



UNIVERSITÉ FRANCOIS - RABELAIS de TOURS

Institut Universitaire de Technologie

Département GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Travaux Pratiques MC-ET2

Convertisseurs et association aux machines à
courant continu

IUT de Tours – 2^{ème} année
Département GEII



<h2>Travaux Pratiques MC-ET2</h2> <h3>I.U.T. de Tours – Département GEII – 2^{ème} année</h3>

Table des matières :

TP 1 - Hacheur DC/DC abaisseur de type BUCK.....	3
1.1 Présentation.....	3
1.2 Schéma du convertisseur.....	4
1.3 Préparations.....	4
1.4 Manipulations.....	5
TP 2 - Hacheur DC/DC élévateur de type BOOST	6
2.1 Présentation.....	6
2.2 Schéma du convertisseur.....	7
2.3 Note sur l'influence des résistances du montage.....	7
2.4 Préparations.....	8
2.5 Manipulations.....	8
TP 3 - Simulation avec Simcad PSIM demo version 5.0	10
3.1 Etude du hacheur inverseur de type Buck-Boost.....	10
3.2 Etude de l'alimentation FLYBACK	11
3.3 Caractéristiques de la maquette AD60 FLYBACK	11
3.4 Le logiciel Simcad PSIM demo version 5.0	13
3.5 Alimentation à découpage de type FLYBACK	14
3.6 Caractéristiques de la maquette AD60 FLYBACK	15

TP 1 - Hacheur DC/DC abaisseur de type BUCK

1.1 Présentation

1.1.1 Introduction

Le hacheur étudié ici fait partie de la famille des convertisseurs continu/continu (figure 1.1). Il permet de produire une tension de sortie U_2 inférieure à la tension d'entrée U_1 .

Ce convertisseur est utilisé dans les alimentations à découpage (régulateur de tension) quand la tension de sortie est toujours inférieure à la tension d'entrée.



Figure 1.1. Hacheur série de type BUCK (dessins\famille3.drw).

Il est utilisé dans les équipements portables alimentés par batterie (ordinateur, téléphone,...) pour produire des tensions continue +12V, +5V, +3,3V à partir d'une tension de 19V à 24V.

C'est un convertisseur « simple », n'utilisant qu'un transistor, une diode et une inductance. La fréquence de découpage est en général comprise entre quelques dizaines de kHz (supérieure à 20 kHz, pour être inaudible par l'oreille humaine), avec des transistors bipolaires ou MOSFET, et quelques centaines de kHz, avec des transistors MOSFET. Plus la fréquence est élevée, plus la taille de l'inductance est réduite, ainsi que le condensateur de filtrage de la tension de sortie.

1.1.2 Objectifs du TP

- 1) Comprendre le fonctionnement en observant les signaux caractéristiques du montage et en les comparant aux résultats du TD sur le hacheur BUCK.
- 2) Etablir la fonction de transfert "statique" du convertisseur $\langle v_s \rangle = V_s = f(V_\alpha)$.
- 3) Mesurer la résistance interne du générateur équivalent au convertisseur et son rendement.

1.1.3 Principe

Nous étudions ici un convertisseur DC-DC $+20\text{ V} \rightarrow +5\text{ V}$. Dans le cas d'une alimentation normale (batterie d'accumulateur ou transformateur + redresseur), la tension d'entrée est plus ou moins variable et peut comporter une ondulation (100 Hz si redressement du réseau 50 Hz).

Dans notre application, la tension d'entrée V_e est fournie par une alimentation stabilisée de laboratoire, réglée sur +20 V et capable de fournir 500mA.

Afin de fixer la nature de la source, un filtre Le-Ce doit être placé entre l'alimentation et l'entrée du convertisseur (nous prendrons ici $L_e = 1\text{ mH} - 10\text{ A}$ et $C_e = 10\,000\ \mu\text{F} - 40\text{ V}$).

La fréquence de découpage vaut $F = 20\text{ kHz}$. Le courant de sortie vaut $I_s = 1\text{ A}$.

1.2 Schéma du convertisseur

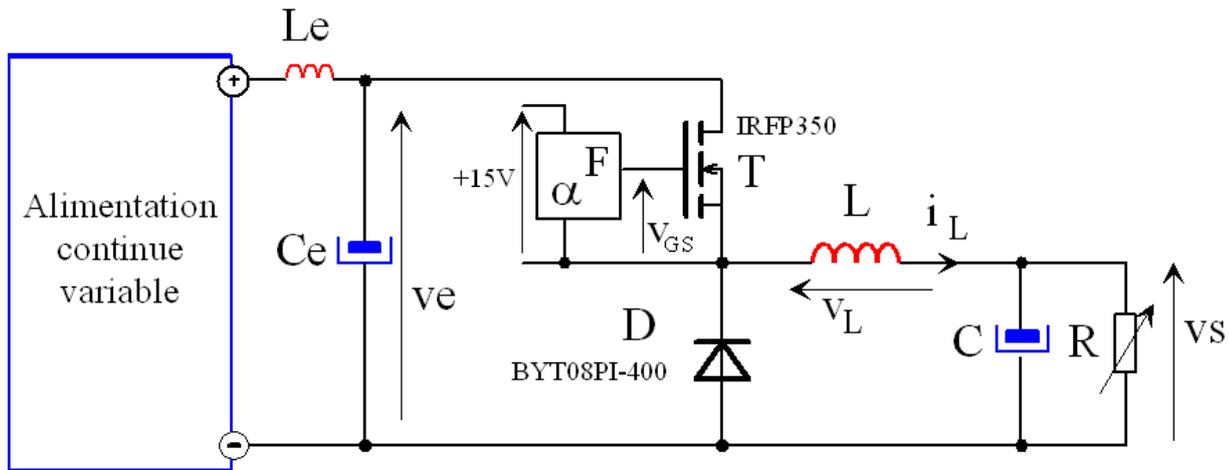


Figure 1.2. Structure générale du hacheur série de type BUCK (dessins\buck3.drw).

Le bloc (F, α) génère le signal MLI de commande du transistor MOSFET. Le transistor T est fermé (ON) pour $t \in [0 ; \alpha T]$ et ouvert (OFF) pour $t \in [\alpha T ; T]$.

La fréquence de découpage est réglable par un potentiomètre sur la maquette. Le rapport cyclique α peut être modifié par un potentiomètre ou par une tension externe $V\alpha$.

