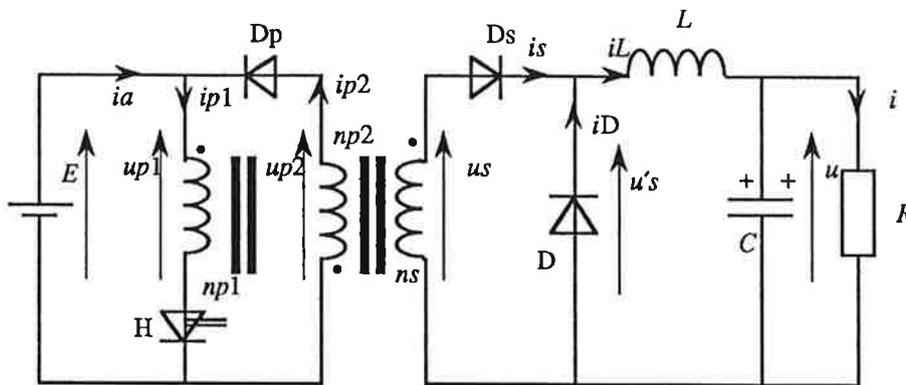
L'inductance du primaire valant $L_p = 1,3$ mH, la résistance de charge $R = 50 \Omega$, la tension d'alimentation $E = 15$ V, le rapport cyclique $\alpha = 1/3$, vérifier que la tension de sortie a une valeur comparable à celle donnée par l'expression théorique :

$$u = \alpha E \sqrt{\frac{RT}{2L_p}}$$

IV. ALIMENTATION FORWARD

IV.1 PRESENTATION

IV.1.1 Montage de principe



Trois bobines de nombres de spires n_{p1} , n_{p2} et n_s , d'inductances L_{p1} , L_{p2} et L_s , de résistances négligeables, sont placées sur un même circuit magnétique ayant un entrefer e . Cet entrefer permet d'éviter une saturation magnétique du circuit dans les conditions normales de fonctionnement.

Les deux bobines du circuit primaire ont un branchement tel que le flux qu'elles créent s'ajoute les intensités qui les traversent étant toujours positives. Celle du secondaire a un effet magnétique en sens contraire (observer la position des bornes homologues).

Un interrupteur H (un transistor par exemple) est commandé par un générateur délivrant des signaux rectangulaires de rapport cyclique α réglable et de période

T . Entre 0 et αT , l'interrupteur H est fermé. Entre αT et T , il est ouvert.

Dans le circuit du secondaire, une bobine de lissage permet d'éviter une annulation du courant qui la traverse.

La charge est constituée d'un circuit RC , le condensateur ayant une capacité suffisante pour que la tension à ses bornes soit pratiquement constante.

IV.1.2 Fonctionnement

- Lorsque l'interrupteur H est fermé :

$$u_{p1} = E$$

Avec les conventions du schéma, nous pouvons écrire :

$$u_{p1} = E = n_{p1} \frac{d\phi}{dt}$$

$$u_{p2} = -n_{p2} \frac{d\phi}{dt}$$

et :

$$u_s = n_s \frac{d\phi}{dt}$$

Ce qui donne :

$$u_s = \frac{n_s}{n_{p1}} E$$

Et :

$$u_{p2} = -\frac{n_{p2}}{n_{p1}} E$$

Les tensions u_{p1} et u_s sont positives et constantes. La diode D_s est passante, la diode D est bloquée. Les intensités i_{p1} et i_s traversant les enroulements correspondant

(assimilables à des bobines d'inductances respectives L_{p1} et L_s , de résistances négligeables) augmentent linéairement.

La tension u_{p2} est négative : la diode D_p est bloquée. L'intensité i_{p2} qui traverse l'enroulement correspondant est nulle.

- Lorsque l'interrupteur H cesse de conduire, l'intensité i_{p2} , qui était nulle, passe instantanément à une valeur maximale puis décroît linéairement jusqu'à s'annuler.

Durant cette décroissance :

$$u_{p2} = -n_{p2} \frac{d\phi}{dt} = E$$

$$u_{p1} = n_{p1} \frac{d\phi}{dt}$$

et :

$$u_s = n_s \frac{d\phi}{dt}$$

Ce qui donne :

$$u_{p1} = -\frac{n_{p1}}{n_{p2}} E$$

et :

$$u_s = -\frac{n_s}{n_{p2}} E$$

La tension u_s étant négative juste après l'ouverture de l'interrupteur H, la diode D se met à conduire et entraîne le blocage de la diode D_s .

Lorsque l'intensité i_{p2} s'annule, il n'y a plus de variation de flux et les tensions aux bornes de chacun des enroulements sont nulles.

- Expression de la tension u aux bornes de la charge.

Nous nous plaçons toujours dans le cas d'une conduction ininterrompue du courant traversant l'inductance L .

Choisissons une période de fonctionnement.

On a :
$$u = u'_s - u_L$$

- Lorsque l'interrupteur H est fermé, la diode Ds conduit également :
$$u'_s = u_s$$

avec :

$$u_s = \frac{n_s}{n_{p1}} E$$

Donc :

$$u = \frac{n_s}{n_{p1}} E - u_L$$

C'est l'expression de la tension u entre 0 et αT .

- Lorsque l'interrupteur H est ouvert, la diode Ds est bloquée alors que la diode D conduit, ce qui entraîne :

$$u'_s \approx 0$$

Donc :
$$u = -u_L$$

C'est l'expression de la tension u entre αT et T .

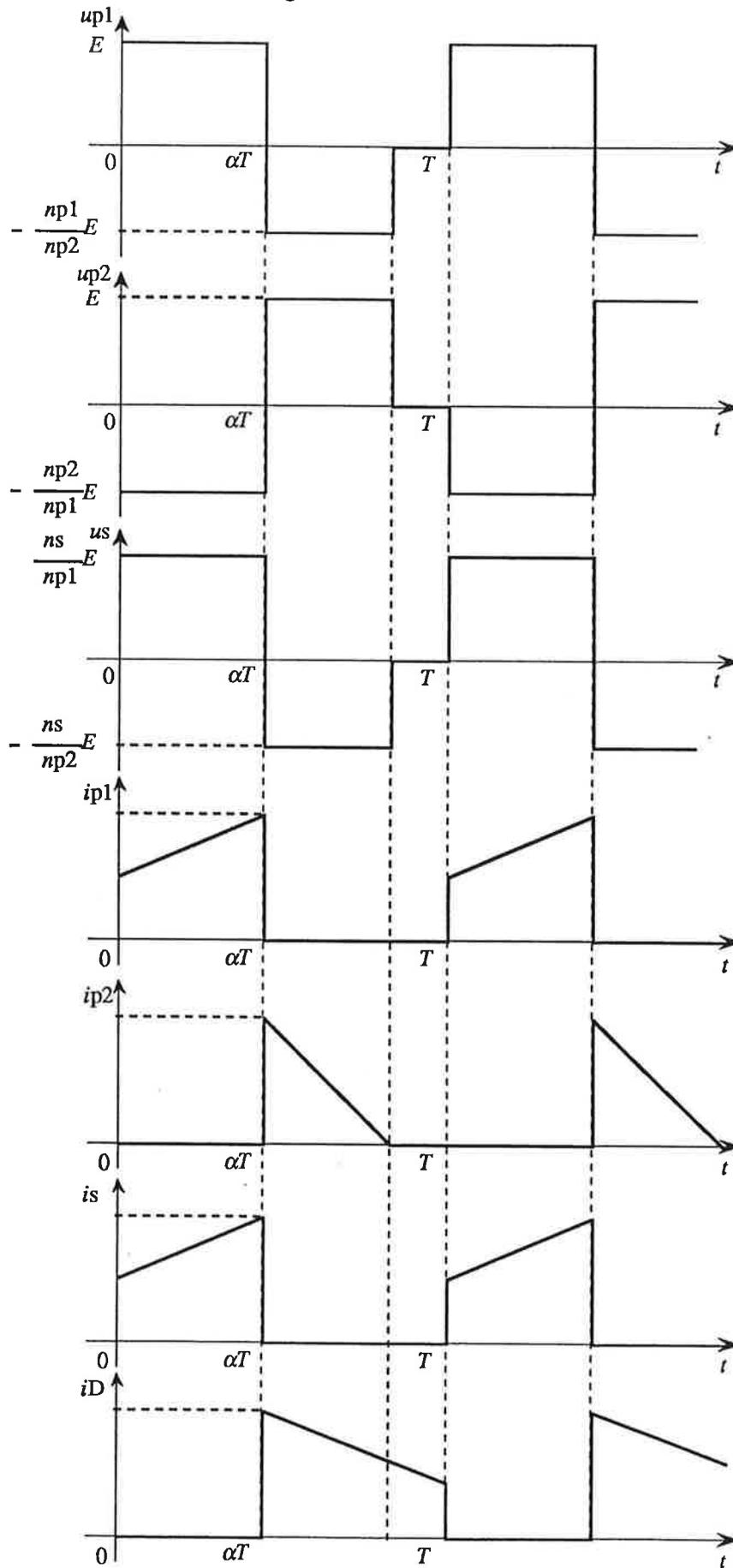
La bobine de lissage ayant une résistance négligeable, la valeur moyenne de la tension aux bornes de la bobine sur une période de fonctionnement est nulle.

Donc :

$$\bar{u} = \alpha \frac{n_s}{n_{p1}} E$$

C'est une relation théorique qui ne donne pas rigoureusement la valeur réelle de la tension \bar{u} obtenue.

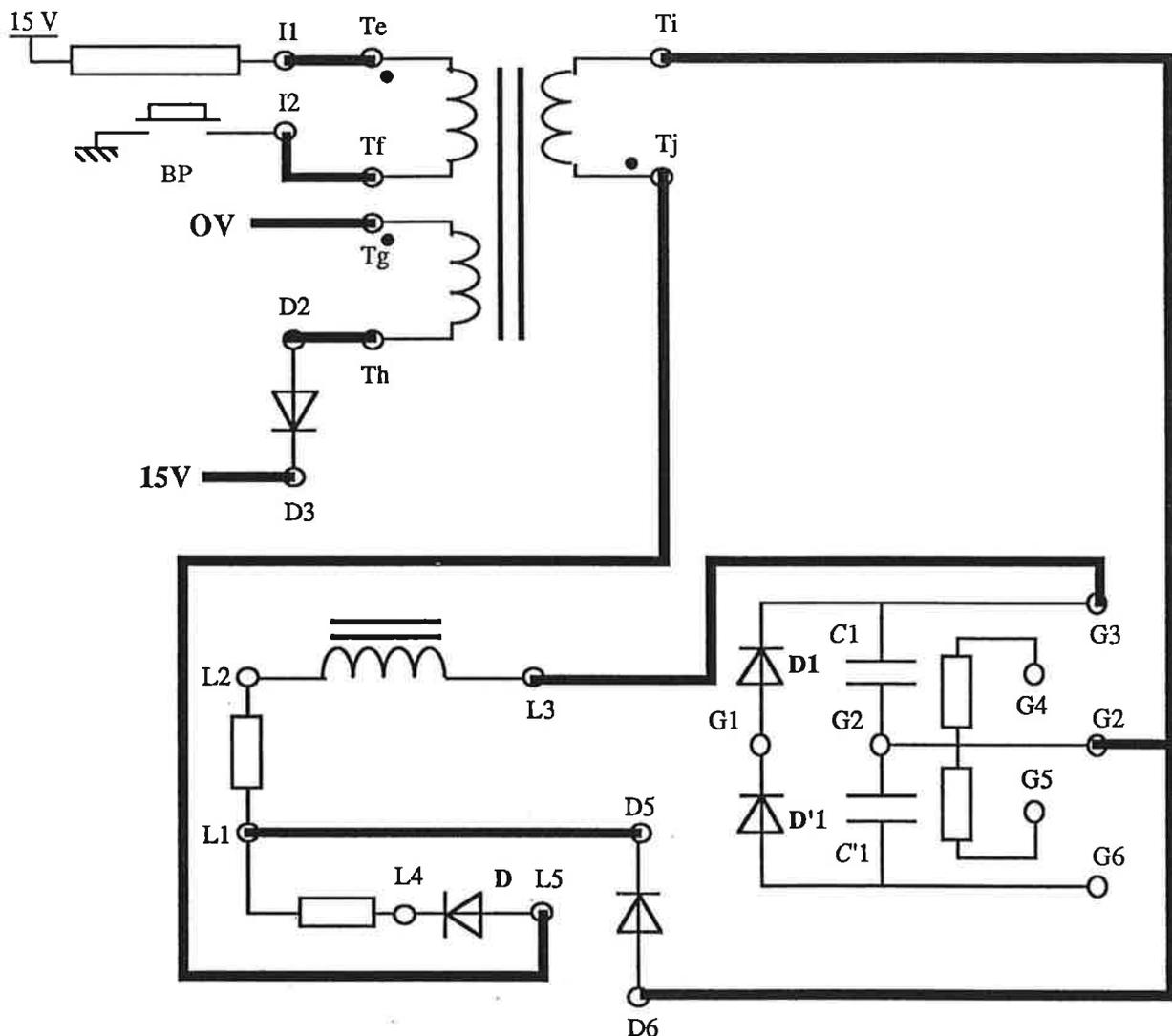
Exemple de chronogrammes :



IV.2 ILLUSTRATION DU TRANSFERT D'ENERGIE

IV.2.1 Montage

Réaliser le montage suivant :



Brancher la voie 1 d'un oscilloscope en I₂ et sa masse à celle de l'alimentation de la maquette.

