

IUT GEII - DUT 2

TRAVAUX PRATIQUES D'AUTOMATIQUE

ASSERVISSEMENT EN TENSION D'UN HACHEUR SÉRIE

Nous nous intéresserons dans ce TP à l'asservissement en tension d'un hacheur série. Les structures internes des hacheurs seront étudiées dans le module Énergie du semestre 3. Pour mémoire, un hacheur permet de réaliser une conversion DC/DC. Il s'agit d'un TP de simulations, celles-ci seront réalisées à l'aide du logiciel PSIM (version de demo téléchargeable à l'adresse suivante : <http://powersimtech.com/download-demo/>). A l'issue de ce TP, les compétences suivantes devront être maîtrisées :

1. Savoir identifier un système du premier ordre
 - Gain statique : K
 - Constante de temps : τ
2. Réaliser un asservissement complet en tension
3. Calculer un correcteur pour répondre à un cahier des charges
 - Correcteur proportionnel
 - Correcteur proportionnel intégral
4. Savoir utiliser le logiciel PSIM

1 Hacheur série

Un hacheur série permet de réaliser une conversion DC/DC en abaissant le niveau de tension d'entrée (FIGURE 1). A tension d'entrée constante, la grandeur de commande (V_{cmde}) permet de régler la tension de sortie.

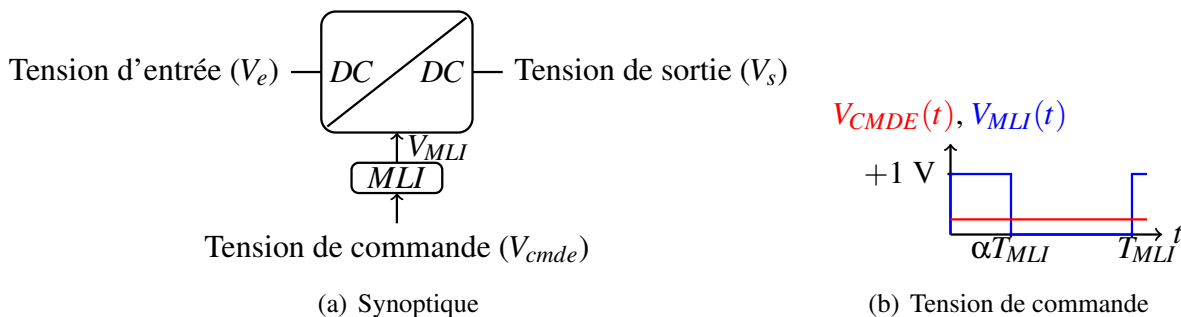


FIGURE 1 – Hacheur Série

Le rapport cyclique (α) de la tension MLI est directement proportionnel à la valeur de la tension de commande. En fonctionnement normal, la tension de sortie est proportionnelle à la tension d'entrée :

$$V_s = \alpha \times V_e \quad (1)$$

Un automaticien verra donc un hacheur série comme un système linéaire de fonction de transfert $F(p)$ avec une grandeur de commande (V_{cmde}) et une grandeur physique de sortie à asservir : la tension V_s .

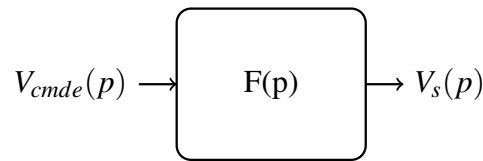


FIGURE 2 – Hacheur Série

2 Logiciel de simulation PSIM

PSIM (Power Simulation) est un logiciel de simulation destiné à l'Électronique de Puissance et à l'Électrotechnique. Il permet non seulement de simuler le comportement électrique de systèmes de puissance mais aussi de réaliser les asservissements nécessaires au contrôle de ces systèmes. Un exemple de schéma PSIM vous est présenté à la FIGURE 3.