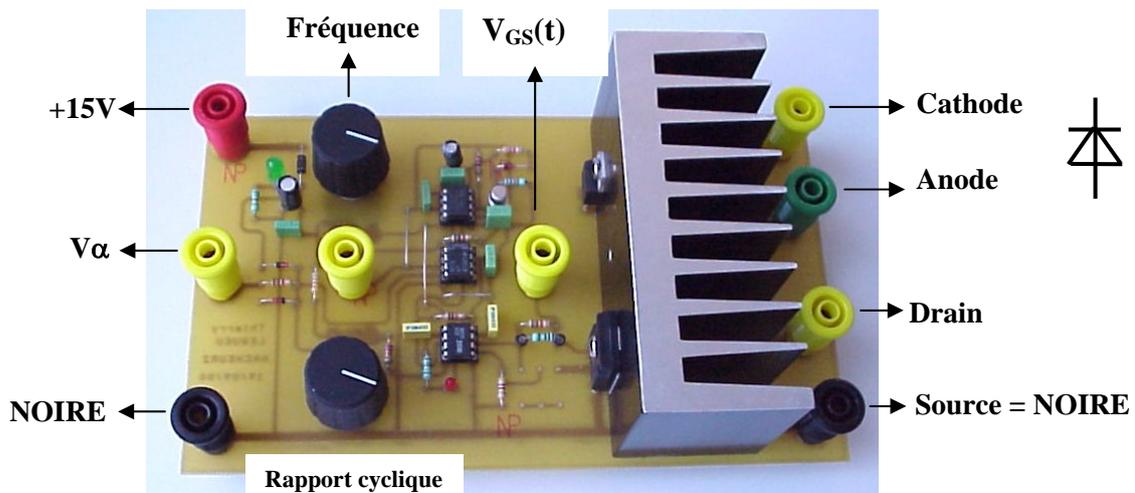


Figure 1.3. Commande M.L.I. du transistor MOSFET (images\hacheur2-11.jpg).

⚡ La masse NOIRE de la commande du transistor est reliée à un potentiel « flottant » (point de connexion de la source du transistor, de la cathode de la diode et de l'inductance)

1.3 Préparations

- Q1) Tracer, pour $\alpha = 0,25$: $(v_T ; i_T)$, $(v_L ; i_L)$ et $(v_D ; i_D)$ sur un même graphique, en correspondance, en prenant la commande du transistor comme référence de temps.
- Q2) Donner l'expression de $\langle v_s \rangle = V_s$, en fonction de α .
- Q3) Tracer la variation de l'ondulation du courant dans l'inductance ΔI_L en fonction de α .
- Q4) Donner l'expression de l'ondulation de la tension de sortie ΔV_s en fonction de α .
- Q5) Exprimer L en fonction des paramètres de la maquette.

1.4 Manipulations

1.4.1 *Mise en œuvre de la maquette*

- Régler la capacité de sortie à la valeur $C_s = 330 \mu\text{F} - 63 \text{ V}$.
- Placer un voltmètre MX579 pour mesurer la tension de sortie.
- Placer un ampèremètre MX579 pour mesurer le courant de sortie.
- Indiquer le type de montage (AVAL ou AMONT).
- La résistance de charge sera constituée par un rhéostat variable $R = 11 \Omega$ ou $12 \Omega - 9 \text{ A}$.
- Câbler le montage et régler l'alimentation sur $V_e = 0 \text{ V}$. **Faites vérifier votre câblage.**

1.4.2 *Etude du circuit de commande*

Nous faisons ici quelques relevés caractéristiques du fonctionnement de la commande.

- Q6)** Alimenter en +15V la carte de commande MLI du transistor. Visualiser la tension de grille du transistor MOSFET.
- Q7)** Mesurer la plage de variation de la fréquence.
- Q8)** Relever la caractéristique $\alpha = f(V\alpha)$.

1.4.3 *Etude du hacheur série avec un courant I_s fixe*

La fréquence de découpage sera réglée à $F \approx 20 \text{ kHz}$ et le rapport cyclique $\alpha = 0,25$. La tension d'entrée sera réglée à $V_e = +20\text{V}$. Ajuster R pour avoir $I_s \approx 1\text{A}$.

- Q9)** Pour $\alpha = 0,25$, relever en correspondance, les oscillogrammes de fonctionnement :
- $v_L(t)$ et $i_L(t)$;
 - $v_D(t)$ et $i_D(t)$ (mesurer les contraintes maximales en tension et en courant) ;
 - $v_T(t)$ et $i_T(t)$ (mesurer les contraintes maximales en tension et en courant).
- Q10)** En déduire une valeur approchée de l'inductance L.
- Q11)** Tracer la caractéristique statique $V_s = f(\alpha)$. Ajuster R pour garder $I_s = 1\text{A}$.
- Q12)** En déduire la valeur de α_0 pour avoir +5 V en sortie.

1.4.4 *Etude avec une charge variable*

- Q13)** Pour cette valeur α_0 , que l'on maintiendra constante, tracer la caractéristique $V_s = f(I_s)$ et mesurer V_e , I_e pour chaque point de la caractéristique, pour I_s variant de 0,1A à 1A.
- Q14)** Tracer l'évolution des pertes dans le hacheur et son rendement en fonction de I_s .
- Q15)** D'où proviennent les pertes dans le montage ?

1.4.5 *Etude du filtre de sortie*

La capacité est modifiée. Prendre une capacité $C = 2 \mu\text{F} - 400 \text{ V}$ de type X2 (faible ESR).

- Q16)** Pour le point de fonctionnement nominal $V_s = +5 \text{ V}$ et $I_s = 1 \text{ A}$, relever $v_C(t) = v_S(t)$ et $i_C(t)$ (courant dans le condensateur de sortie) sur une période.
- Q17)** Comparer la valeur de ΔV_S mesurée avec sa valeur théorique.
- Q18)** En déduire une valeur mesurée du condensateur de sortie C.

TP 2 - Hacheur DC/DC élévateur de type BOOST

2.1 Présentation

2.1.1 Introduction

Le hacheur étudié ici fait partie de la famille des convertisseurs continu/continu (figure 2.1). Il permet de produire une tension de sortie U_2 supérieure à la tension d'entrée U_1 .

Ce convertisseur est utilisé dans les alimentations à découpage quand la tension de sortie est toujours supérieure à la tension d'entrée.