Brancher la voie 2 de l'oscilloscope en G₃ et sa masse en G₂.

Attention : Sur la plupart des oscilloscopes, les deux voies ont leurs masses communes. L'utilisation d'un tel appareil fait qu'il n'y a plus alors d'isolation entre le circuit du primaire et celui du secondaire.

IV.2.2 Expérience

Repérer l'origine des deux voies à l'écran.

Condition initiale :

Court-circuiter les condensateurs C_1 et C'_1 en plaçant un fil entre les bornes G_2/G_3 et G_2/G_6 afin qu'ils soient déchargés. Enlever ensuite le court-circuit.

La maquette étant reliée à une alimentation 0/15 V, mettre l'alimentation sous tension.

Mesurer les valeurs des tensions v_{I2} et $v_{G3G2} = u_c$.

Appuyer sur le bouton poussoir et maintenir la pression : que deviennent les valeurs des tensions précédentes ?

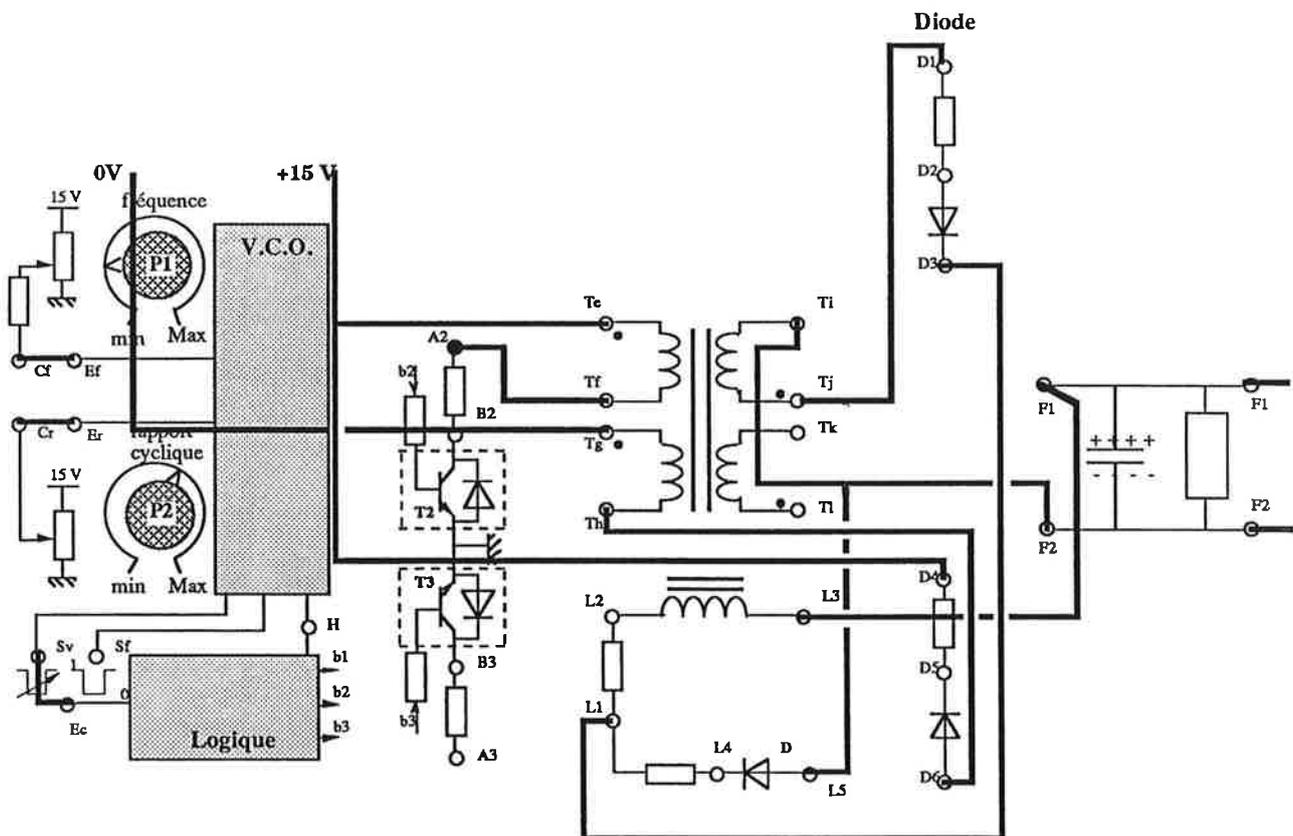
Relâcher le bouton poussoir : quelles sont les valeurs des tensions ? Actionner plusieurs fois le bouton poussoir : comment évoluent les tensions précédentes ?

Montrer qu'il y a transfert d'énergie. Ce transfert se fait-il à l'ouverture ou à la fermeture de l'interrupteur ?

IV.3 EXEMPLE D'ALIMENTATION FORWARD

IV.3.1 Montage

Réaliser le montage suivant :



IV.3.2 Etude expérimentale

Placer entre les bornes F₁ et F₂ un rhéostat de 120 Ω. Le régler à 50 Ω environ.

Régler le potentiomètre "fréquence" à mi-course.

La borne S_v étant reliée à E_c, visualiser à l'oscilloscope la tension appliquée entre la base et l'émetteur du transistor T₂ ainsi que la tension v_{CE} du même transistor (la voie 1

sur le picot b_2 , la voie 2 en B_2 et la masse de l'oscilloscope à la masse de l'alimentation).

Ajuster le rapport cyclique de la tension de la base du transistor à $1/3$.

Relever en concordance des temps les tensions $v_{BE}(t)$ et $v_{CE}(t)$.

Modifier le branchement de l'oscilloscope pour visualiser simultanément $v_{CE}(t)$ et $i_{p1}(t)$, i_{p1} étant l'intensité du courant traversant l'enroulement du primaire du transformateur en série avec le transistor.

Placer, par exemple, la masse de l'oscilloscope à la borne B_2 , la voie 1 à la borne A_2 , la voie 2 à la masse de l'alimentation.

Relever en concordance des temps les tensions $v_{CE}(t)$ et $i_{p1}(t)$.

Justifier la forme du courant $i_p(t)$.

i_{p2} étant l'intensité du courant traversant l'autre enroulement du primaire, relever en concordance des temps $i_{p1}(t)$ et $i_{p2}(t)$.

i_s étant l'intensité du courant traversant le secondaire, relever en concordance des temps $i_{p1}(t)$ et $i_s(t)$.

Les enroulements du primaire et du secondaire sont-ils traversés par un courant en même temps ?

Justifier la forme de $i_s(t)$.

Relever l'intensité du courant $i_L(t)$ du courant traversant la bobine.

Agir sur le potentiomètre de réglage de la fréquence :
quelle est l'influence de la fréquence sur les signaux
précédents ?

Agir sur le potentiomètre de réglage du rapport cyclique :
quelle est l'influence du rapport cyclique sur les signaux
précédents ?

Modifier la résistance de charge : le courant d'intensité i_L
reste-t-il toujours ininterrompu ?

Se placer sur une période de fonctionnement et vérifier
que les chronogrammes de $i_{p1}(t)$, $i_{p2}(t)$, $i_s(t)$, $i_L(t)$, $u_{p1}(t)$,
 $u_{p2}(t)$, $u_s(t)$, $u'_s(t)$ et $u(t)$, sont conformes au
chronogrammes attendus.

Prenons pour instant $t = 0$, l'instant correspondant au
début d'un établissement du courant dans le primaire.
L'instant $t = T$ est alors l'instant de début de
l'établissement du courant dans le primaire de l'alternance
suivante consécutive.

Vérifier que la tension de sortie a une valeur moyenne en
conformité avec la relation théorique (la valeur mesurée
doit bien sûr être inférieure à la valeur théorique) :

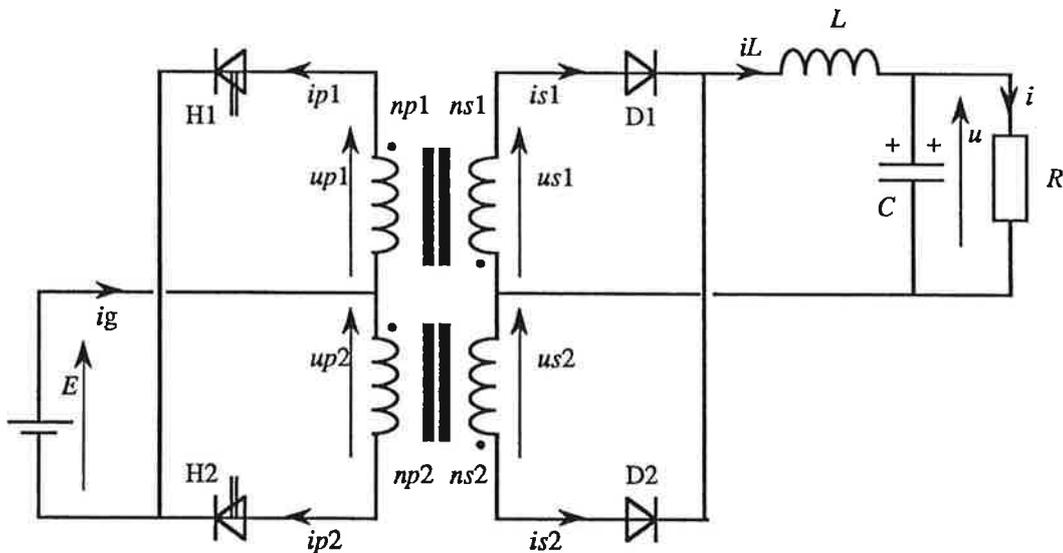
$$\bar{u} = \alpha \frac{n_s}{n_{p1}} E$$

On donne : $n_{p1} = 60$ spires et $n_s = 120$ spires

V. ALIMENTATION PUSH PULL

V.1 PRESENTATION

V.1.1 Présentation



Quatre bobines de nombres de spires n_{p1} , n_{p2} , n_{s1} et n_{s2} , d'inductances L_{p1} , L_{p2} , L_{s1} et L_{s2} , de résistances négligeables, sont placées sur un même circuit magnétique ayant un entrefer e . Cet entrefer permet d'éviter une saturation magnétique du circuit dans les conditions normales de fonctionnement.

Les deux bobines du circuit primaire ont un branchement tel que le flux qu'elles créent s'ajoute les intensités qui les traversent étant toujours positives. Celles du secondaire ont un effet magnétique en sens contraire (observer la position des bornes homologues) mais sont aussi associées de telle sorte que le flux qu'elles créent s'ajoute également.

Deux interrupteurs H1 et H2 (des transistors par exemple) sont commandés par un générateur délivrant des signaux rectangulaires de rapport cyclique α réglable et de période T . Les fonctionnements de H1 et H2 sont décalés dans le temps d'une demi-période. La durée de fermeture de chaque interrupteur commandé est de αT sur une période de fonctionnement.

Dans le circuit du secondaire, une bobine de lissage permet d'éviter une annulation du courant qui la traverse.

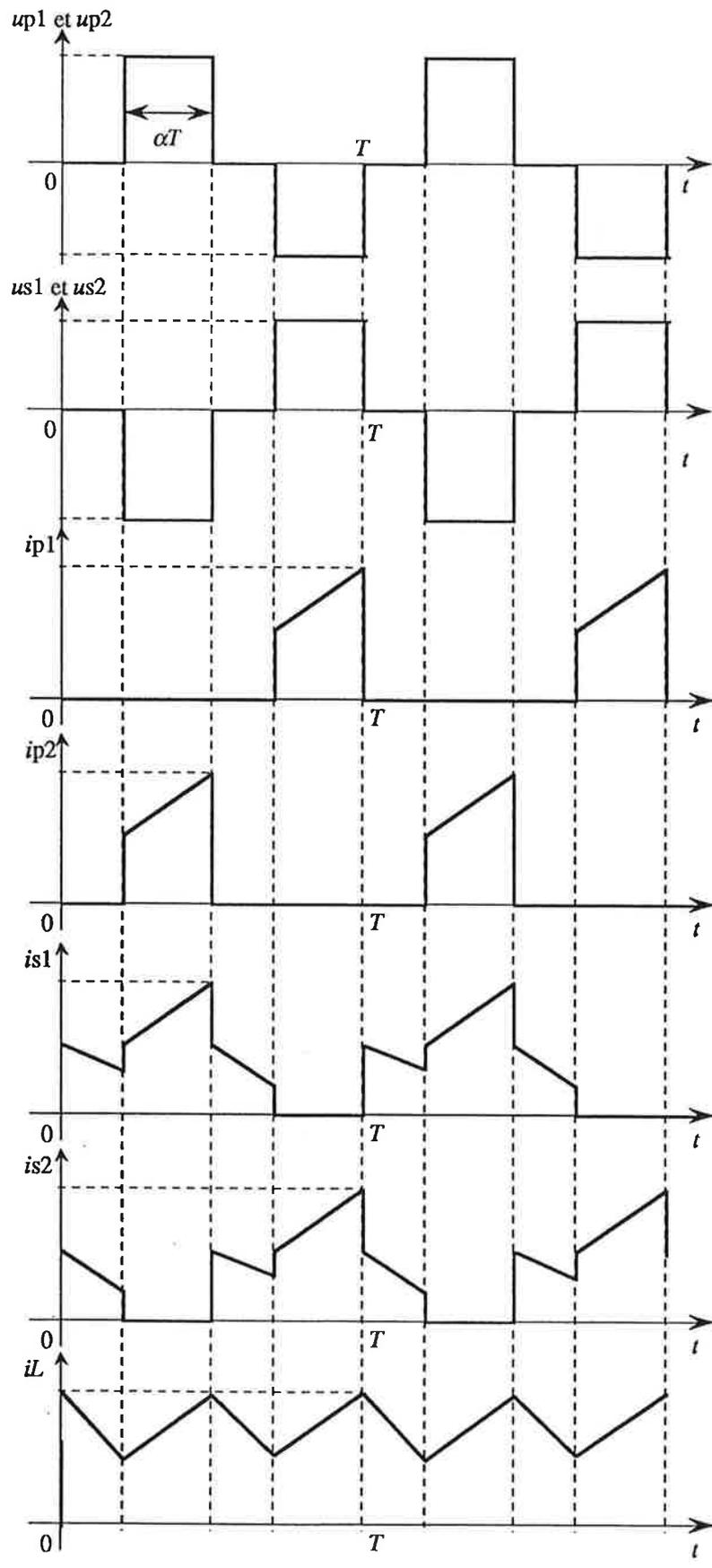
La charge est constituée d'un circuit RC , le condensateur ayant une capacité suffisante pour que la tension à ses bornes soit pratiquement constante.