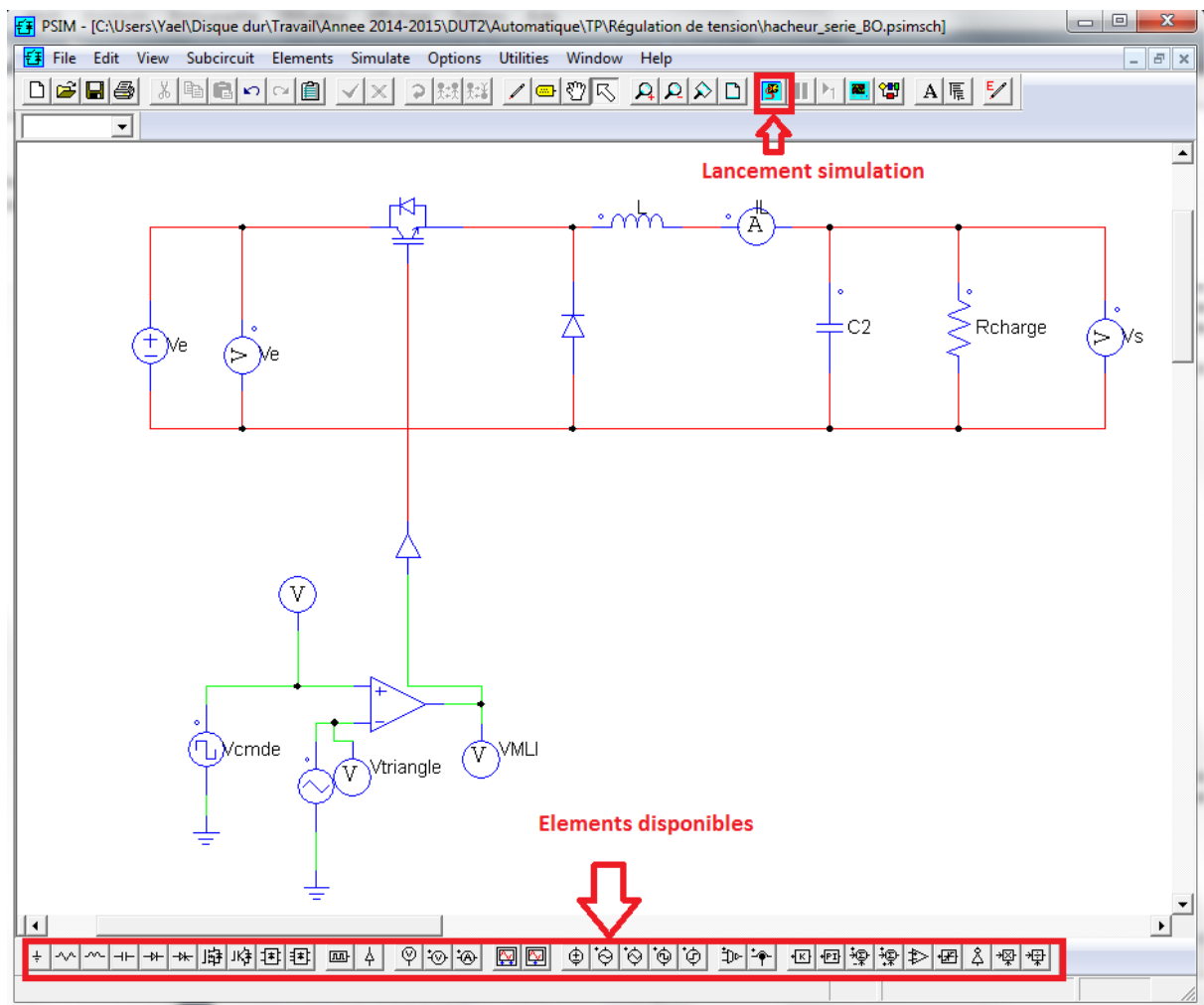


FIGURE 3 – Fenêtre PSIM : Hacheur série représenté

Pour représenter un circuit électrique, il suffit de placer les éléments sur la feuille et de les relier entre eux.

3 Hacheur série en boucle ouverte

Les valeurs des différents composants sont données TABLE 1 :

Composant	Valeur	Unité
L	4	mH
C	3	μF
R	2	Ω
V_e	10	V

TABLE 1 – Valeur des composants

Vous utiliserez une diode ainsi qu'un transistor IGBT pour les interrupteurs statiques.

1. Réaliser le circuit de puissance (voir FIGURE 4). N'oubliez pas de mesurer les tensions d'entrée et de sortie à l'aide de voltmètres.

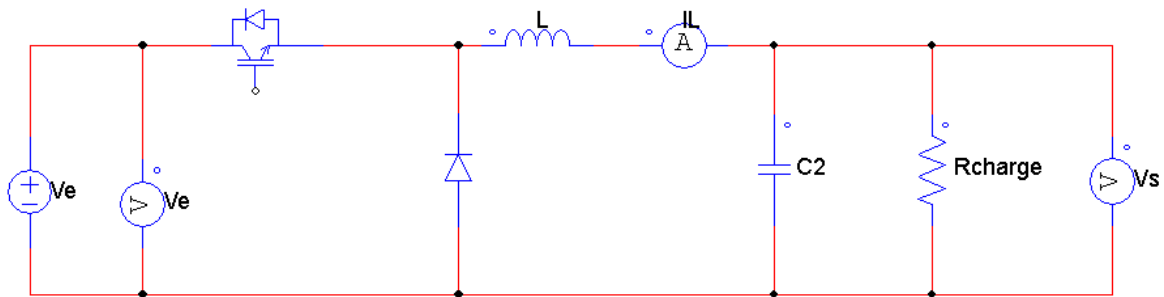


FIGURE 4 – Hacheur série : partie puissance

2. Une fois la partie puissance réalisée, réaliser le circuit de commande : il s'agit de réaliser une commande MLI pour piloter le transistor. Vous respecterez les caractéristiques suivantes :