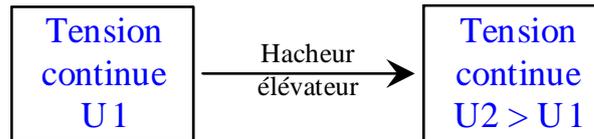


Figure 2.1. Hacheur parallèle (dessins\famille3.drw).

Il est utilisé dans les équipements portables alimentés par batterie (ordinateur, téléphone,...) pour produire des tensions continue +5V, +12V, +15V à partir des batteries 3V ou 6V. C'est aussi le convertisseur utilisé dans les P.F.C. (Power Factor Corrector), pour prélever un courant sinusoïdal sur le réseau.

C'est un convertisseur "simple", n'utilisant qu'un transistor, une diode et une inductance. La fréquence de découpage est en général comprise entre quelques dizaines de kHz (supérieure à 20 kHz, pour être inaudible par l'oreille humaine), avec des transistors bipolaires ou MOSFET, et quelques centaines de kHz, avec des transistors MOSFET. Plus la fréquence est élevée, plus la taille de l'inductance est réduite, ainsi que le condensateur de filtrage de la tension de sortie.

2.1.2 Objectifs du TP

- 4) Comprendre le fonctionnement en observant les signaux caractéristiques du montage et en les comparant aux résultats du TD sur le hacheur BOOST.
- 5) Etablir la fonction de transfert "statique" du convertisseur $\langle v_s \rangle = V_s = f(V_a)$.
- 6) Mesurer la résistance interne du générateur équivalent au convertisseur et son rendement.

2.1.3 Principe

Nous étudions ici un convertisseur DC-DC 24 V \rightarrow 50 V. Dans le cas d'une alimentation normale (batterie d'accumulateur ou transformateur + redresseur), la tension d'entrée est plus ou moins variable et peut comporter une ondulation (100 Hz si redressement du réseau 50 Hz).

Dans notre application, la tension d'entrée V_e est fournie par une alimentation stabilisée de laboratoire, réglée sur 24 V et capable de fournir 4 A.

Afin de fixer la nature de la source, un filtre Le-Ce doit être placé entre l'alimentation et l'entrée du convertisseur (nous prendrons ici $L_e = 1$ mH – 10 A et $C_e = 10\,000$ μ F – 40 V).

2.2 Schéma du convertisseur

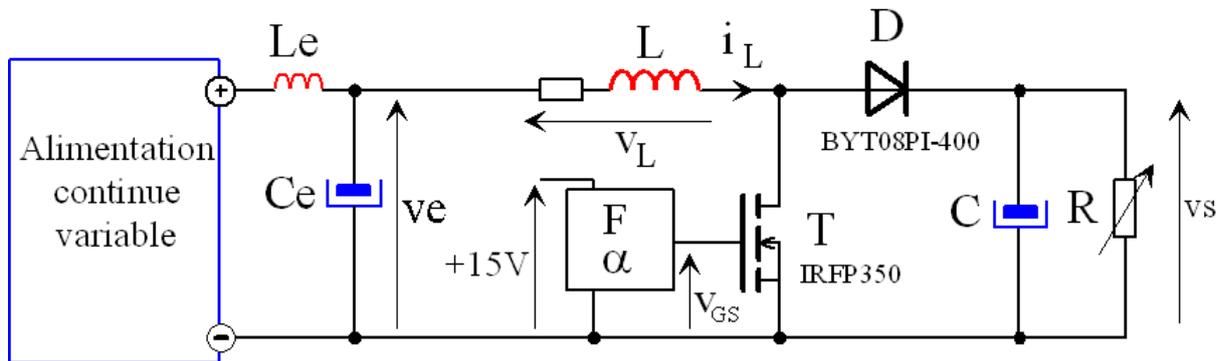


Figure 2.2. Structure générale du hacheur parallèle (dessins\boost2b.drw).

Le bloc (F, α) génère le signal MLI de commande du transistor MOSFET. Le transistor T est fermé (ON) pour $t \in [0 ; \alpha T]$ et ouvert (OFF) pour $t \in [\alpha T ; T]$.

La fréquence de découpage est réglable par un potentiomètre sur la maquette. Le rapport cyclique α peut être modifié par un potentiomètre ou par une tension externe $V\alpha$.

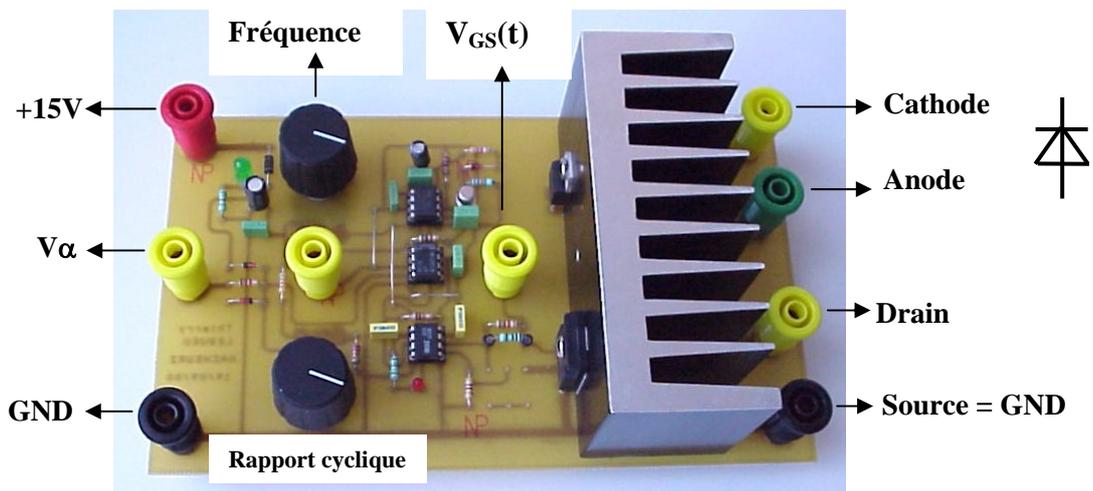


Figure 2.3. Commande M.L.I. du transistor MOSFET (images\hacheur2-11.jpg).

2.3 Note sur l'influence des résistances du montage

[LIVRE122], FERRIEUX - FOREST, chapitre II, §1.6, page 45.

De façon théorique, la tension de sortie est donnée par :

$$\langle v_s \rangle = V_s = +V_e \cdot \frac{1}{1-\alpha} = h_1(\alpha) \quad (2.1)$$

On cherche l'influence de la résistance de l'inductance L, notée R_L , sur la valeur moyenne de la tension de sortie. On notera R la valeur de la résistance de charge $R = R_{\text{charge}} = R_1/R_0$.