V.1.2 Fonctionnement

Lorsque l'interrupteur commandé H1 est fermé, la diode D2 conduit. Simultanément l'énergie est emmagasinée dans la bobine d'inductance L et transférée à la charge.

Lorsque les interrupteurs commandés H1 et H2 sont ouverts l'énergie emmagasinée dans la bobine d'inductance L permet de maintenir la continuité du courant dans la charge par l'intermédiaire des diodes D1 et D2.

Lorsque l'interrupteur commandé H2 est fermé, la diode D1 conduit. Puis le phénomène se reproduit identique à lui-même.

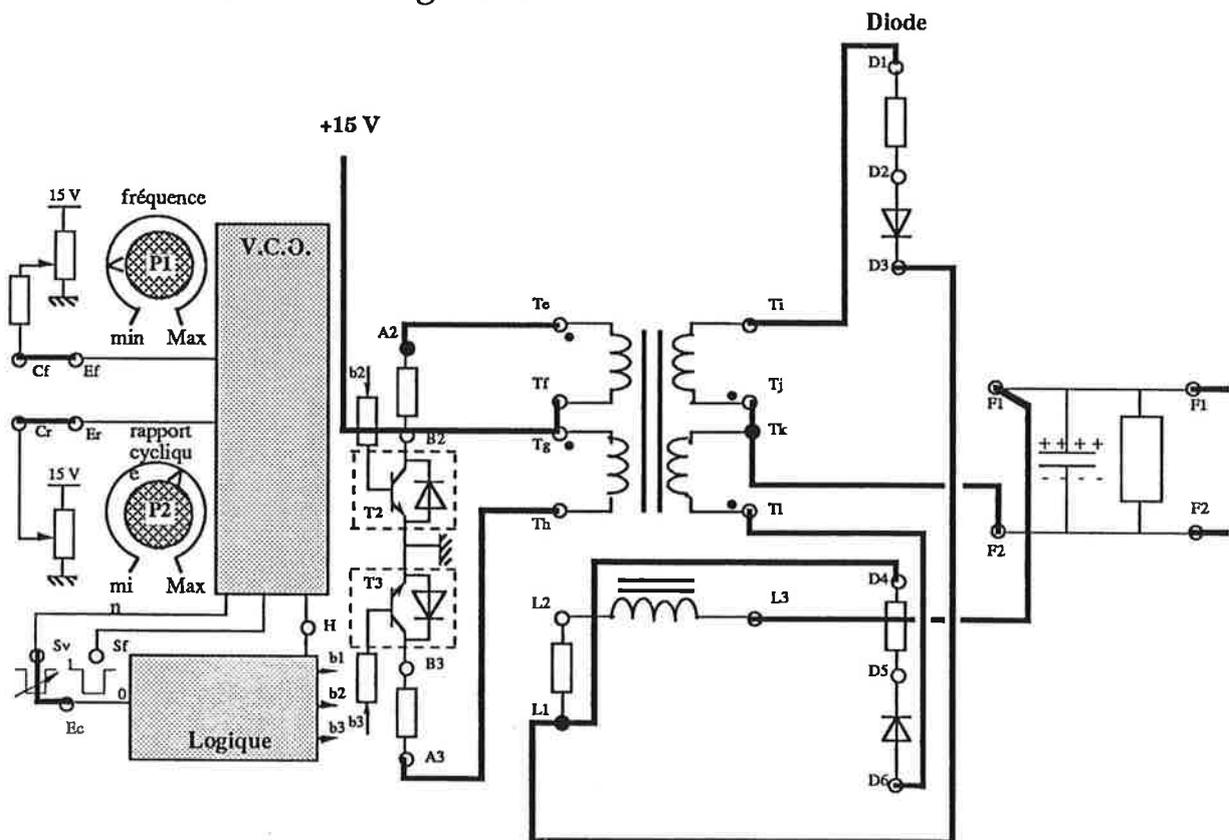


En s'inspirant des analyses de fonctionnement menées lors de l'étude de l'alimentation FORWARD, justifier la forme des chronogrammes donnés précédemment. Les compléter en indiquant les valeurs maximales des tensions et des intensités des courants.

V.2 EXEMPLE D'ALIMENTATION PUSH PULL

V.2.1 Montage

Réaliser le montage suivant :



Placer entre les bornes F1 et F2 un rhéostat de $120\ \Omega$ régler à $60\ \Omega$ environ.

V.2.2 Etude expérimentale

Brancher entre les bornes F1 et F2 un rhéostat de 120Ω réglé sur 60Ω environ.

Visualiser la tension aux bornes du transistor ainsi que l'intensité du courant qui le traverse.

Choisir une fréquence de commutation de l'ordre de 2000 Hz et un rapport cyclique de $0,2$.

Relever en concordance des temps les chronogrammes suivants :

$u_{T2}(t)$ et $u_{T3}(t)$: tensions aux bornes du transistor T_2 et T_3 ;

$i_G(t)$: intensité du courant fournit par l'alimentation ;

$u_{p1}(t)$ et $u_{p2}(t)$: tensions aux bornes des enroulements du primaire ;

$u_{s1}(t)$ et $u_{s2}(t)$: tensions aux bornes des enroulements du secondaire ;

$u_L(t)$: tension aux bornes de la bobine branchée entre les bornes L1 et L3 ;

$i_L(t)$: intensité du courant traversant la bobine ;

$u_{D1}(t)$ et $u_{D2}(t)$: tensions aux bornes des diodes D1 et D2 ;

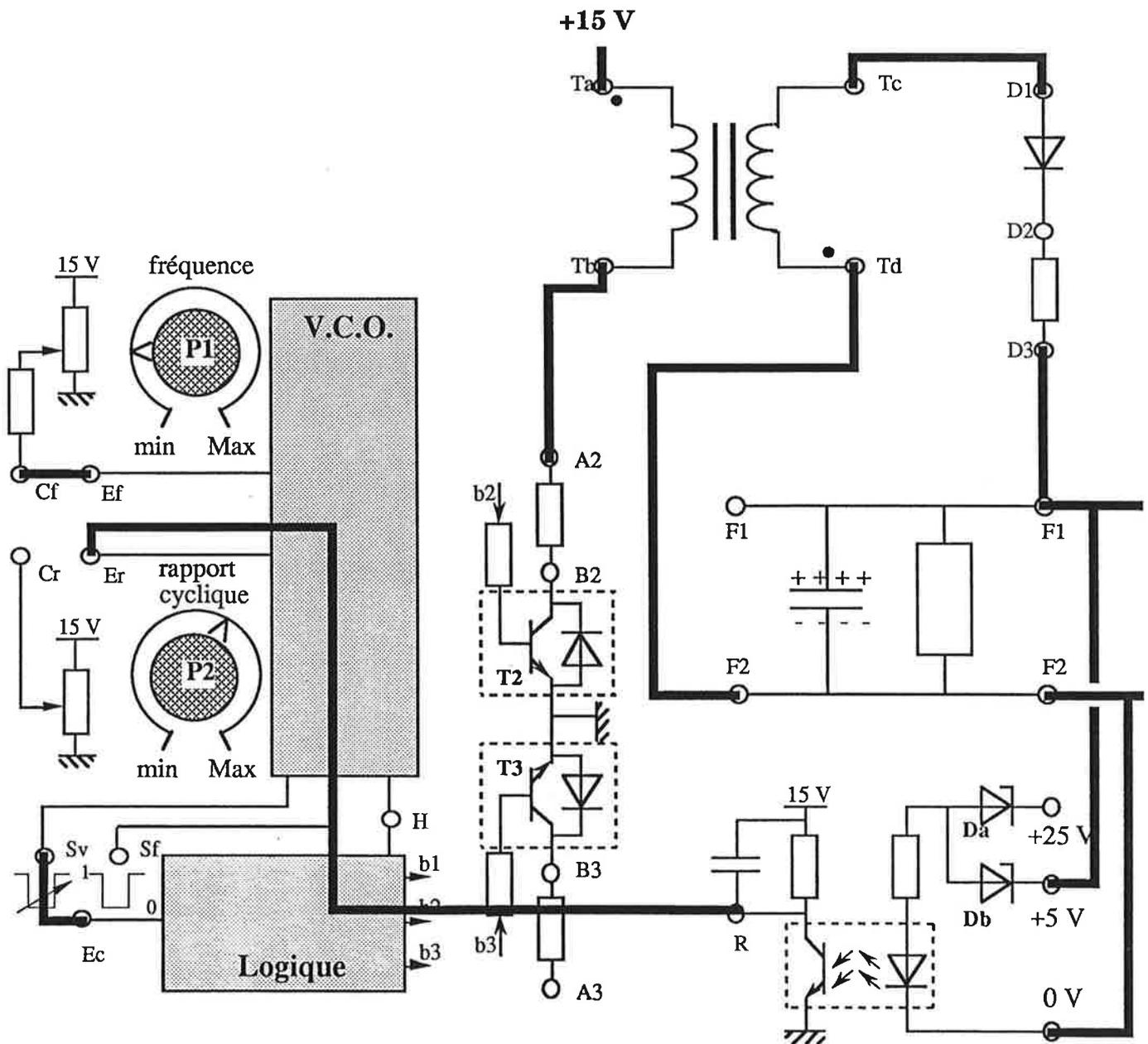
$u(t)$: tension aux bornes du circuit RC.

A partir des oscillogrammes, expliquer comment s'effectue le transfert d'énergie.

VI. REGULATION D'UNE ALIMENTATION FLYBACK

VI.1 MONTAGE

Réaliser le montage suivant :



Brancher entre les bornes F1 et F2 un rhéostat de 120Ω réglé sur 60Ω environ. Placer en série un ampèremètre avec le circuit de charge. Placer un voltmètre en parallèle sur la charge.

VI.2 EXPERIMENTATION

Visualiser la tension aux bornes du transistor ainsi que l'intensité du courant qui le traverse.

Choisir une fréquence de commutation de l'ordre de 2000 Hz.

Relever en concordance des temps les chronogrammes suivants :

$u_{T2}(t)$: tension aux bornes du transistor T_1 ;

$i_G(t)$: intensité du courant fournit par l'alimentation ;

$i(t)$: intensité du courant traversant la charge ;

$u_D(t)$: tension aux bornes de la diode ;

$u(t)$: tension aux bornes du circuit RC.

A partir des oscillogrammes, expliquer comment s'effectue le transfert d'énergie.

Modifier la valeur du rhéostat de charge. Relever la caractéristique $\bar{u}(i)$.

Vérifier qu'il y a bien régulation de la tension aux bornes de la charge lorsque cette charge est modifiée.

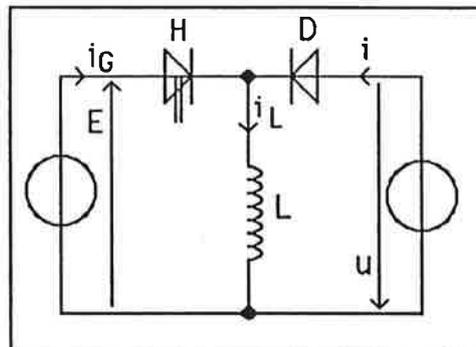
Sur quelle grandeur de commande s'exerce la régulation ?

VII. HACHEURS A ACCUMULATION

VII.1 HACHEUR A ACCUMULATION INDUCTIVE

VII.1.1 Présentation

La figure ci-après représente le schéma de principe d'un tel dispositif.



Une source de tension continue n'admet généralement pas de discontinuité. L'énergie provenant d'une telle source alimente une source de même nature. Le montage hacheur assure la liaison entre les deux sources sans qu'elles ne soient jamais connectées l'une à l'autre.

Une bobine assure le stockage de l'énergie : elle est reliée soit à l'entrée soit à la sortie ; la liaison entre les deux sources de tension est indirecte.