Signal	Caractéristiques
V_{cmde}	Tension comprise entre 0 et 1 V (constante si un rapport cyclique constant est souhaité)
$V_{triangle}$	Tension triangle de fréquence $f_{MLI} = 10000Hz$, de rapport cyclique 0,5, compris entre 0 et 1V

Le signal MLI est simplement réalisé par la comparaison du signal V_{cmde} et du signal triangle. Le circuit de commande est présenté FIGURE 5.

3. Relier alors les circuits de puissance et de commande et réaliser alors une première simulation (par exemple pour une valeur de tension de commande constante et égale à 0,5). Vous observerez l'ensemble des signaux et vérifierez que tout est logique. Combien vaut la tension de sortie V_s ? Combien vaut le rapport cyclique de la tension de commande ?

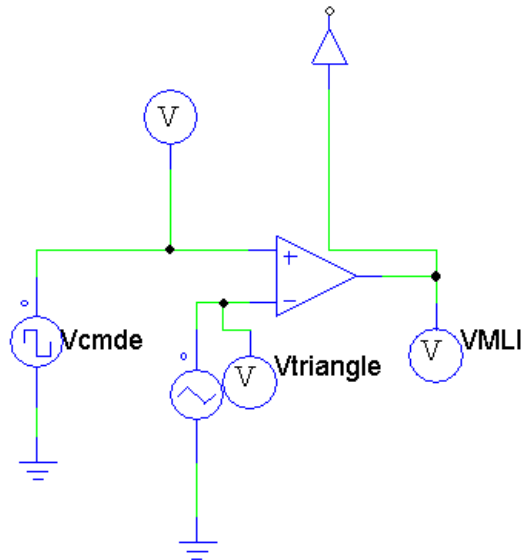


FIGURE 5 – Hacheur série : partie commande

4 Identification de la fonction de transfert $F(p)$

1. Afin d'identifier le système, nous allons exciter celui-ci avec un essai indiciel sur la tension de commande (V_{cmde}). Pour cela, envoyer un signal échelon ($DC\ offset = 0,5V$ et $V_{peak-to-peak} = 0,1V$). Attention au choix de la fréquence !
2. Simuler le comportement du système et observer les tensions de commande (V_{cmde}) et de sortie (V_s).
3. S'agit-il d'un système du premier ordre ?
4. Identifier alors $F(p)$ (déterminer les valeurs du gain statique K et de la constante de temps τ). Pour l'identification, vous négligerez la légère ondulation de la tension de sortie.

5 Boucle Fermée

Avant d'envisager l'utilisation d'un correcteur, nous allons simplement contre-réactionner le système, conformément à la FIGURE 9.

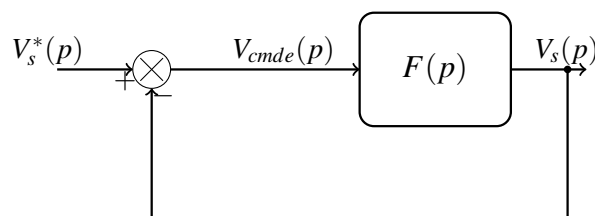


FIGURE 6 – Boucle fermée

1. Déterminer l'expression théorique de la fonction de transfert en boucle fermée :

$$FTBF(p) = \frac{V_s(p)}{V_s^*(p)} = \frac{K_{BF}}{1 + \tau_{BF} \times p}$$

Identifier les constantes τ_{BF} et K_{BF} .

2. Simuler alors le système en boucle fermée à l'aide de PSIM. Attention, il vous faut désormais mesurer la tension V_s à l'aide d'un capteur ("Voltage Sensor"). Observer les tensions V_s^* et V_s .
3. Les résultats sont-ils logiques ? Justifier votre réponse.
4. Quels sont les avantages d'une boucle fermée ?

6 Correction proportionnelle

Le cahier des charges nous impose une constante de temps en boucle fermée (τ_{BF}) de 0,1 ms. Pour cela, on se propose d'insérer dans la boucle fermée un correcteur proportionnel : $C(p) = G$ (cf. FIGURE 10).

