



Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique
Université de Tunis El Manar
Ecole nationale d'ingénieurs de Tunis
département génie électrique



Conception d'une alimentation à découpage pour BT

Elaboré par

Chaanbi Hassen

Professeur : Mdme.Khadija Ben Kilani

Année Universitaire : 2025/2026

Table de matière

Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
Conception d'une alimentation à découpage	1
1.1 Introduction	1
1.2 Définition de l'Alimentation à Découpage	2
1.3 Analyse du filtrage et de l'isolation du bruit à l'entrée	2
1.3.1 Inductance de mode commun (CMC)	2
1.3.2 Condensateurs de mode commun	3
1.3.3 Condensateur antiparasite en mode différentiel	4
1.3.4 Bilan du filtrage	4
1.3.5 Tension continue après le pont de diodes et le condensateur de filtrage	5
1.3.6 Oscillateur Haute Fréquence	6
1.3.7 Commutation par Transistor de Puissance	7
1.3.8 Rôle du transformateur TR1 et du réseau de commutation	7
1.3.9 Redressement et Filtrage Secondaire	8
1.4 Simulations	9

Liste des figures

1.1	Circuit d'entrée du convertisseur,réseaux 220/50Hz	2
1.2	Circuit de redressement et de filtrage	5
1.3	Oscilateur UC3843	6
1.4	Transformateur haute fréquence	7
1.5	Schéma Pspice	9
1.6	Le signal de sortie pour une fréquence de découpage de 5 KHz	10
1.7	Sortie pour une charge inductive	10

Liste des tableaux

Conception d'une alimentation à découpage

1.1 Introduction

Avec l'évolution rapide des systèmes électroniques, le besoin d'alimentations électriques performantes, compactes et fiables est devenu essentiel. Les alimentations à découpage se sont imposées comme une solution largement utilisée, grâce à leur rendement élevé, leur faible encombrement et leur capacité à fournir des tensions continues stables à partir de sources de tension élevées.

Dans ce projet, nous nous intéressons à la conception et à l'étude d'une **alimentation à découpage** réalisée à l'aide du logiciel de conception électronique **EAGLE**. L'objectif principal est de convertir une tension d'entrée élevée en une tension de sortie continue basse, régulée et adaptée à l'alimentation de circuits électroniques.

La réalisation de ce travail s'appuie sur l'intégration et l'analyse d'un tutoriel de référence portant sur le fonctionnement des alimentations à découpage. Ce tutoriel a permis de comprendre les principes fondamentaux de la commutation à haute fréquence, le rôle des différents blocs fonctionnels du circuit ainsi que les méthodes de dimensionnement des composants.

Ce rapport présente une étude détaillée des **tensions d'entrée et de sortie**, le **calcul de la fréquence de découpage** ainsi que le **principe de fonctionnement global** de l'alimentation conçue. Une attention particulière est portée à l'analyse des différents étages, notamment le redressement et le filtrage de la tension d'entrée, l'étage de commande, l'étage de puissance, le transformateur haute fréquence et la boucle de régulation.

L'objectif de ce travail est de relier les notions théoriques étudiées en électronique de puissance à une application pratique de conception assistée par ordinateur, tout en mettant en évidence le fonctionnement et les performances d'une alimentation à découpage moderne.

1.2 Définition de l'Alimentation à Découpage

Une alimentation à découpage est un circuit électronique qui transforme une tension alternative (AC) en une tension continue (DC) régulée en découpant la tension d'entrée à haute fréquence. Comparée à une alimentation linéaire, elle présente :

- un rendement plus élevé,
- une dissipation thermique réduite,
- une taille et un poids plus faibles.

1.3 Analyse du filtrage et de l'isolation du bruit à l'entrée

Le filtrage des interférences électromagnétiques à l'entrée de l'alimentation à découpage repose principalement sur l'association d'une inductance de mode commun (CMC) et de condensateurs antiparasites. Cet ensemble forme un filtre passe-bas destiné à atténuer les perturbations à haute fréquence générées par la commutation du convertisseur. Ci dessous est le circuit de protection et de filtrage à l'entrée dun réseaux de tension 220/50Hz.