VII.1.2 Analyse du fonctionnement

- $t \in [0, \alpha T]$

Pendant la durée αT , l'interrupteur H est fermé : l'intensité du courant traversant l'inductance augmente, la bobine emmagasine de l'énergie.

$$i_L = i_G, u = L \frac{di_L}{dt} \text{ et } i_L = I_0 + \frac{E}{T}t$$

Au bout de la durée αT , le courant traversant l'inductance a pour intensité :

$$I_{\alpha T} = I_0 + \frac{E}{T}\alpha T$$

- $t \in [\alpha T, T]$

Pendant la durée $(1-\alpha)T$, l'interrupteur H est ouvert, la diode D conduit : l'intensité du courant traversant l'inductance diminue, la bobine restitue de l'énergie.

$$i_L = i, u = -L \frac{di_L}{dt}$$

et
$$i_L = I_{\alpha T} - \frac{u}{L}(t - \alpha T)$$

A l'instant T , le courant traversant l'inductance a pour intensité :

$$I_T = I_{\alpha T} - \frac{u}{L}T(1 - \alpha)$$

Le fonctionnement étant périodique, nous avons :

$$I_T = I_0$$

Donc :

$$I_0 = I_{\alpha T} - \frac{u}{L}T(1 - \alpha)$$

Soit :

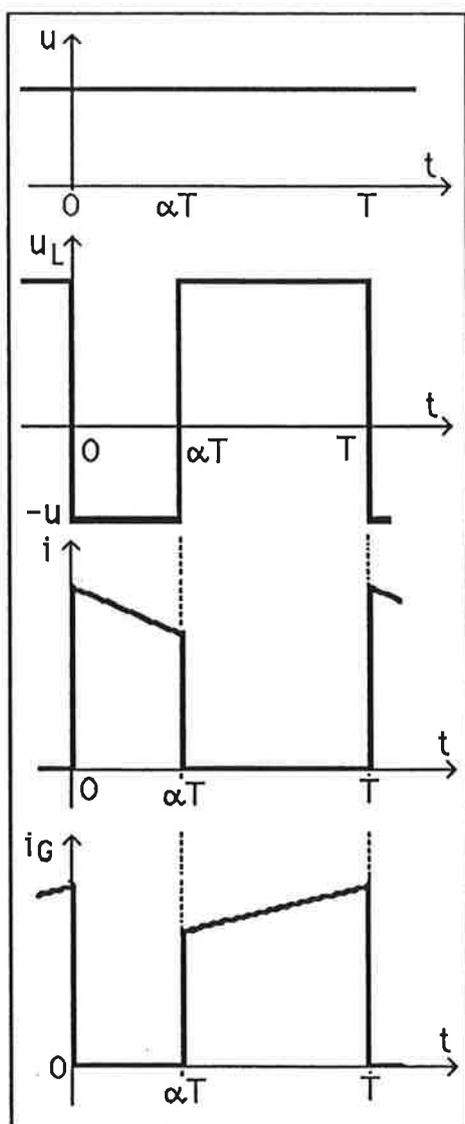
$$I_0 = I_0 + \frac{E}{T}\alpha T - \frac{u}{L}T(1 - \alpha)$$

D'où :

$$u = E \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

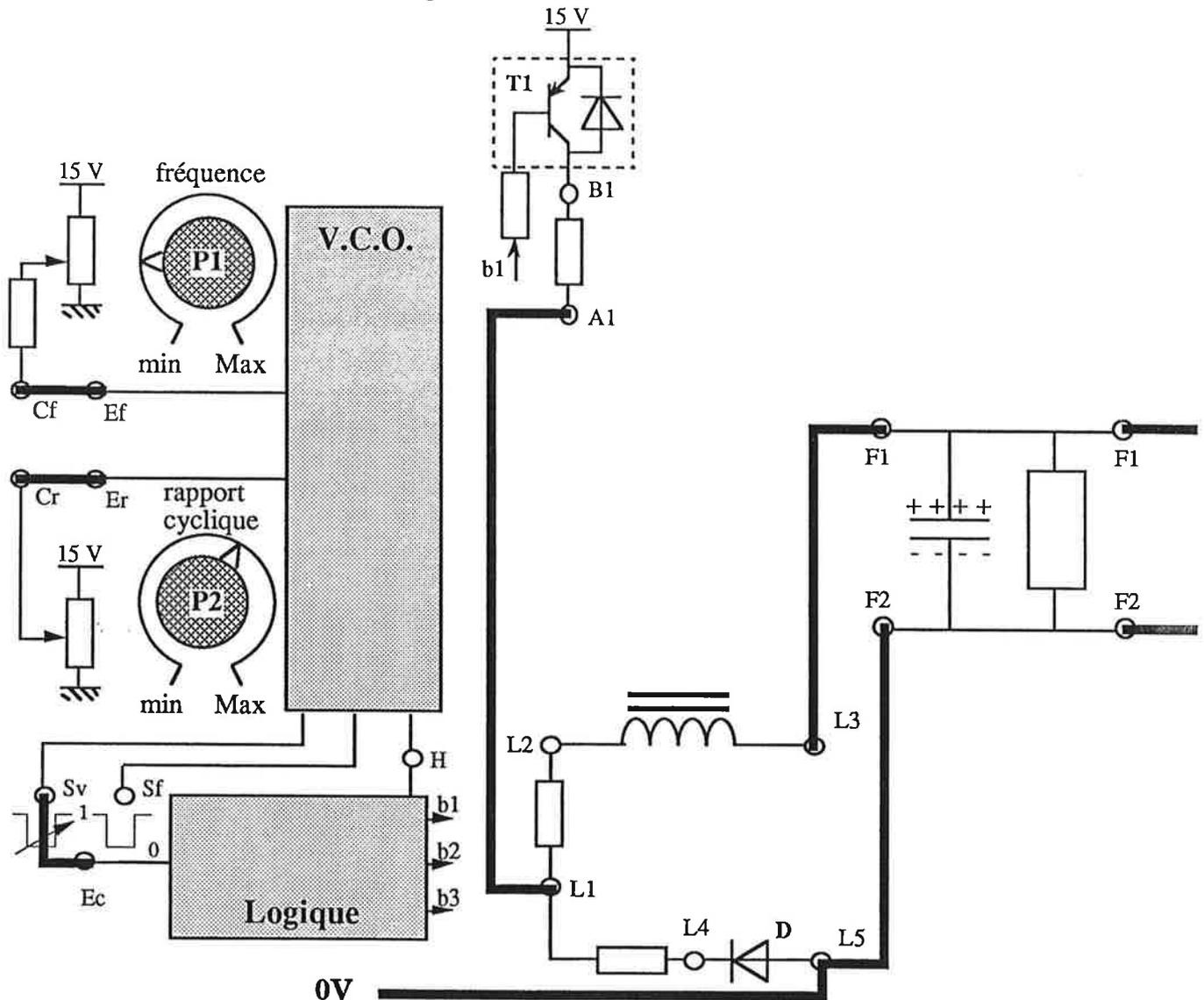
α pouvant varier de 0 à 1, u peut varier théoriquement de 0 à ∞ .

Les chronogrammes ci-après illustrent le fonctionnement de ce montage.



VII.1.3 Expérimentation

Réaliser le montage suivant :



Brancher entre les bornes F1 et F2 un rhéostat de 120Ω réglé sur 60Ω environ.

Visualiser la tension aux bornes du transistor ainsi que l'intensité du courant qui le traverse.

Choisir une fréquence de commutation de l'ordre de 2000 Hz et un rapport cyclique de $0,2$.

Relever en concordance des temps les chronogrammes suivants :

$u_{T1}(t)$: tension aux bornes du transistor T_1 ;

$i_G(t)$: intensité du courant fournit par l'alimentation ;

$u_L(t)$: tension aux bornes de la bobine branchée entre les bornes L1 et L3 ;

$i_L(t)$: intensité du courant traversant la bobine ;

$u_D(t)$: tension aux bornes de la diode ;

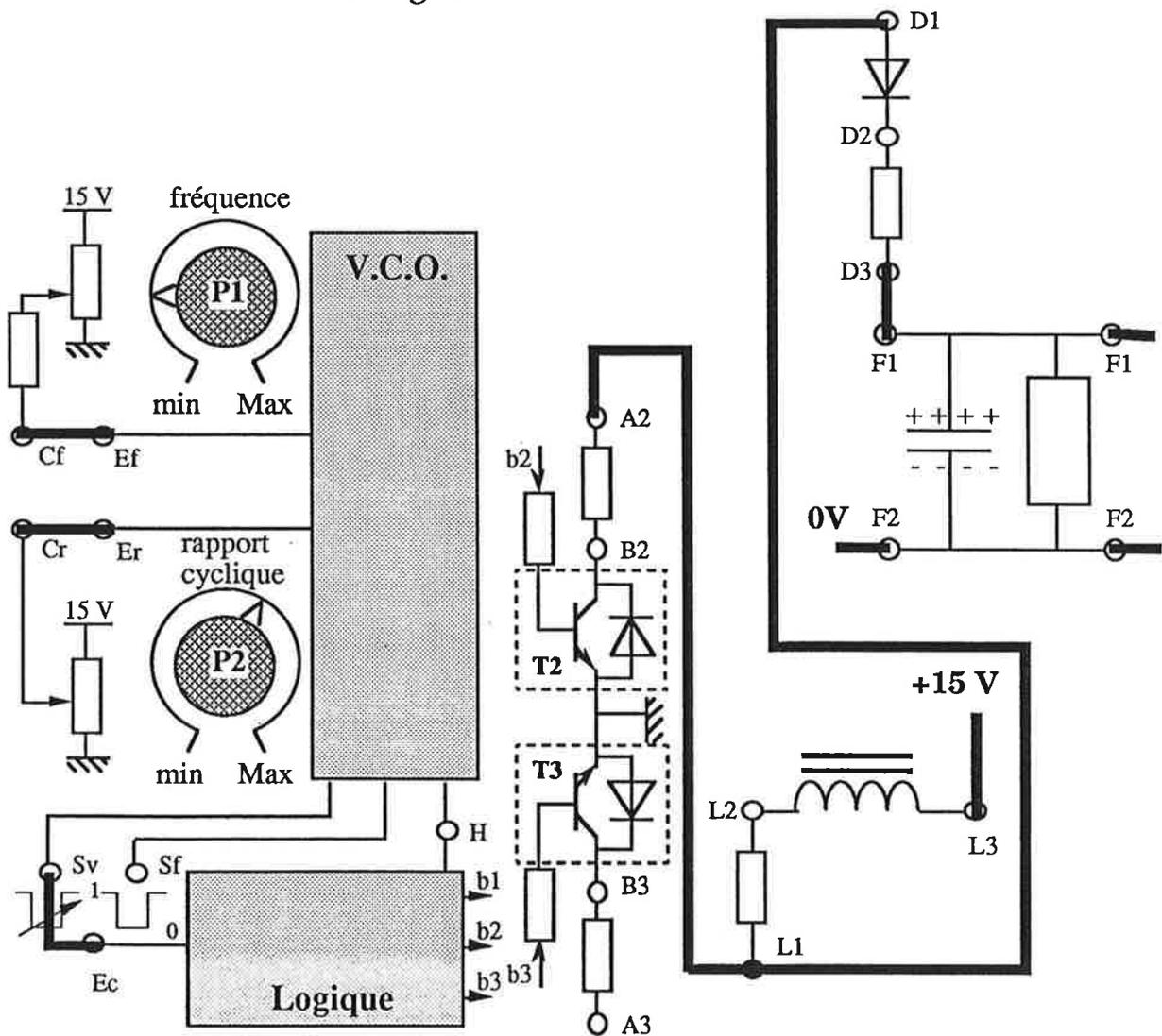
$i_D(t)$: intensité du courant traversant la diode ;

$u(t)$: tension aux bornes du circuit RC.

A partir des oscillogrammes, expliquer comment s'effectue le transfert d'énergie.

Vérifier que le montage précédent est dévolteur.

Modifier le montage :



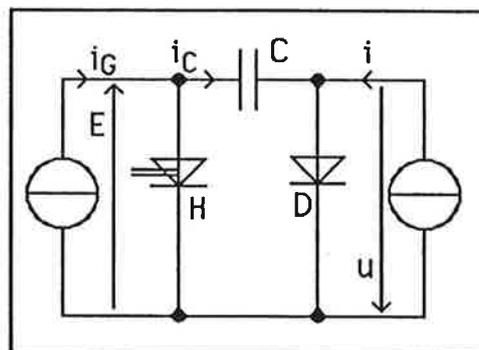
Vérifier que ce montage est survolteur.

Que se passe-t-il lorsque α tend vers 1.

VII.2 HACHEUR A ACCUMULATION CAPACITIVE

VII.2.1 Présentation

La figure ci-après représente le schéma de principe d'un tel dispositif.



L'énergie provenant d'une source de courant n'admettant pas de discontinuité alimente une source de même nature. Le montage hacheur assure la liaison entre les deux sources sans qu'elles ne soient jamais connectées l'une à l'autre.

Un condensateur assure le stockage de l'énergie : il est relié soit à l'entrée soit à la sortie ; la liaison entre les deux sources de tension est indirecte.