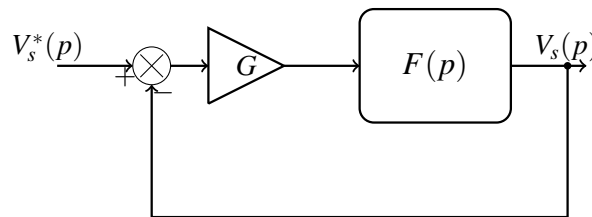


FIGURE 7 – Correction proportionnelle

1. Déterminer l'expression théorique de la nouvelle fonction de transfert en boucle fermée :

$$FTBF(p) = \frac{V_s(p)}{V_s^*(p)} = \frac{K_{BFp}}{1 + \tau_{BFp} \times p}$$

Identifier les constantes τ_{BFp} et K_{BFp} .

2. Déterminer la valeur du gain G du correcteur afin de répondre au cahier des charges.
3. Simuler alors cette nouvelle boucle fermée (n'oubliez pas le correcteur !) et validez le dimensionnement réalisé.
4. Existe-t-il une erreur en régime permanent (ϵ_∞) entre la tension de consigne (V_s^*) et la tension réelle de sortie (V_s) ?

7 Correction proportionnelle intégrale

Un nouveau cahier des charges nous impose une erreur nulle en régime permanent (précision parfaite ($\epsilon_\infty = 0$)). De plus, nous souhaitons conserver les caractéristiques dynamiques précédentes (constante de temps en boucle fermée de 0,1 ms). Pour cela, nous nous proposons d'utiliser un correcteur proportionnel intégral : $C(p) = K_{PI} \times \frac{1 + \tau_{PI} \times p}{\tau_{PI} \times p}$ (cf. FIGURE 8).

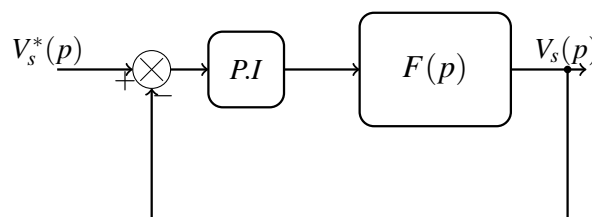


FIGURE 8 – Correction proportionnelle intégrale

Nous utiliserons aujourd'hui la méthode de la compensation de pôles, à savoir que la constante de temps du correcteur est choisie égale à la constante de temps du système en boucle ouverte :

$$\tau_{PI} = \tau$$

1. Déterminer l'expression théorique de la fonction de transfert en boucle fermée (celle-ci devient très simple !):

$$FTBF(p) = \frac{V_s(p)}{V_s^*(p)} = \frac{K_{BFPI}}{1 + \tau_{BFPI} \times p}$$

2. Déterminer la valeur de K_{PI} afin de répondre aux objectifs de rapidité de la boucle.
3. Simuler alors le nouveau comportement du système en boucle fermée et valider votre solution.
4. Que devient l'erreur en régime permanent ?

8 Conclusion

Synthétiser les connaissances acquises lors de ce TP :

- Intérêt de la boucle fermée
- Intérêt de la correction proportionnelle
- Intérêt de la correction proportionnelle intégrale

9 Annexes

9.1 Schéma PSIM en boucle fermée

Le hacheur série en boucle fermée est représenté à la FIGURE 9.

9.2 Schéma PSIM en boucle fermée avec correction proportionnelle

Le hacheur série en boucle fermée avec correction proportionnelle est représenté à la FIGURE 10. Pour le correcteur PI, il suffit de changer le correcteur.