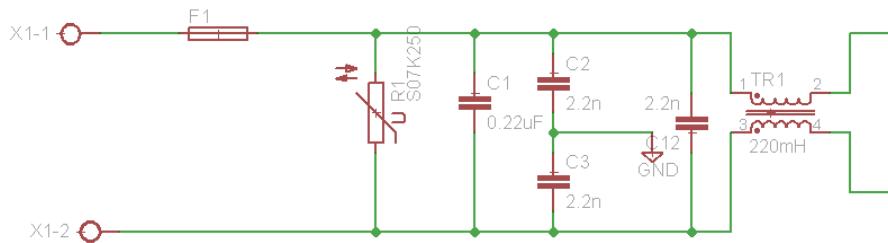


FIGURE 1.1 – Circuit d'entrée du convertisseur,réseaux 220/50Hz

1.3.1 Inductance de mode commun (CMC)

La bobine de mode commun utilisée dans ce circuit possède une inductance de :

$$L_{CMC} = 220 \text{ mH}$$

L'impédance offerte par cette inductance aux perturbations en mode commun est donnée par :

$$Z_L = 2\pi f L$$

À une fréquence de découpage typique de l'ordre de 100 kHz, on obtient :

$$Z_L = 2\pi \times 100\,000 \times 50 \times 10^{-3}$$

$$Z_L \approx 44 \text{ k}\Omega$$

Le filtre d'entrée constitué de la bobine de mode commun (CMC) de $L = 220 \text{ mH}$ et des condensateurs de mode différentiel $C_y = 2,2 \text{ nF}$ forme un filtre passe-bas LC destiné à atténuer les perturbations haute fréquence.

La fréquence de coupure de ce filtre est donnée par la formule standard des filtres LC :

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

En remplaçant les valeurs de L et C :

$$L \cdot C = 0,22 \times 22 \times 10^{-9} = 4,84 \times 10^{-9}$$

$$\sqrt{L \cdot C} = \sqrt{4,84 \times 10^{-9}} \approx 6,96 \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot 6,96 \times 10^{-5}} \approx 2,3 \text{ kHz}$$

Ainsi, ce filtre laisse passer sans atténuation la fréquence du réseau secteur (50 Hz), tout en bloquant efficacement les perturbations supérieures à environ 2,3 kHz. Il contribue donc à l'amélioration de la compatibilité électromagnétique (CEM) de l'alimentation.

1.3.2 Condensateurs de mode commun

Deux condensateurs de mode commun de valeur :

$$C_{\text{CM}} = 2,2 \text{ nF}$$

sont utilisés pour dériver les perturbations haute fréquence vers la masse.

L'impédance capacitive est donnée par :

$$Z_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

À 100 kHz :

$$Z_C = \frac{1}{2\pi \times 100\,000 \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$Z_C \approx 723 \Omega$$

Ces condensateurs présentent donc une faible impédance pour les signaux de haute

fréquence, facilitant leur évacuation et renforçant l'efficacité du filtrage en mode commun.

1.3.3 Condensateur antiparasite en mode différentiel

Un condensateur antiparasite de valeur :

$$C_{DM} = 0,22 \text{ nF}$$

est utilisé pour atténuer les perturbations en mode différentiel entre la phase et le neutre.

À la fréquence de découpage :

$$Z_C = \frac{1}{2\pi \times 100\,000 \times 0,22 \times 10^{-9}}$$

$$Z_C \approx 7,2 \text{ k}\Omega$$

Ce condensateur permet de court-circuiter les composantes haute fréquence du bruit différentiel, tout en ayant un impact négligeable sur la tension secteur à 50 Hz.

1.3.4 Bilan du filtrage

L'association de la bobine CMC de 50 mH avec les condensateurs de mode commun de 2,2 nF et le condensateur antiparasite de 0,22 nF, forme un filtre efficace contre les interférences électromagnétiques.