VII.2.2 Analyse du fonctionnement

- $t \in [0, \alpha T]$

Pendant la durée αT , l'interrupteur H est ouvert, la diode D est passante : le condensateur se charge, il emmagasine de l'énergie.

$$i_C = i_G, u_C = \frac{q}{C} \text{ et } u_C = u_{C0} + i_G \frac{t}{C}$$

Au bout de la durée αT , la tension aux bornes du condensateur a pour valeur :

$$u_{C\alpha T} = u_{C0} + i_G \alpha \frac{T}{C}$$

- $t \in [\alpha T, T]$

Pendant la durée $(1-\alpha)T$, l'interrupteur H est fermé, la diode D est bloquée : le condensateur fournit de l'énergie à la charge et :

$$i_C = -i, u_C = u_{C0} + [i_G \alpha T - i(t - \alpha T)] \frac{1}{C}$$

A l'instant T , la tension aux bornes du condensateur a pour valeur :

$$u_{CT} = u_{C0} + [i_G \alpha T - i(T - \alpha T)] \frac{1}{C}$$

Le fonctionnement étant périodique, nous avons :

$$u_{CT} = u_{C0}$$

Donc :

$$u_{C0} = u_{C0} + [i_G \alpha T - i(T - \alpha T)] \frac{1}{C}$$

Soit :

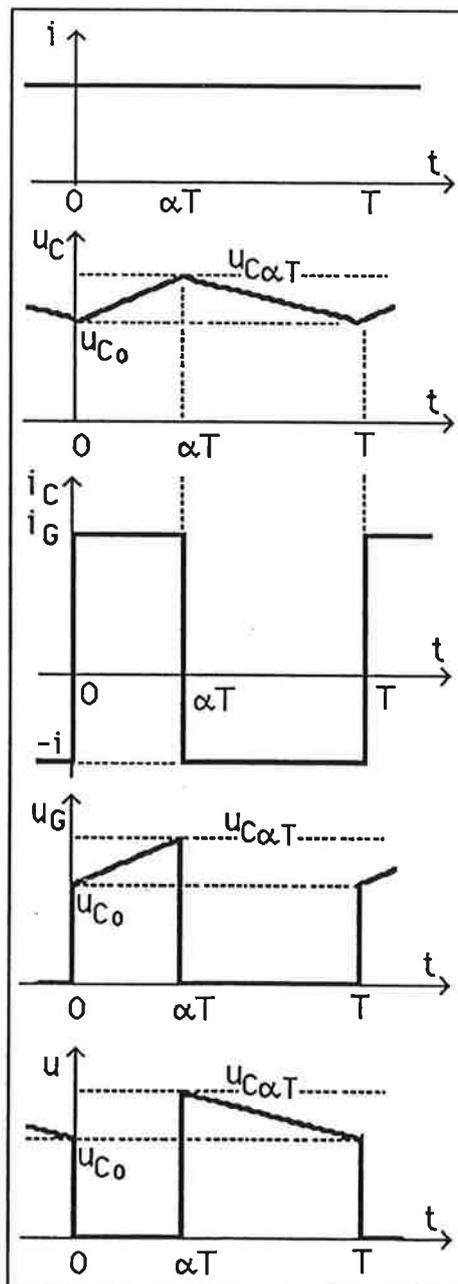
$$u_{C0} = u_{C0} + [i_G \alpha T - iT(1 - \alpha)] \frac{1}{C}$$

D'où :

$$i = i_G \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

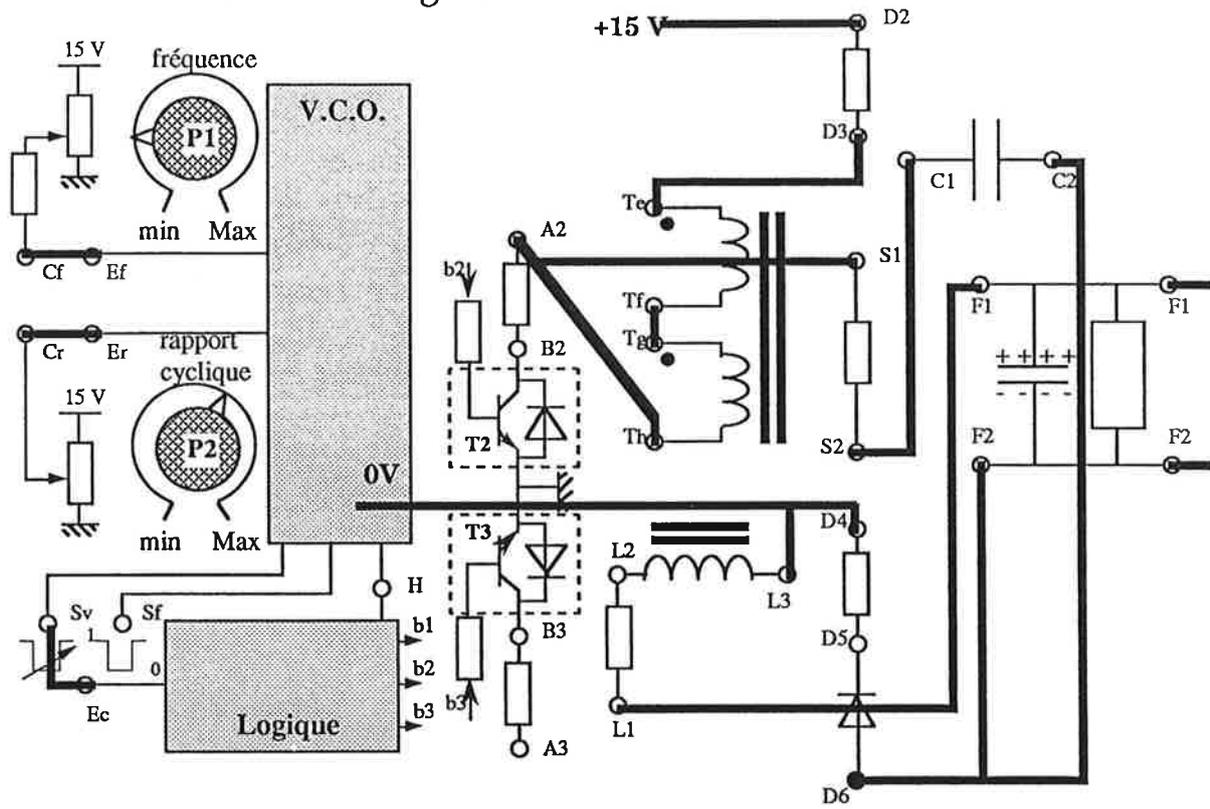
α pouvant varier de 0 à 1, i peut varier théoriquement de 0 à ∞ .

Les chronogrammes ci-après illustrent le fonctionnement de ce montage.



VII.2.3 Expérimentation

Réaliser le montage suivant :



Brancher entre les bornes F1 et F2 un rhéostat de 120Ω réglé sur 60Ω environ.

Visualiser la tension aux bornes du transistor ainsi que l'intensité du courant qui le traverse.

Choisir une fréquence de commutation de l'ordre de 2000 Hz et un rapport cyclique de $0,2$.

Relever en concordance des temps les chronogrammes suivants :

$u_{T2}(t)$: tension aux bornes du transistor T_2 ;

$i_G(t)$: intensité du courant fournit par l'alimentation ;

$u_C(t)$: tension aux bornes du condensateur branché entre les bornes C1 et C2 ;

$i_c(t)$: intensité du courant traversant ce condensateur;

$u_D(t)$: tension aux bornes de la diode ;

$i_D(t)$: intensité du courant traversant la diode ;

$i_L(t)$: intensité du courant traversant la bobine branchée entre les bornes L1 et L3 ;

$u(t)$: tension aux bornes du circuit RC.

A partir des oscillogrammes, expliquer comment s'effectue le transfert d'énergie.

Vérifier pour une valeur de α que l'on a bien :

$$i_L = i_G \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Que se passe-t-il lorsque α tend vers 1.

ANNEXES

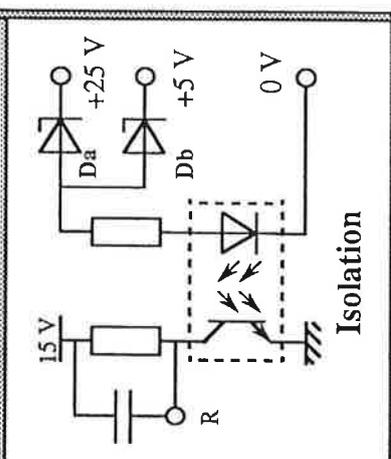
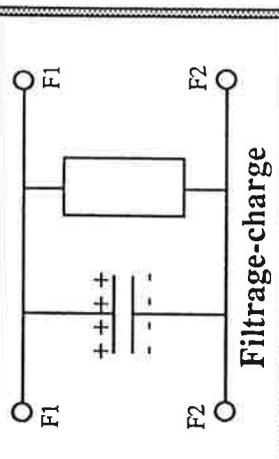
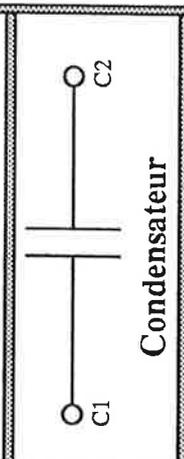
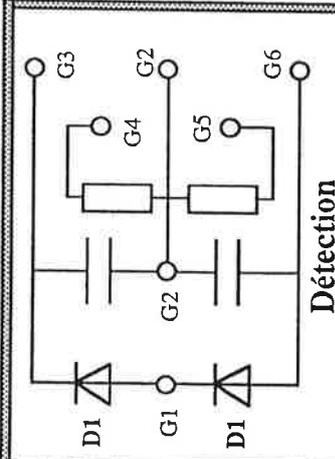
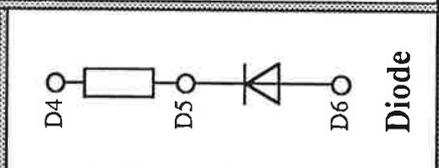
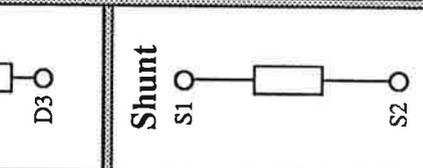
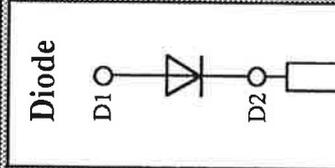
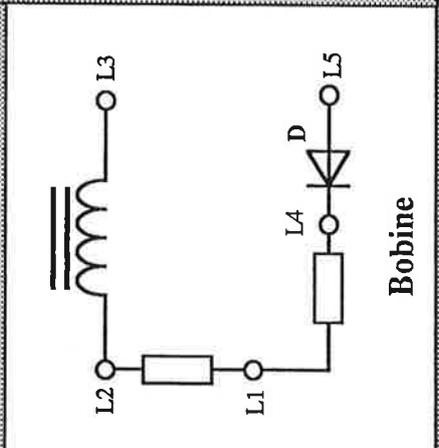
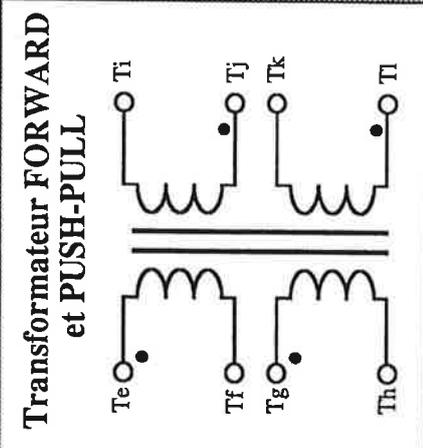
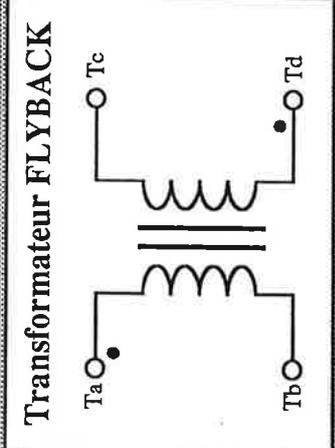
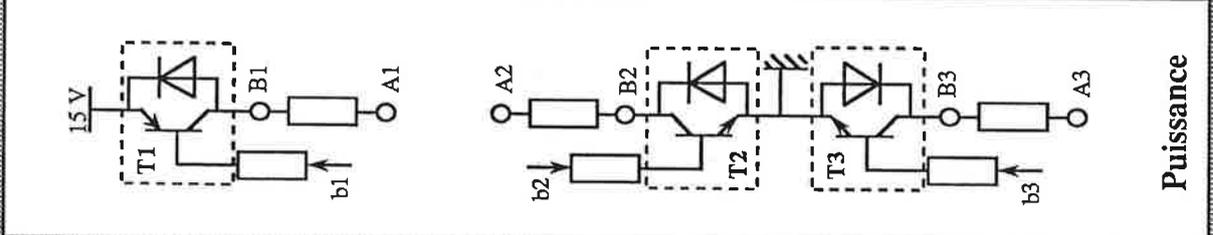
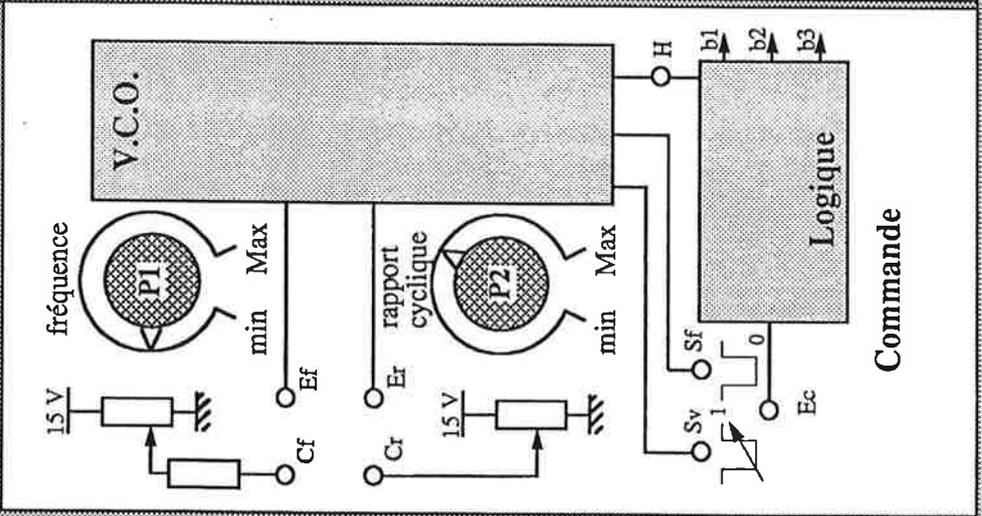
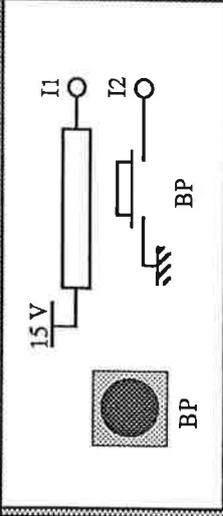
Annexe 1 :