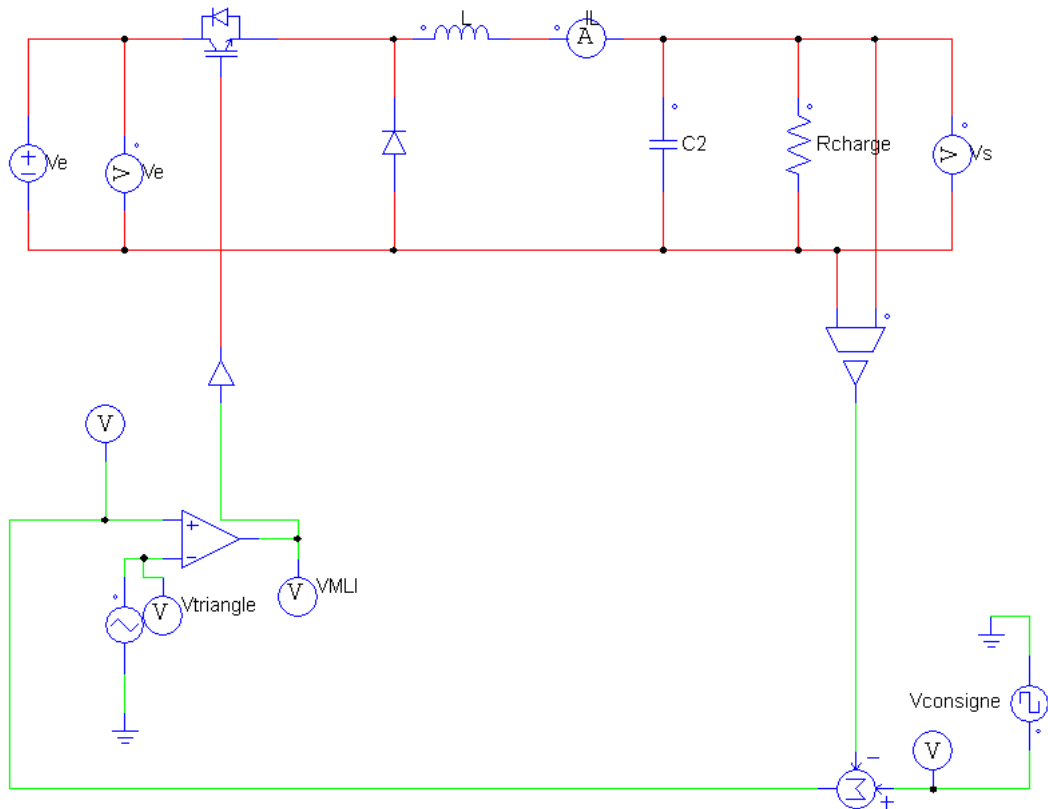


FIGURE 9 – Shéma PSIM de la boucle fermée

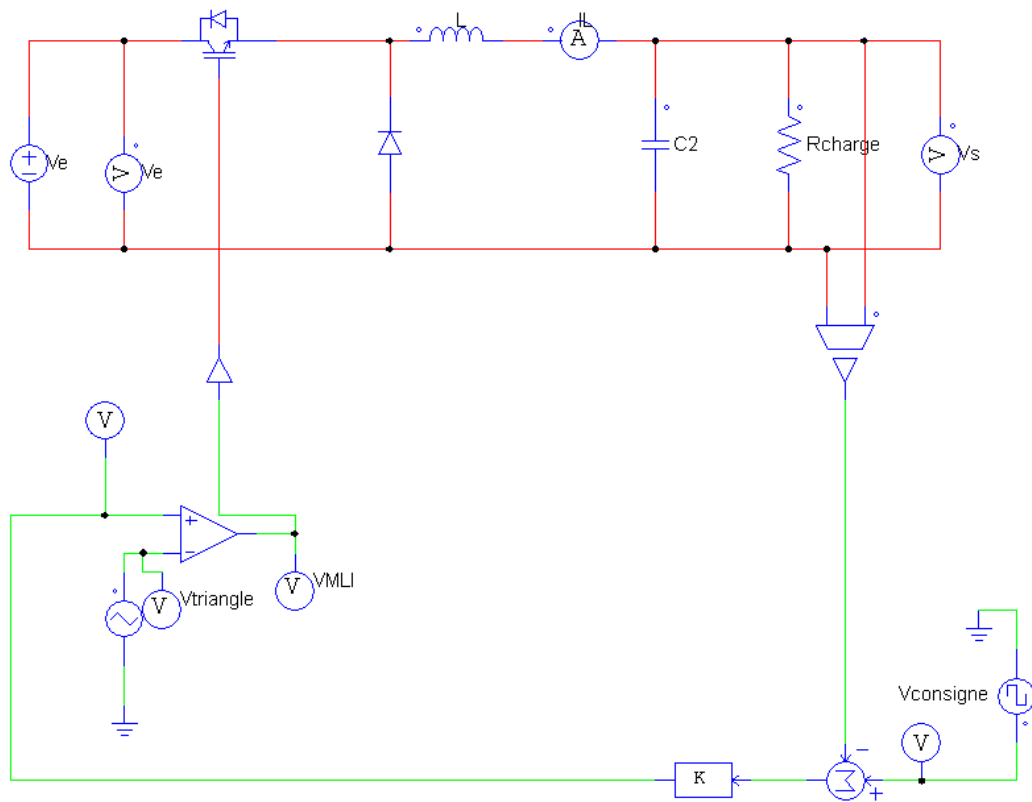


FIGURE 10 – Shéma PSIM de la boucle fermée avec correcteur proportionnel