En valeur moyenne, la tension d'entrée V_e est diminuée de la quantité $R_L \cdot I_e$, avec I_e le courant moyen d'entrée. Le courant moyen dans l'inductance vaut :

$$\langle i_L \rangle = I_L = I_e \approx \frac{I_s}{1-\alpha} \text{ avec } I_s = \frac{V_s}{R} \quad (2.2)$$

La loi des mailles en entrée, $v_e(t) = R_L \cdot i_e(t) + v_L(t) + v_T(t)$, donne en valeur moyenne :

$$V_e = R_L \cdot I_e + V_T, \text{ avec } \langle v_T \rangle = V_T = (1 - \alpha) \cdot V_s \quad (2.3)$$

On obtient alors $V_e = \frac{R_L}{R \cdot (1 - \alpha)} V_s + (1 - \alpha) \cdot V_s$, soit :

$$V_s = V_e \cdot \frac{1}{(1 - \alpha) \cdot \left[1 + \frac{R_L}{R} \cdot \frac{1}{(1 - \alpha)^2} \right]} = h_2(\alpha) \quad (2.4)$$

Cette fonction n'est pas continûment croissante, mais atteint son maximum pour $\alpha_{\max} = 1 - \sqrt{\frac{R_L}{R}}$,

maximum qui vaut $y_{\max} = \left[\frac{V_s}{V_e} \right]_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R}{R_L}}$.

Le gain en tension retombe alors rapidement à zéro, ce qui montre l'impossibilité d'obtenir des rapports d'élévation quelconques.

2.4 Préparations

- Q1)** Tracer, pour $\alpha = 0,6$: $(v_T ; i_T)$, $(v_L ; i_L)$ et $(v_D ; i_D)$ sur un même graphique, en correspondance, en prenant la commande du transistor comme référence de temps.
- Q2)** Donner l'expression de $\langle v_s \rangle = V_s$ en fonction de α . Tracer sur une feuille millimétrée $V_s = h_1(\alpha)$ théorique. On prendra comme échelle pour α , $1 \rightarrow 20\text{cm}$, et pour V_s , $90\text{V} \rightarrow 18\text{cm}$.
- Q3)** Tracer sur ce graphe $V_s = h_2(\alpha)$ si l'on tient compte de $R_L = 1,65 \Omega$ et $R = 50 \Omega$.
- Q4)** Donner l'expression de l'ondulation du courant dans l'inductance ΔI_L .
- Q5)** Exprimer L en fonction des paramètres de la maquette.
- Q6)** Donner l'expression de l'ondulation de la tension de sortie ΔV_s .

2.5 Manipulations

2.5.1 Mise en œuvre de la maquette

Le principal danger de ce TP réside dans le fait que la tension de sortie peut **ETRE TRÈS ELEVÉE** (en théorie infinie !) lorsque α tends vers 1.

 : Il est rappelé qu'une tension supérieure à 24 V est dangereuse pour l'être humain.

Différentes précautions sont à prendre pour travailler en toute sécurité :

- Régler la capacité de sortie à la valeur $C_s = 330 \mu\text{F} - 100 \text{V}$.
- Placer un voltmètre MX579 pour mesurer la tension de sortie, qui ne devra pas dépasser la tension maximale de la capacité de sortie.
- Placer un ampèremètre MX579 pour mesurer le courant de sortie.
- Régler le courant de court-circuit de l'alimentation à $I_{e_{\max}} = 4 \text{A}$.
- La résistance de charge sera constituée par une résistance fixe $R_0 = 325 \Omega - 1,9 \text{A}$ en parallèle avec une résistance variable $R_1 = 325 \Omega$.

- La puissance maximale délivrée par la source est $P_{\max} = 24 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 96 \text{ W}$. Si cette puissance est transmise intégralement à R_0 seule, la tension de sortie sera $V_{S_{\max}} = \sqrt{P_{\max} \times R_0} \approx 176 \text{ V}$!
- Câbler le montage et régler l'alimentation sur $V_e = 0 \text{ V}$. **Faites vérifier votre câblage.**

2.5.2 Etude du circuit de commande

Nous faisons ici quelques relevés caractéristiques du fonctionnement de la commande.

- Q7)** Alimenter en +15V la carte de commande MLI du transistor. Visualiser la tension de grille du transistor MOSFET. Mesurer la tension correspondant au palier $V_{GS_{TH}}$.
- Q8)** Mesurer la plage de variation de la fréquence.
- Q9)** Régler le rapport cyclique à $\alpha = 0,60$.

2.5.3 Etude du hacheur parallèle avec une charge fixe

La fréquence de découpage sera réglée à $F = 20 \text{ kHz}$. Le rapport cyclique est réglé à $\alpha = 0,60$ pour une tension d'entrée $V_e = +24 \text{ V}$. Ajuster R_1 pour avoir $R = R_1/R_0 = 50 \Omega$, avec $R_0 = 325 \Omega$.

- Q10)** Pour $\alpha = 0,60$, relever en correspondance, les oscillogrammes de fonctionnement :
 - $v_L(t)$ et $i_L(t)$;
 - $v_D(t)$ et $i_D(t)$ (mesurer les contraintes maximales en tension et en courant) ;
 - $v_T(t)$ et $i_T(t)$ (mesurer les contraintes maximales en tension et en courant).
- Q11)** En déduire une valeur approchée de l'inductance L .
- Q12)** Tracer la caractéristique statique $V_s = f(\alpha)$ sur même feuille que la courbe théorique. Mesurer précisément le point de fonctionnement avant la saturation en courant de l'alimentation $I_{e_{\max}} = 4 \text{ A}$.
- Q13)** En déduire la valeur de α_0 pour avoir 50 V en sortie.

2.5.4 Etude avec une charge variable

- Q14)** Pour cette valeur α_0 , que l'on maintiendra constante, tracer la caractéristique $V_s = f(I_s)$, pour R_1 variant de l'infini ($R = R_0$) à R_1 correspondant à la saturation en courant de l'alimentation. **Mesurer V_e , I_e** pour chaque point de la caractéristique.
- Q15)** Tracer l'évolution des pertes dans le hacheur et son rendement en fonction de I_s .
- Q16)** D'où proviennent les pertes dans le montage ?

2.5.5 Etude du filtre de sortie

La capacité est modifiée. Prendre une capacité $C = 2 \mu\text{F} - 400 \text{ V}$ de type X2 (faible ESR).