Plan de la maquette

ALIMENTATION A DECOUPAGE

dms

○ 0V +15V ○



Plan de la maquette alimentation à découpage

Annexe 2 :

Transfert d'énergie dans une alimentation FLYBACK

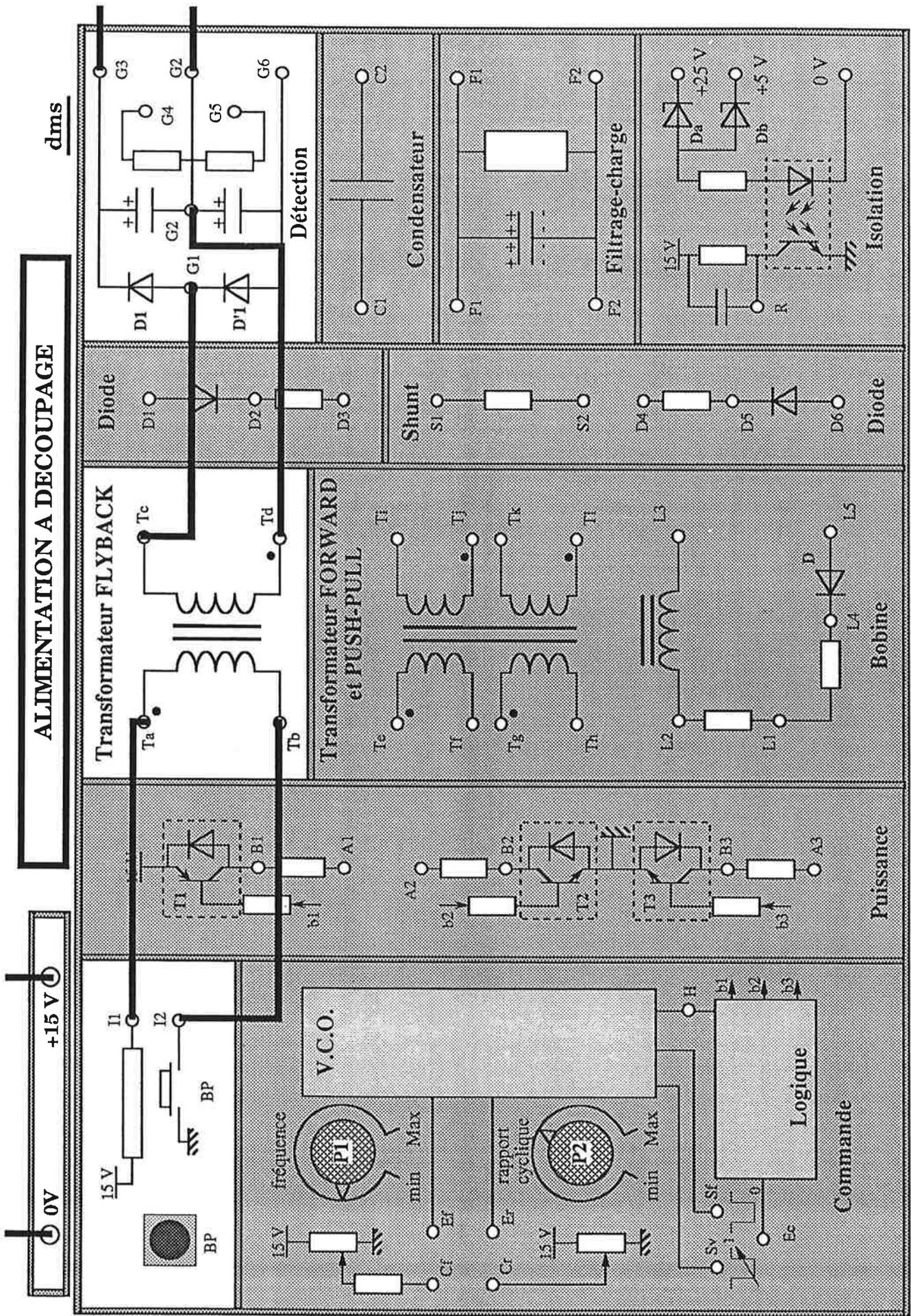
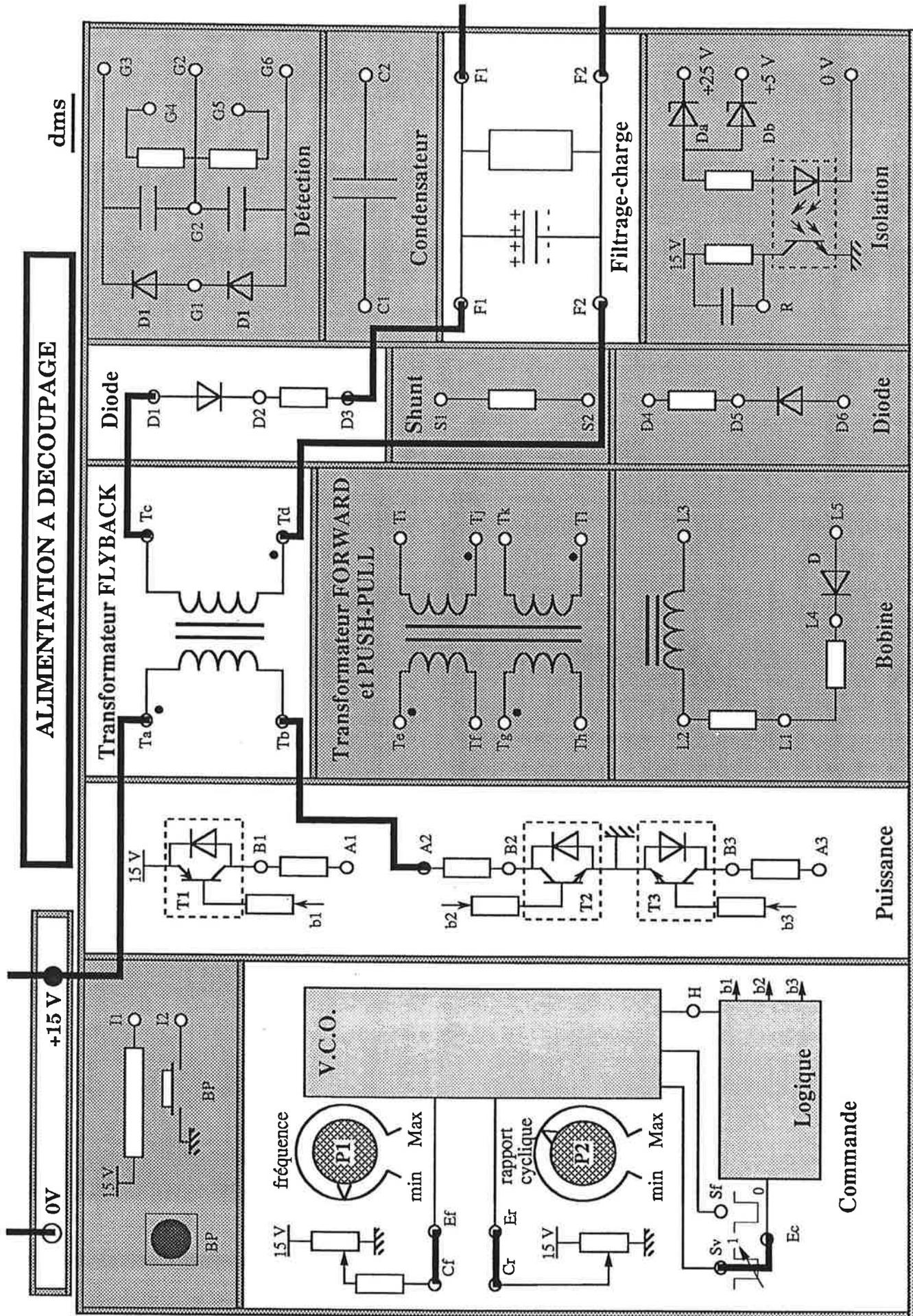


Illustration du transfert d'énergie dans une alimentation FLYBACK

Annexe 3 :

Câblage de la maquette pour une alimentation FLYBACK



Câblage de la maquette pour l'étude d'une alimentation FLYBACK

Annexe 4 :