Deux autres condensateurs de filtrage sont placés l'un avant la bobine CMC et l'autre après, ensuite une thermistance de coefficient de température négatif est placé en série sur le neutre pour fournir une stabilité à tension vis à vis de la température.

Ce filtrage permet :

- une forte atténuation des perturbations en mode commun,
- une réduction significative du bruit en mode différentiel,
- une amélioration de la compatibilité électromagnétique (CEM),
- une meilleure isolation du bruit entre le réseau et l'alimentation.

1.3.5 Tension continue après le pont de diodes et le condensateur de filtrage

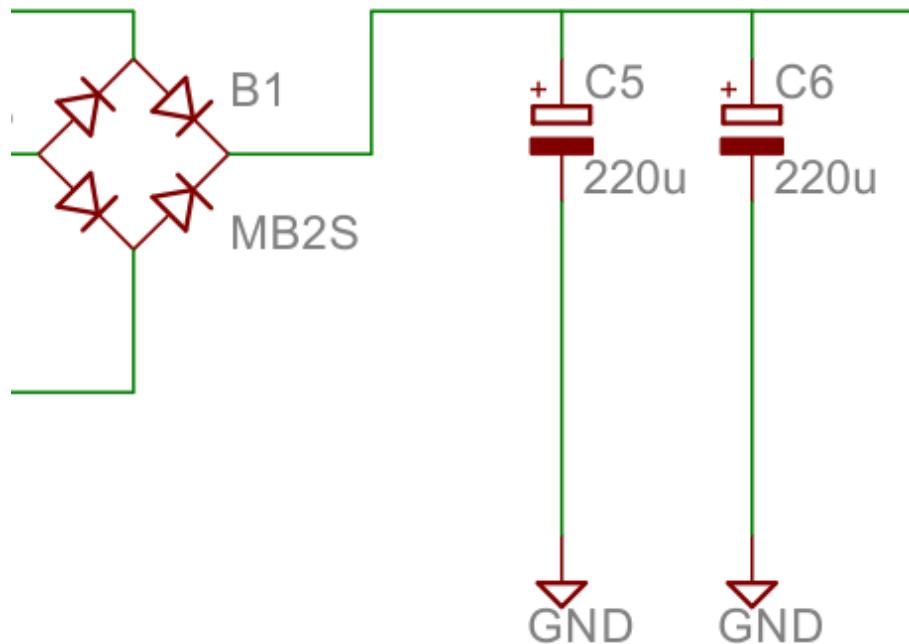


FIGURE 1.2 – Circuit de redressement et de filtrage

Après le redressement de la tension alternative par le pont de diodes (pont de Graetz), un condensateur de filtrage est placé aux bornes de sortie pour lisser la tension et obtenir une tension continue stable.

La tension continue maximale récupérée aux bornes du condensateur est proche de la tension de crête du signal redressé, moins la chute de tension dans les diodes. Pour une tension d'entrée efficace $V_{\text{RMS}} = 220 \text{ V}$, la tension de crête est :

$$V_{\text{peak}} = V_{\text{RMS}} \cdot \sqrt{2} \approx 220 \cdot 1,414 \approx 311 \text{ V}$$

Chaque diode du pont ayant une chute de tension typique $V_D \approx 0,7 \text{ V}$, et deux diodes conduisant simultanément à chaque demi-cycle, la tension continue aux bornes du condensateur est :

$$V_{\text{DC}} \approx V_{\text{peak}} - 2V_D \approx 311 - 1,4 \approx 309,6 \text{ V}$$

Ainsi, le condensateur de filtrage permet de maintenir une tension presque constante proche de 310 V DC, adaptée pour l'étage suivant de l'alimentation à découpage.