- Q17)** Pour le point de fonctionnement nominal $V_s = 50 \text{ V}$ et $I_s = 1 \text{ A}$, relever $v_C(t) = v_s(t)$ et $i_C(t)$ (courant dans le condensateur de sortie) sur une période.
- Q18)** Comparer la valeur de ΔV_s mesurée avec sa valeur théorique.
- Q19)** En déduire une valeur mesurée du condensateur de sortie C .

TP 3 - Simulation avec Simcad PSIM demo version 5.0

3.1 Etude du hacheur inverseur de type Buck-Boost

Le schéma du hacheur inverseur de type Buck-Boost est donné à la figure 3.1. Les éléments K_1 (le transistor) et K_2 (la diode) sont considérés comme étant parfait. La valeur moyenne de la tension de sortie v_s est égale à V_s .

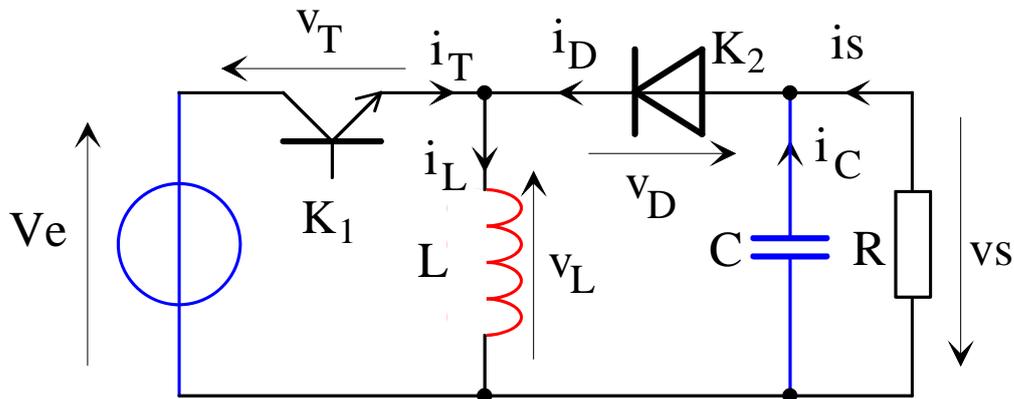


Figure 3.1. Hacheur inverseur DC-DC de type Buck-Boost (dessins\buckboo1.drw).

Les valeurs numériques correspondent à un montage fournissant une tension de sortie $-V_s = +15\text{ V}$ à partir d'une alimentation $V_e = +24\text{ V}$. La résistance correspond à la charge maximale $I_s = 500\text{ mA}$. La fréquence de découpage vaut $F = 20\text{ kHz}$. L'inductance vaut $L = 470\text{ }\mu\text{H}$.

3.1.1 Préparation du hacheur Buck-Boost

ATTENTION : le compte rendu est à rendre en fichier PDF à la fin de la séance.

La préparation est à faire avec un traitement de texte et sera rendu avec le TP.

Les résultats numériques seront fournis en notation ingénieur avec 3 chiffres significatifs.

On se place en régime permanent.

- Q1) Calculer la valeur de la résistance de charge R.
- Q2) Calculer la valeur du rapport cyclique α (avec 4 chiffres significatif), sachant que $V_s = V_e \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}$.
- Q3) Calculer l'ondulation du courant dans l'inductance.
- Q4) Donner l'expression théorique des contraintes en courant et en tension du transistor et de la diode. Les calculer.
- Q5) Calculer la valeur du condensateur pour avoir une ondulation de la tension aux bornes de la charge égale à 0,1%, 1% et 10% de la valeur moyenne de la tension V_s .

Dans la version de démonstration du logiciel de simulation Simcad PSIM, le nombre de points est limité à 6000.

- Q6) Pour un pas de simulation de 100, 10 et 1 ns, calculer le nombre de points par période ainsi que le nombre de périodes simulées.
- Q7) Calculer le pas de simulation pour avoir une durée simulée de 3 périodes de découpage.

3.1.2 Simulation du Buck-Boost – Etude du régime transitoire

Ouvrir le fichier « Buck-Boost0.sch » et le sauvegarder sous « Buck-Boost1.sch ». Exécuter la simulation pour vérifier le bon fonctionnement du schéma.

- Q8)** Régler la valeur des composants ainsi que les paramètres de simulation. Exécuter la simulation.
- Q9)** Pour les 3 valeurs de condensateur, visualiser le courant dans l'inductance et la tension de sortie. Commenter.

3.1.3 Simulation du Buck-Boost – Etude du régime permanent

Afin d'étudier le régime permanent pour la plus petite valeur du condensateur, on effectue une simulation sur un grand nombre de périodes de découpage et on ne conserve que les 3 dernières : le « Total time » vaut $T_x + 150 \mu s$ et le « Print time » vaut $T_x m$).

- Q10)** Mesurer la valeur crête I_{Lmax} du courant dans l'inductance, ainsi que l'ondulation ΔI_L .
- Q11)** Comparer ΔI_L à la valeur donnée dans l'étude théorique.
- Q12)** Mesurer la valeur moyenne de la tension de sortie V_s , ainsi que l'ondulation ΔV_s .
- Q13)** Comparer ΔV_s à la valeur donnée dans l'étude théorique.
- Q14)** Mesurer les contraintes en tension et en courant du transistor.
- Q15)** Comparer ces contraintes aux valeurs données en théorie.
- Q16)** Mesurer les contraintes en tension et en courant de la diode.
- Q17)** Comparer ces contraintes aux valeurs données en théorie.

3.2 Etude de l'alimentation FLYBACK

Le schéma de l'alimentation FLYBACK est donné à la figure 3.2.. Les valeurs numériques sont données dans le paragraphe 3.6 Caractéristiques de la maquette AD60 FLYBACK.

3.3 Caractéristiques de la maquette AD60 FLYBACK

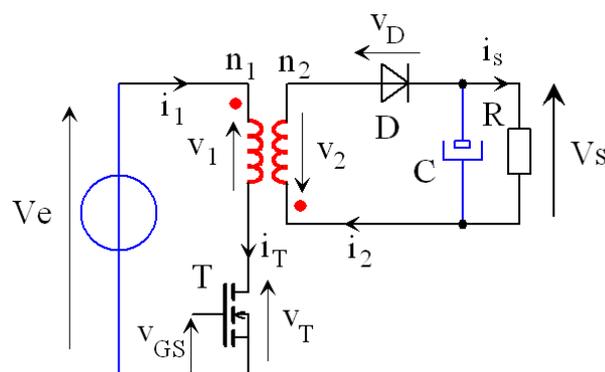


Figure 3.2. Schéma de principe de l'alimentation FLYBACK (dessins\flyback7.drw).