Transfert d'énergie dans une alimentation FORWARD

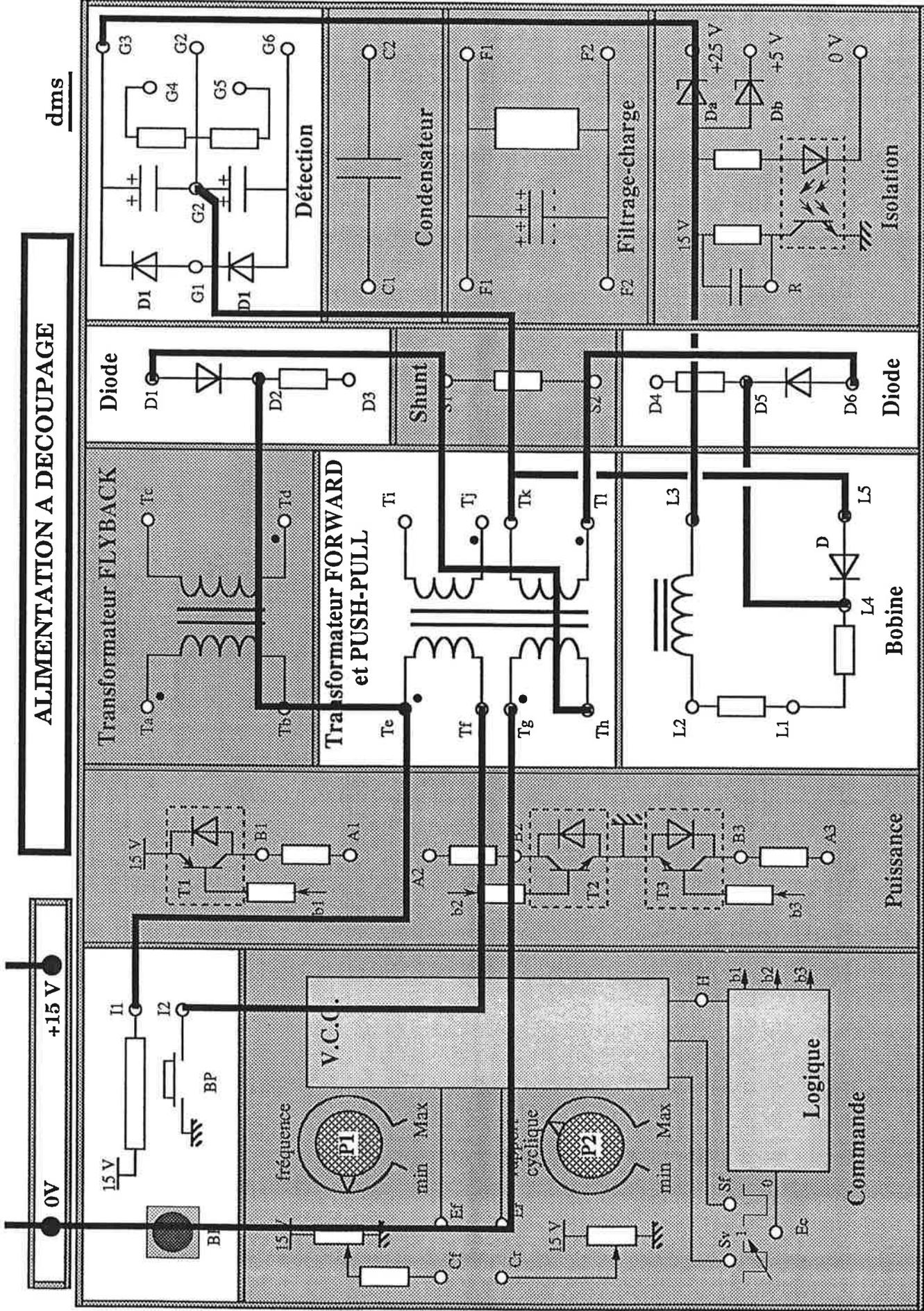


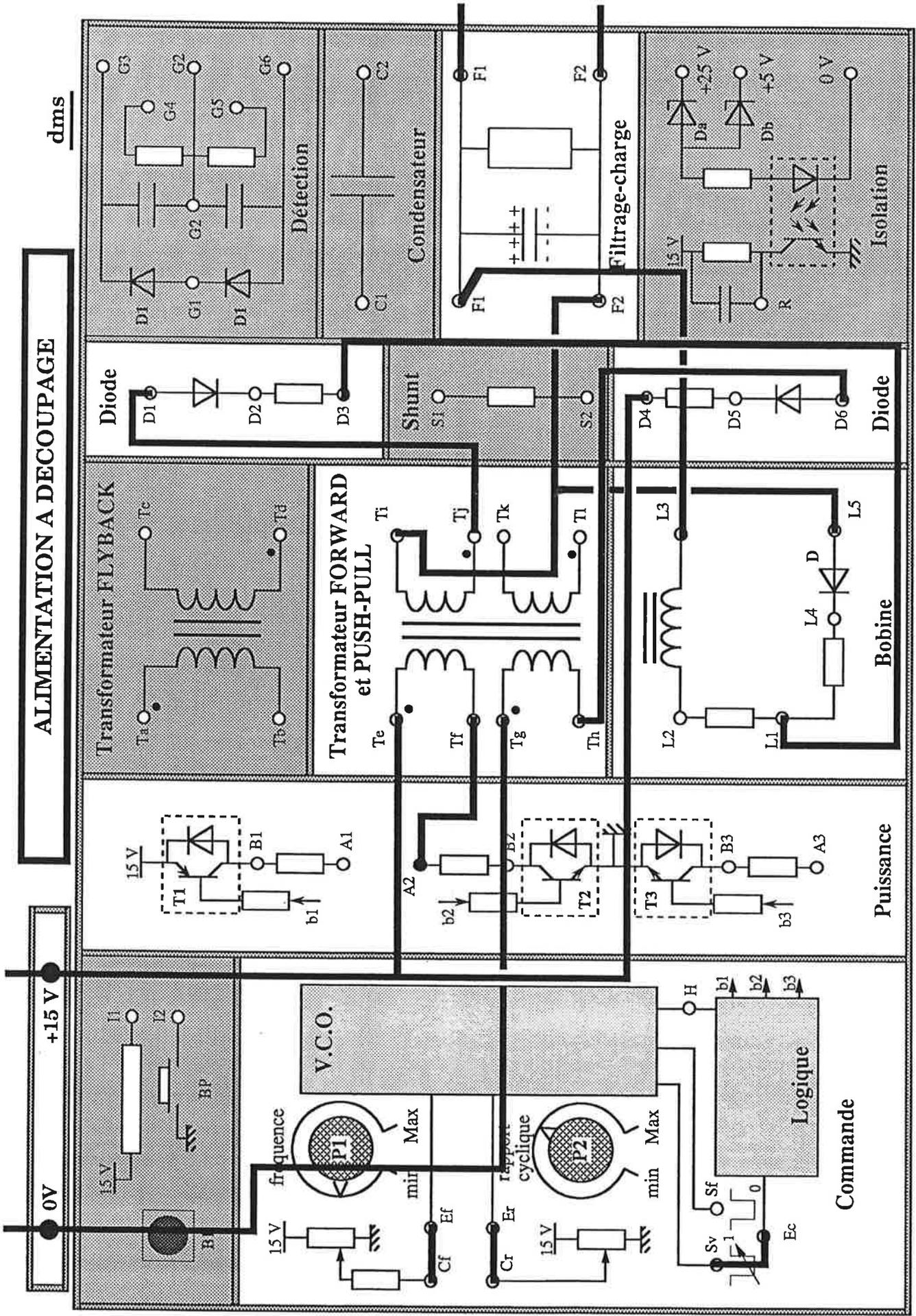
Illustration du transfert d'énergie dans une alimentation FORWARD

Annexe 5 :

Câblage de la maquette pour une alimentation FORWARD

ALIMENTATION A DECOUPAGE

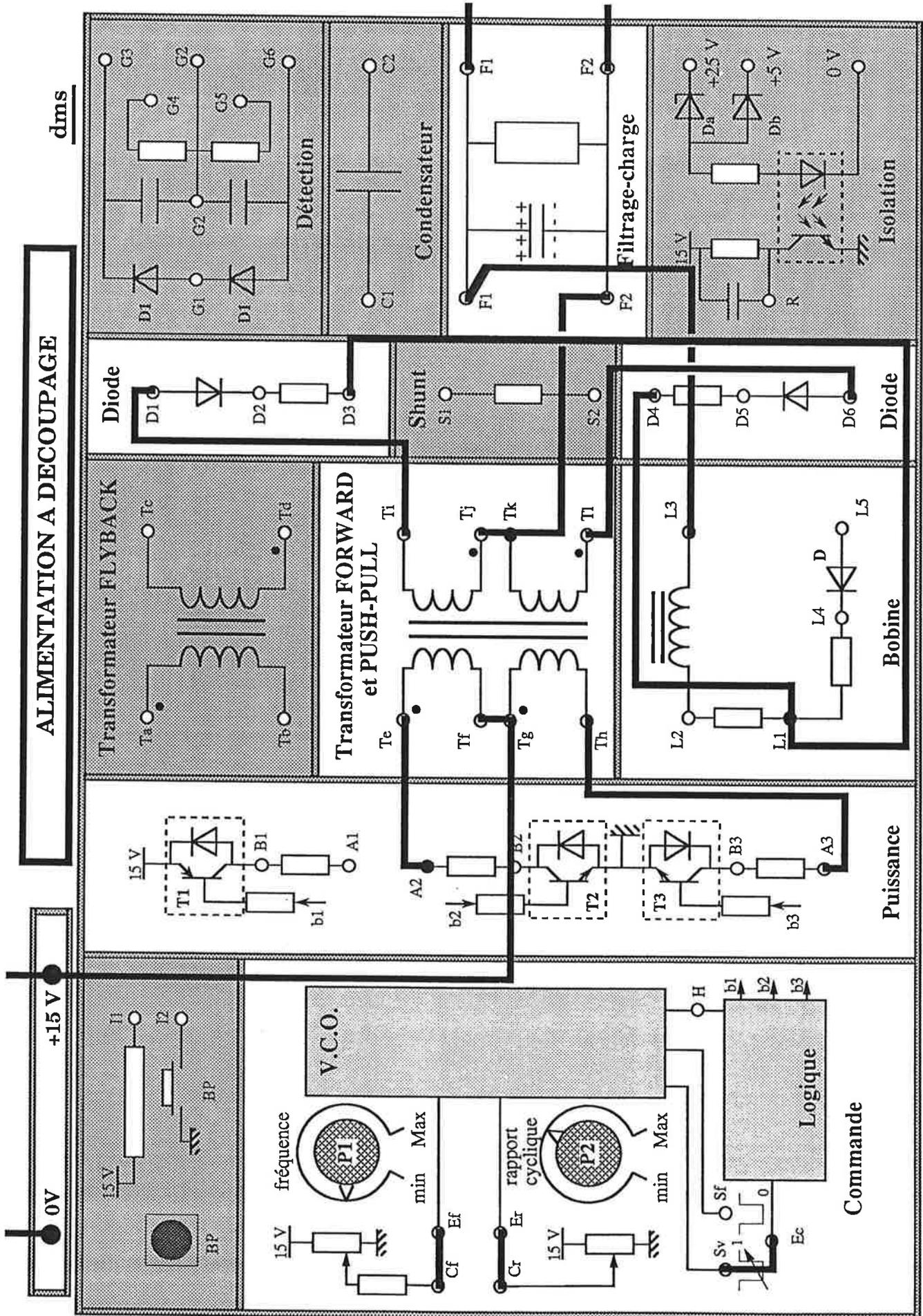
dms



Câblage de la maquette pour l'étude d'une alimentation FORWARD

Annexe 6 :

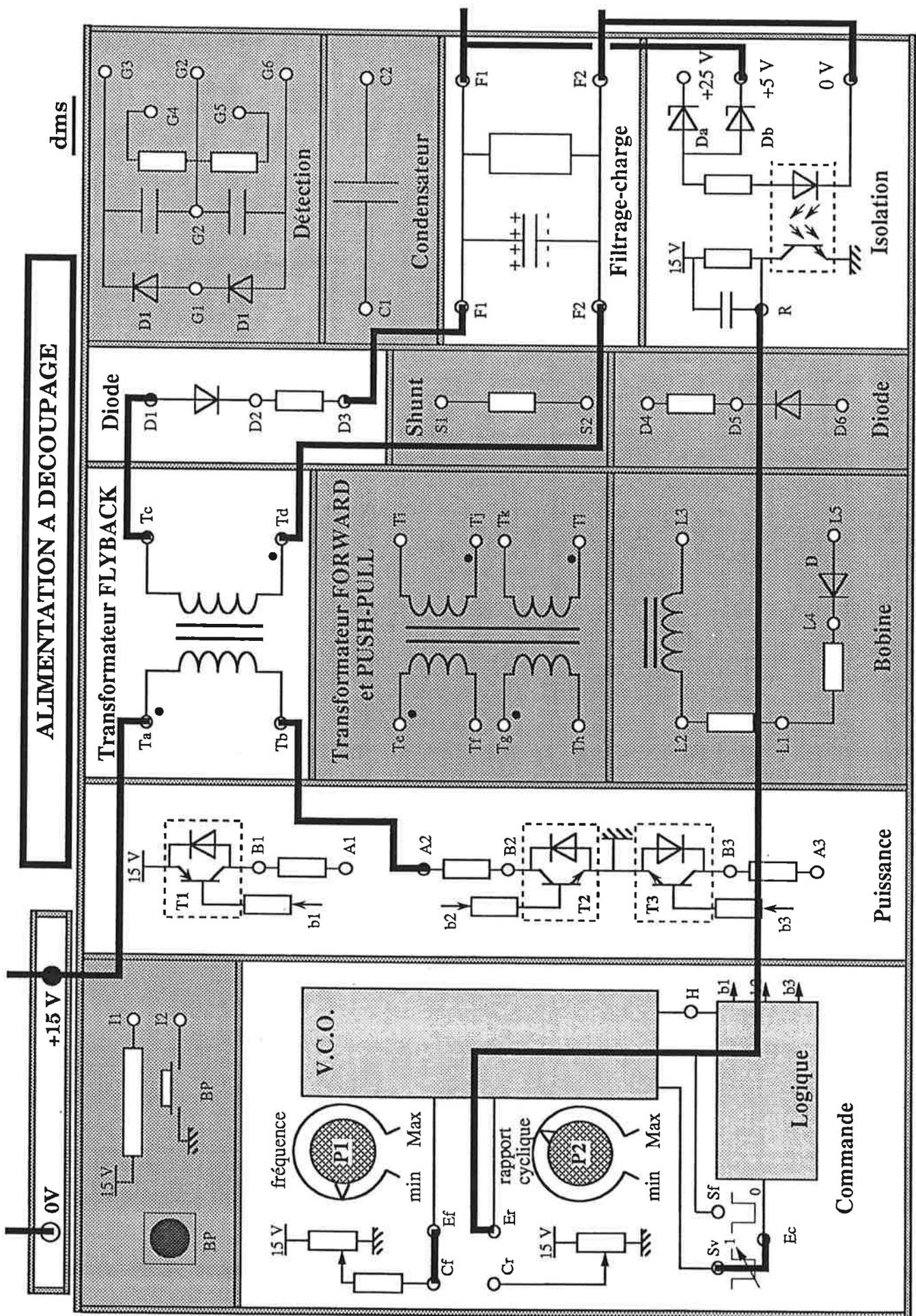
Câblage de la maquette pour une alimentation PUSH PULL



Câblage de la maquette pour l'étude d'une alimentation PUSH PULL

Annexe 7 :

Câblage pour l'étude d'une alimentation FLYBACK régulée



ALIMENTATION A DECOUPAGE

Câblage de la maquette pour l'étude d'une alimentation FLYBACK régulée

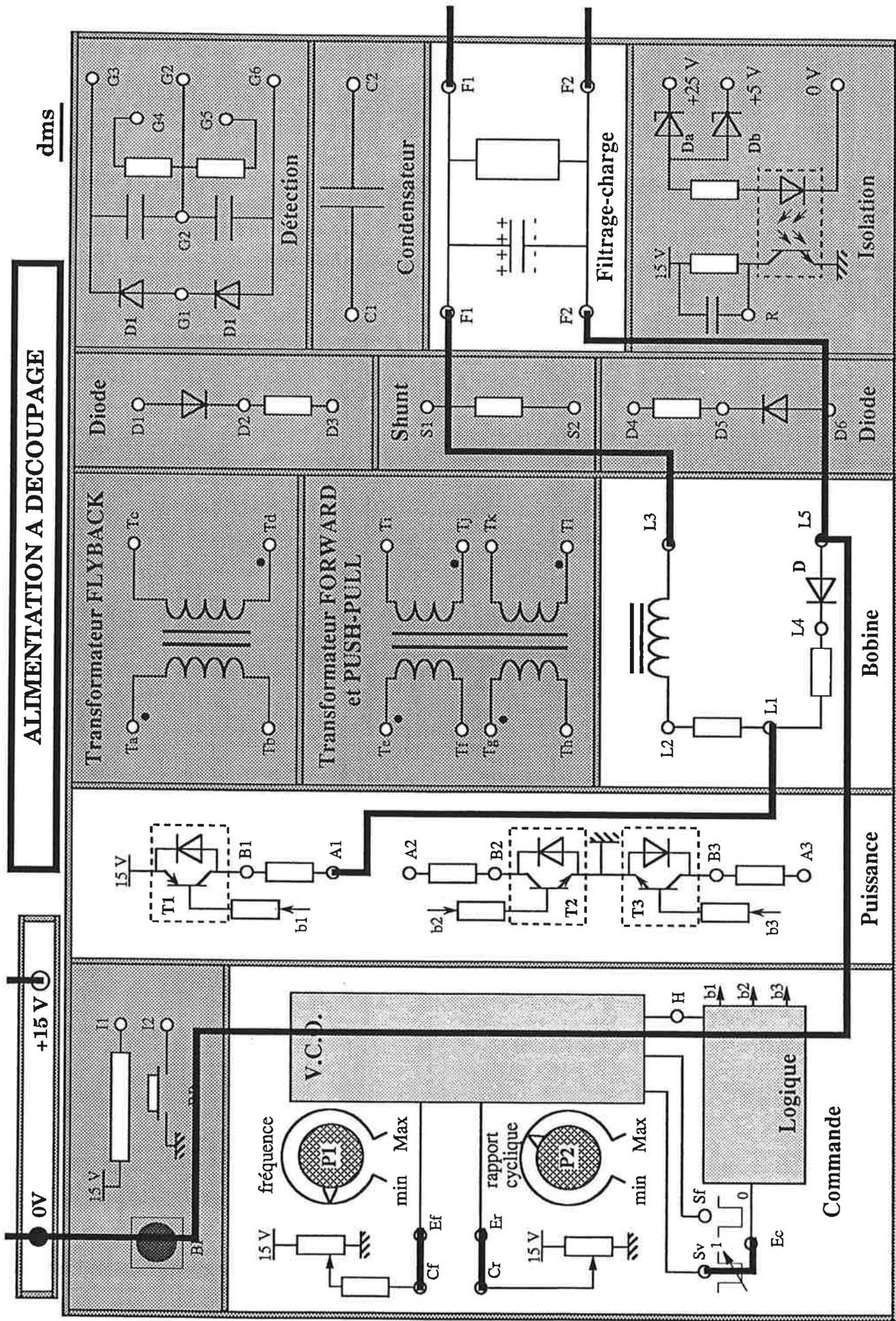
dms

Annexe 8 :