Le rapport cyclique est fixé à $\alpha = 0,2$. La tension d'entrée vaut $V_e = 30 V$ et la résistance correspond à la charge maximale (R maximum pour la conduction discontinue et R minimum pour la conduction continue). Les nombres de spires n_1 et n_2 sont égaux.

Le condensateur de sortie est réduit à la valeur $C = 10 \mu F$. La fréquence de découpage vaut $F = 40 kHz$.

3.3.1 Préparation de l'alimentation FLYBACK

- Q18)** La durée de fermeture du transistor αT est programmée en angle. Calculer l'angle de conduction en degrés pour $\alpha = 0,2$ (une période = 360°).
- Q19)** Calculer la période de découpage T . Pour un pas de simulation de 10 ns, calculer le nombre maximum de périodes simulées et la durée simulée correspondante.
- Q20)** On souhaite faire une simulation d'une durée de 600 μs , avec un pas de simulation de 10ns. Quelle valeur doit prendre « Print Step », pour ne conserver que 6000 points ?
- Q21)** En régime discontinu, la tension de sortie est donnée par $V_s = \frac{\alpha^2 \cdot m^2 V_e^2}{2 \cdot L_2 \cdot F \cdot I_s}$. Avec $\alpha = 0,2$ et $R = 50 \Omega$, calculer la valeur de V_s .
- Q22)** Avec $R = 5 \Omega$, l'alimentation fonctionne en régime de conduction continue. Calculer alors la valeur moyenne de la tension de sortie.
- Q23)** Calculer le courant maximum dans le transistor, l'ondulation du courant magnétisant et l'ondulation de la tension de sortie.

3.3.2 Simulation en régime discontinu

- Q24)** Ouvrir le fichier « Flyback0.sch » et le sauvegarder sous « Flyback1.sch ». Exécuter la simulation pour vérifier le bon fonctionnement du schéma.
- Q25)** Régler la valeur des composants ainsi que les paramètres de simulation.
- Q26)** Visualiser le courant dans le transistor, le courant dans la diode et la tension de sortie. Commenter.
- Q27)** Mesurer le courant maximum dans le transistor et l'ondulation de la tension de sortie. Comparer avec les valeurs théoriques

3.3.3 Simulation en régime continu

- Q28)** Ouvrir le fichier « Flyback1.sch » et le sauvegarder sous « Flyback2.sch ». La résistance de sortie vaut $R = 5 \Omega$. Initialiser la tension du condensateur de sortie à la valeur calculée lors de la préparation.
- Q29)** Exécuter la simulation pour avoir le régime permanent. Mettre l'option « Save Flag » à 1 pour enregistrer l'état du circuit à la fin de la simulation (courants, tensions...).
- Q30)** Modifier les paramètres de simulation pour faire une étude sur deux périodes en régime permanent. Pour cela, mettre l'option « Load Flag » à 1 pour recharger l'état du circuit à partir de la simulation précédente.
- Q31)** Visualiser le courant dans le transistor, le courant dans la diode et la tension de sortie. Commenter.
- Q32)** Mesurer le courant maximum dans le transistor, l'ondulation du courant magnétisant et l'ondulation de la tension de sortie. Comparer avec les valeurs théoriques.

3.4 Le logiciel Simcad PSIM demo version 5.0

3.4.1 Configuration de la simulation

Time Step : pas d'échantillonnage de la simulation.

Total Time : durée de la simulation.

Print Time : instant de début de l'enregistrement.

Print Step : nombre de points enregistrés. Si « Print Step = 10 », alors le programme n'enregistre qu'un point sur 10.

Load Flag : recharge l'état d'une simulation précédente comme condition initiale.

Save Flag : sauvegarde l'état du circuit à la fin de la simulation.

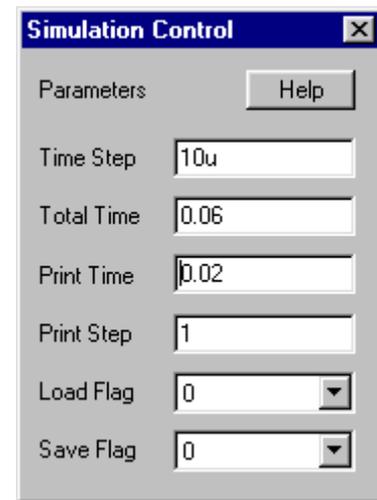


Figure 3.3. Fenêtre « Simulation Control » de Simcad PSIM demo version 5.0.

3.4.2 Le transformateur TF_1F_1

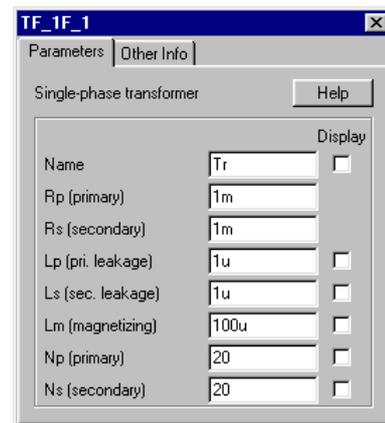
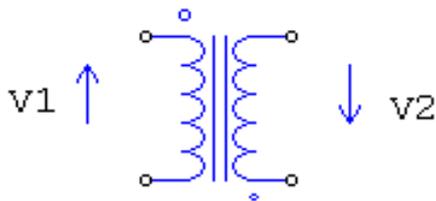


Figure 3.4. Le transformateur TF_1F_1 de Simcad PSIM demo version 5.0.

Le modèle de transformateur utilisé dans Simcad PSIM est un modèle complet sans la résistance R_F modélisant les pertes fer dans le circuit magnétique.

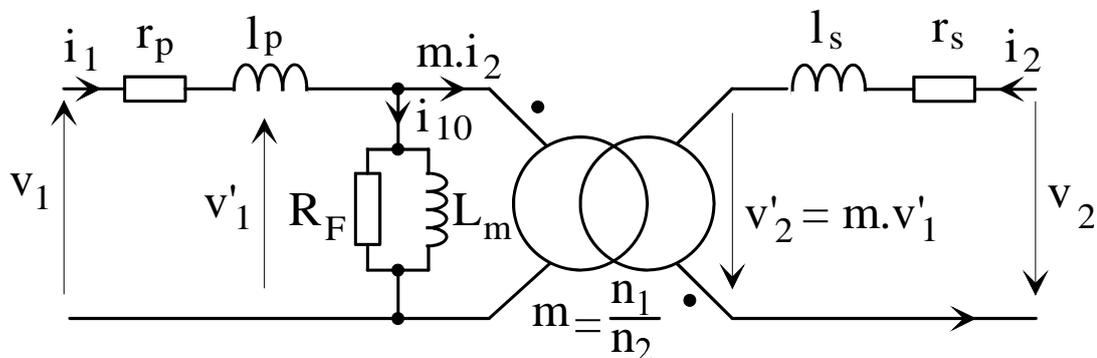


Figure 3.5. Schéma équivalent complet (dessins\transf04.drw).

3.5 Alimentation à découpage de type FLYBACK

3.5.1 Présentation

Les alimentations à découpage à isolation galvanique représentent une part de plus en plus importante des conversions DC/DC de l'électronique de puissance grand public. Souvent utilisées comme sources d'alimentations d'équipements informatiques, elles assurent, grâce à leurs transformateurs, une adaptation de la tension de sortie et une isolation galvanique garantissant la sécurité des utilisateurs. Fonctionnant à des fréquences élevées, elles permettent de minimiser la taille des éléments passifs (transformateurs et filtres) du montage entraînant une réduction des coûts tout en atteignant des rendements élevés ($\eta > 80\%$). Suivant les besoins de l'application, deux familles d'alimentations sont utilisées, la structure FLYBACK ou la structure FORWARD.

3.5.2 Utilisation de l'alimentation à découpage AD 6035

Alimentation à découpage AD 6035 de la société ADELIS.

Alimentation de laboratoire 0 – 30 V, utilisée en alimentation simple.

Rhéostat de charge 106 Ω – 3,5 A pour l'étude de la démagnétisation complète.

Rhéostat de charge 11,5 Ω – 10 A pour l'étude de la démagnétisation incomplète.

Voltmètre, Ampèremètre (Calibre 5 ou 10 A si étude de la démagnétisation incomplète).

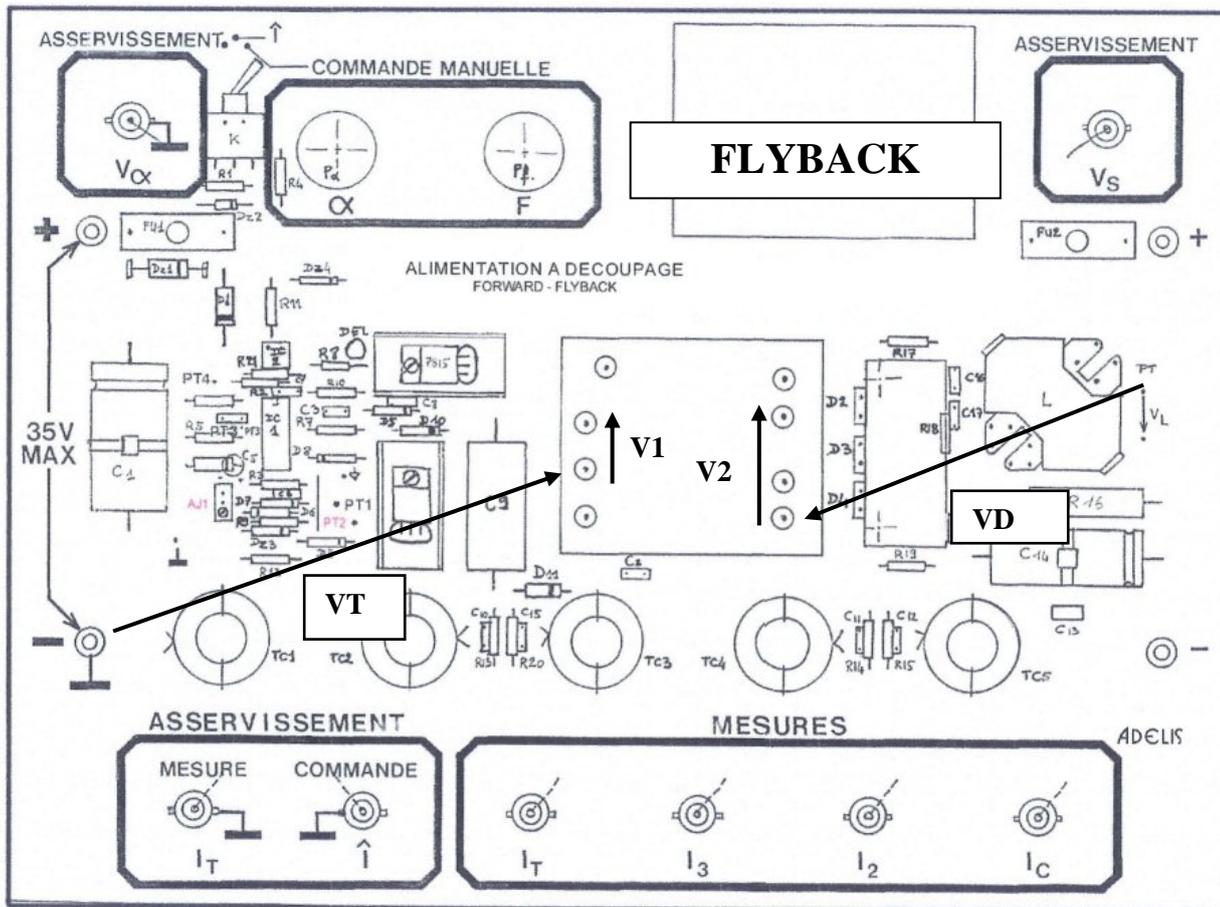


Figure 3.6. Vue d'ensemble de la maquette AD60 en configuration FLYBACK.