Hacheur dévolteur à accumulation inductive

ALIMENTATION A DECOUPE

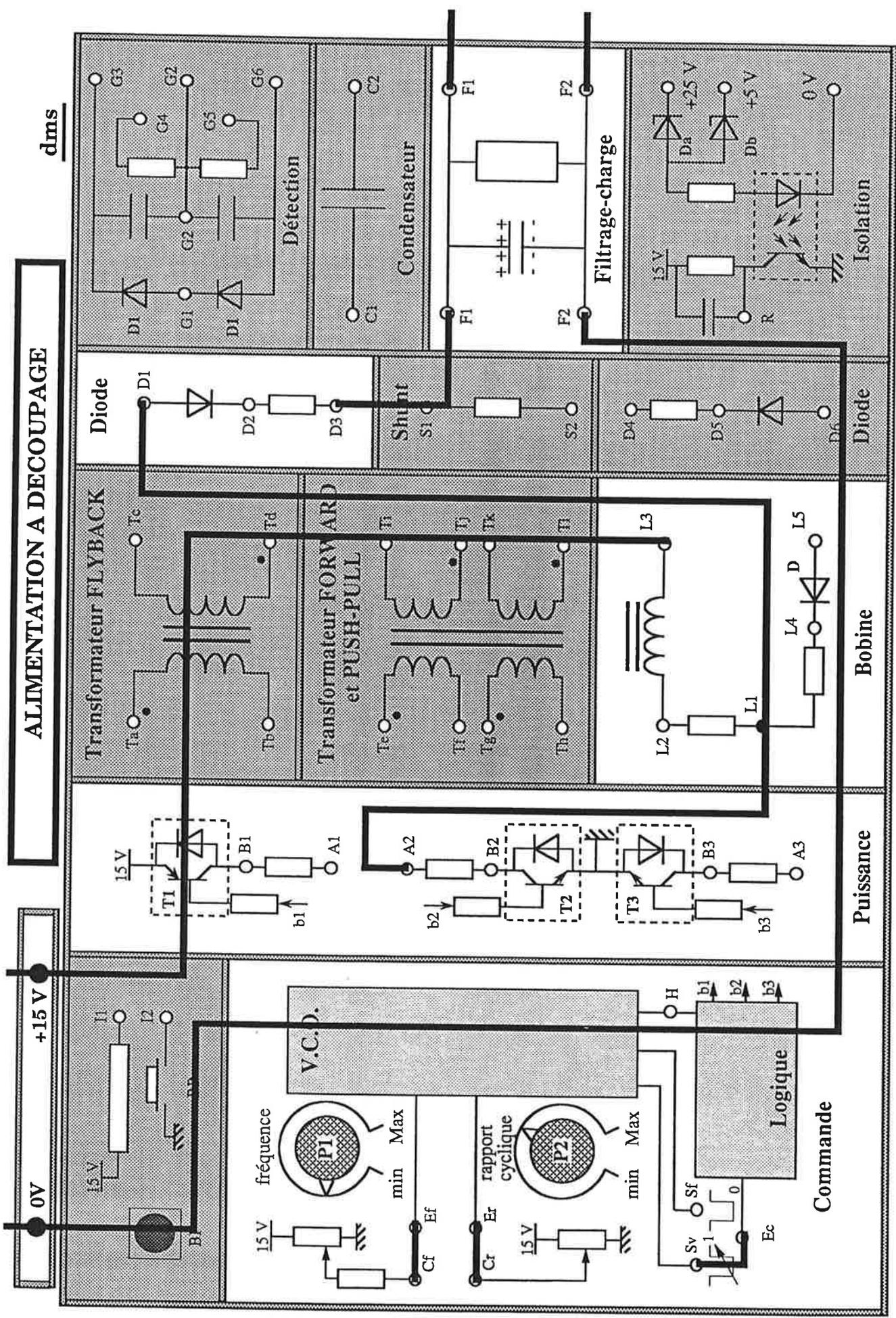
dms



Hacheur dévolteur à accumulation inductive

Annexe 9 :

Hacheur survolteur à accumulation inductive



ALIMENTATION A DECOUPAGE

dms

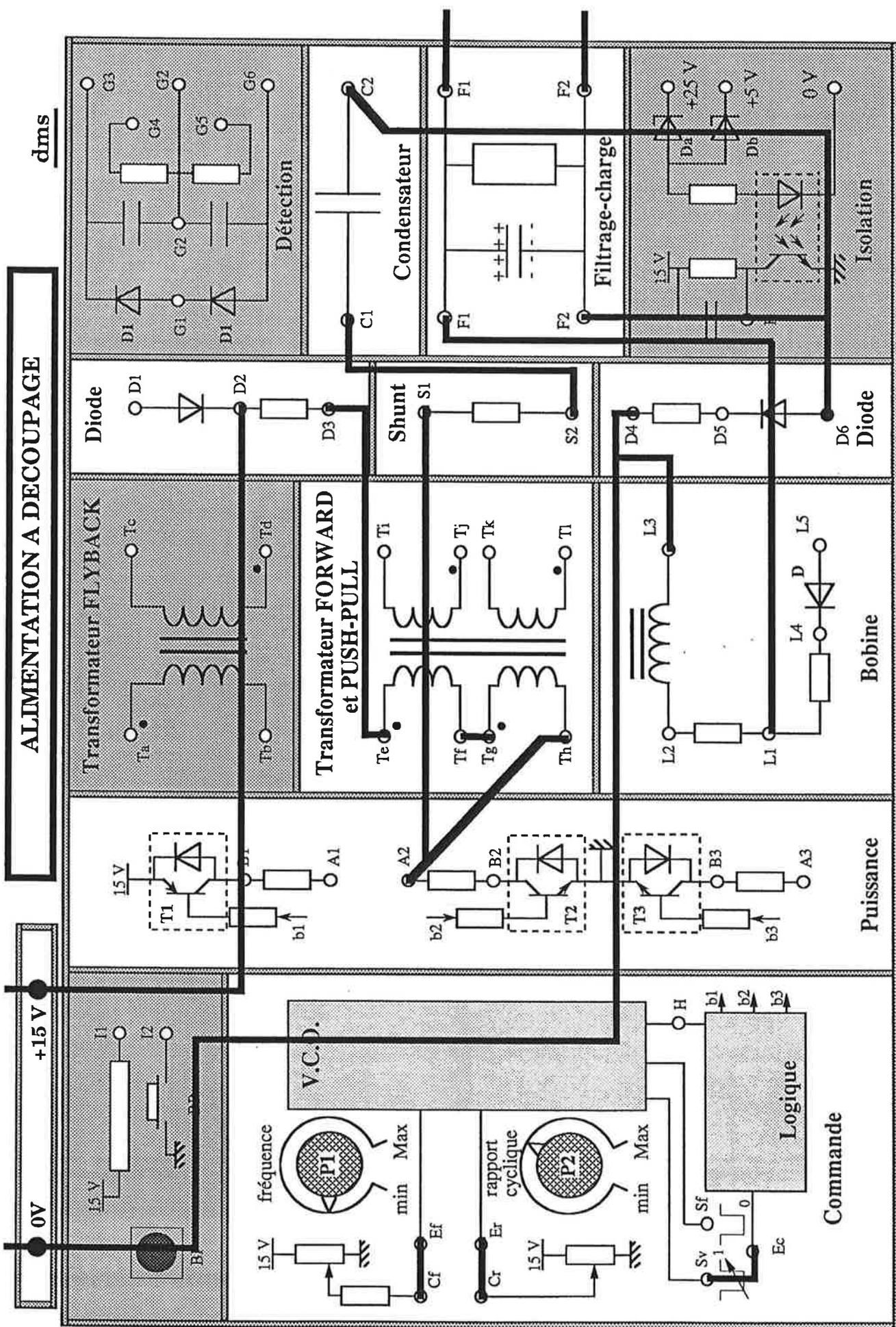
Hacheur survolteur à accumulation inductive

Annexe 10 :

Hacheur à accumulation capacitive

ALIMENTATION A DECOUPAGE

dms



Hacheur à accumulation capacitive

SOMMAIRE : ALIMENTATIONS A DECOUPAGE

<u>I. PRESENTATION DE LA MAQUETTE</u> -----	p.1
<u>II.EXPERIMENTATION PRELIMINAIRE</u> -----	p.7
<u>II.1 MONTAGE</u> -----	p.7
<u>II.2 EXPERIENCE</u> -----	p.8
<u>III. ALIMENTATION FLYBACK</u> -----	p.8
<u>III.1 PRESENTATION</u> -----	p.8
<u>III.1.1 Montage de principe</u> -----	p.8
<u>III.1.2 Fonctionnement</u> -----	p.9
<u>III.2 ILLUSTRATION DU TRANSFERT D'ENERGIE</u> -----	p.13
<u>III.2.1 Montage</u> -----	p.13
<u>III.2.2 Expérience</u> -----	p.14
<u>III.3 EXEMPLE D'ALIMENTATION FLYBACK</u> -----	p.15
<u>III.3.1 Montage</u> -----	p.15
<u>III.3.2 Etude expérimentale</u> -----	p.16
<u>IV. ALIMENTATION FORWARD</u> -----	p.18
<u>IV.1 PRESENTATION</u> -----	p.18
<u>IV.1.1 Montage de principe</u> -----	p.18
<u>IV.1.2 Fonctionnement</u> -----	p.19
<u>IV.2 ILLUSTRATION DU TRANSFERT D'ENERGIE</u> -----	p.23
<u>IV.2.1 Montage</u> -----	p.23
<u>IV.2.2 Expérience</u> -----	p.24
<u>IV.3 EXEMPLE D'ALIMENTATION FORWARD</u> -----	p.25
<u>IV.3.1 Montage</u> -----	p.25
<u>IV.3.2 Etude expérimentale</u> -----	p.25

<u>V. ALIMENTATION PUSH PULL</u> -----	p.28
<u>V.1 PRESENTATION</u> -----	p.28
<u>V.1.1 Présentation</u> -----	p.28
<u>V.1.2 Fonctionnement</u> -----	p.29
<u>V.2 EXEMPLE D'ALIMENTATION PUSH PULL</u> -----	p.31
<u>V.2.1 Montage</u> -----	p.31
<u>V.2.2 Etude expérimentale</u> -----	p.32
<u>VI. REGULATION D'UNE ALIMENTATION FLYBACK</u> -----	p.33
<u>VI.1 MONTAGE</u> -----	p.33
<u>VI.2 EXPERIMENTATION</u> -----	p.34
<u>VII.HACHEURS A ACCUMULATION</u> -----	p.35
<u>VII.1 HACHEUR A ACCUMULATION INDUCTIVE</u> -----	p.35
<u>VII.1.1 Présentation</u> -----	p.35
<u>VII.1.2 Analyse du fonctionnement</u> -----	p.35
<u>VII.1.3 Expérimentation</u> -----	p.38
<u>VII.2 HACHEUR A ACCUMULATION CAPACITIVE</u> -----	p.40
<u>VII.2.1 Présentation</u> -----	p.40
<u>VII.2.2 Analyse du fonctionnement</u> -----	p.41
<u>VII.2.3 Expérimentation</u> -----	p.43
<u>ANNEXES</u> -----	p.46
<u>Annexe 1 : Plan de la maquette</u> -----	p.47
<u>Annexe 2 : Transfert d'énergie dans une alimentation FLYBACK</u> -----	p.49
<u>Annexe 3 : Câblage de la maquette pour une alimentation FLYBACK</u> -----	p.50
<u>Annexe 4 : Transfert d'énergie dans une alimentation FORWARD</u> -----	p.53
<u>Annexe 5 : Câblage de la maquette pour une alimentation FORWARD</u> -----	p.55
<u>Annexe 6 : Câblage de la maquette pour une alimentation PUSH PULL</u> -----	p.57
<u>Annexe 7 : Câblage pour l'étude d'une alimentation FLYBACK régulée</u> -----	p.59
<u>Annexe 8 : Hacheur dévolteur à accumulation inductive</u> -----	p.61
<u>Annexe 9 : Hacheur survolteur à accumulation inductive</u> -----	p.63
<u>Annexe 10 : Hacheur à accumulation capacitive</u> -----	p.65