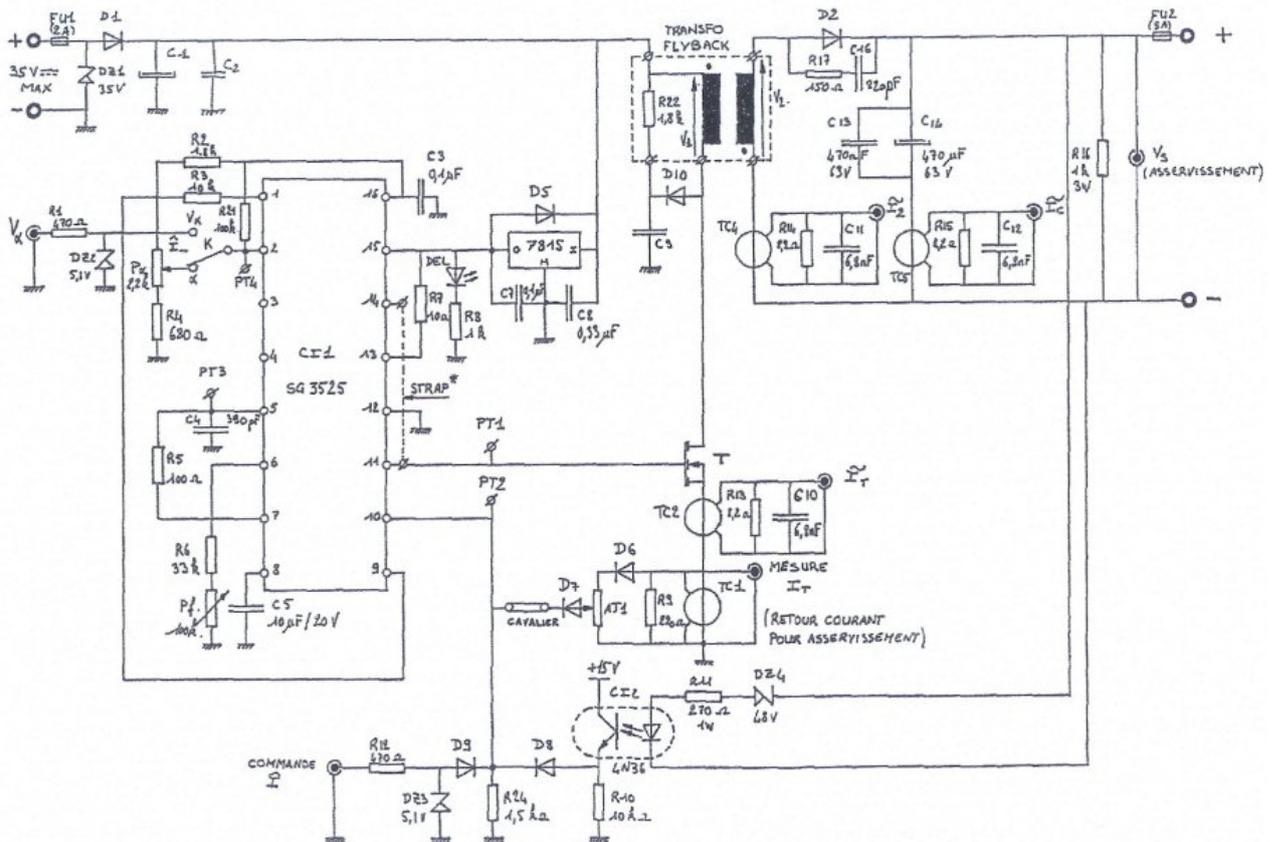
3.5.3 Précautions à prendre

Pour visualiser plusieurs tensions simultanément, il faut impérativement que celles-ci aient un point commun (la masse de l'oscilloscope).

La mesure des courants s'effectue par tore (transformateur) : il n'y a donc pas de composante continue en sortie. On obtient la transformation suivante : 0,1 V/A.

La fréquence de découpage se règle à l'aide du bouton "F".

3.5.4 Schéma complet – Alimentation FLYBACK AD60



3.6 Caractéristiques de la maquette AD60 FLYBACK

3.6.1 Caractéristiques du circuit magnétique FLYBACK

Pot RM14 en ferrite N41

Section effective du noyau : $A_e = 200 \text{ mm}^2$.

Longueur moyenne de la ligne de champ : 70mm

Perméabilité effective : $\mu_e = 70$.

Entrefer $e \approx 1 \text{ mm}$

Perméance (1/Reluctance) $A_L = 250\text{nH} \pm 3\%$

3.6.2 Caractéristiques de l'inductance couplée

Nombre de spires primaires $N_1 : 20$

Nombre de spires secondaires $N_2 : 20$

Inductance propre primaire $L_p (N_1^2 A_L) : 100\mu\text{H}$ (théorique)

100,5 μH mesurée à 1kHz

Inductance propre secondaire $L_s (N_2^2 A_L) : 100\mu\text{H}$ (théorique)

105,6 μH mesurée à 1kHz

Résistance de l'enroulement primaire $R_p : 0,105\Omega$

Résistance secondaire $R_s : 0,95\Omega$

3.6.3 Caractéristiques des transformateurs d'intensité

Les transformateurs d'intensité sont réalisés à partir d'un tore en ferrite sur lequel sont bobinés les enroulements primaire et secondaire et chargé par une résistance. Ces transformateurs permettent de visualiser les différents courants à l'oscilloscope.

Les composantes continues des courants sont supprimées.

Nombre de spires primaires $N_1 = 1$

Nombre de spires secondaires $N_2 = 82$

Rapport de transformation $m = 82$

Résistance de charge : $8,2\Omega$ **Calibre lecture : 0,1V/A**

3.6.4 Points de mesure des courants délivrant 0,1V/A sur prises BNC

I_T : Mesure du courant primaire (courant du transistor)

I_2 : Mesure du courant secondaire

I_3 : Mesure du courant dans l'enroulement de démagnétisation en Forward

I_c : Mesure du courant dans le condensateur de sortie.

3.6.5 Points-tests sur la carte pour la mesure des tensions

V_s : Mesure de la tension de sortie, sur prise BNC

V_L : Mesure de la tension aux bornes de l'inductance de sortie en Forward,

Pt_1 : Mesure de la tension de grille du transistor V_{gs}

Pt_2 : Mesure de la tension de contrôle du courant (broche 10 du 3525)

Pt_3 : Mesure de la dent de scie (broche 5 du 3525)

Pt_4 : Mesure de la tension de commande (broche 2 du 3525).

3.6.6 Prises de mesure sur les enroulements des transformateurs

V_1 : Mesure de la tension au primaire.

V_2 : Mesure de la tension au secondaire.

3.6.7 Prises BNC pour l'asservissement

Une deuxième sortie sur BNC de I_T (image du courant dans le transistor) et une entrée sur BNC de contrôle du courant I_T , permettent d'envisager l'asservissement des deux types d'alimentation.