Si le condensateur n'est pas suffisamment dimensionné ou si la charge est élevée, une

ondulation (ripple) V_r apparaît, que l'on peut estimer par :

$$V_r \approx \frac{I_{\text{charge}}}{f \cdot C} =$$

où I_{charge} est le courant consommé par la charge, f la fréquence de redressement (100 Hz pour un pont complet à 50 Hz) et C la capacité du condensateur. Cette ondulation diminue avec un condensateur plus grand, assurant une tension DC plus stable.

1.3.6 Oscillateur Haute Fréquence

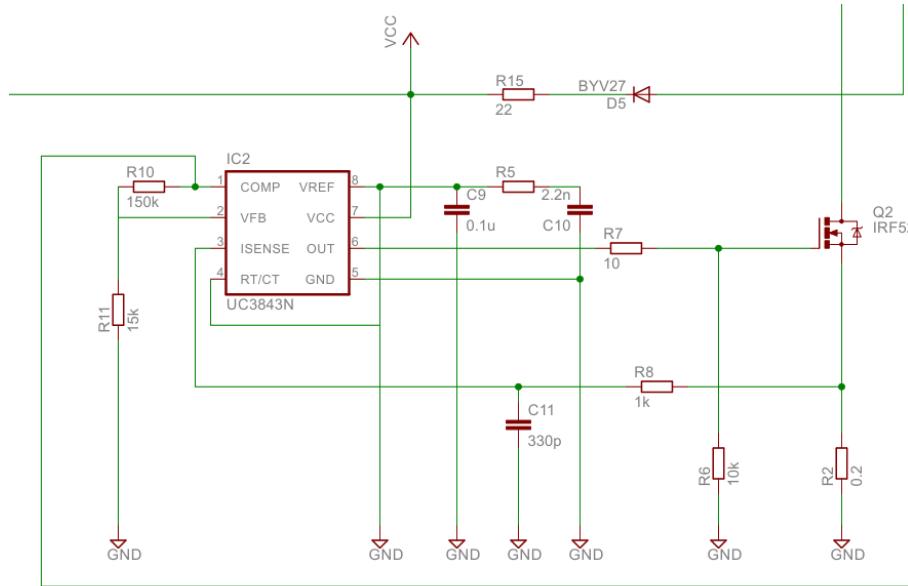


FIGURE 1.3 – Oscilateur UC3843

Le circuit intégré **UC3843**, configuré en oscillateur astable, génère un signal carré de haute fréquence destiné à commander le transistor de puissance Q2. La fréquence de découpage est déterminée par la résistance R_T et le condensateur C_T connectés à la broche **RT/CT**.

Selon la datasheet de Texas Instruments, la fréquence est donnée par la formule :

$$f = \frac{1,72}{R_T \cdot C_T}$$

où R_T est en ohms (Ω), C_T en farads (F) et f en hertz (Hz).

Pour les valeurs suivantes :

$$R_T = 15 \text{ k}\Omega = 15\,000 \Omega$$

$$C_T = 330 \text{ pF} = 330 \times 10^{-12} \text{ F}$$

le produit $R_T \cdot C_T$ vaut :

$$R_T \cdot C_T = 15\,000 \times 330 \times 10^{-12} = 4,95 \times 10^{-6} \text{ s}$$

La fréquence de découpage devient alors :

$$f = \frac{1,72}{4,95 \times 10^{-6}} \approx 347\,474 \text{ Hz} \approx 347 \text{ kHz}$$

Ainsi, pour ces valeurs de composants, l'oscillateur UC3843 fonctionne à une fréquence de découpage d'environ **347 kHz**. Si l'on souhaite atteindre une fréquence de 100 kHz, il faudrait augmenter la valeur de R_T ou C_T proportionnellement.

1.3.7 Commutation par Transistor de Puissance

Un transistor de puissance, tel que le **IR520**, est utilisé pour :

- supporter des tensions supérieures à 400 V,
- commuter à haute fréquence,
- contrôler le courant circulant dans le primaire du transformateur.

1.3.8 Rôle du transformateur TR1 et du réseau de commutation

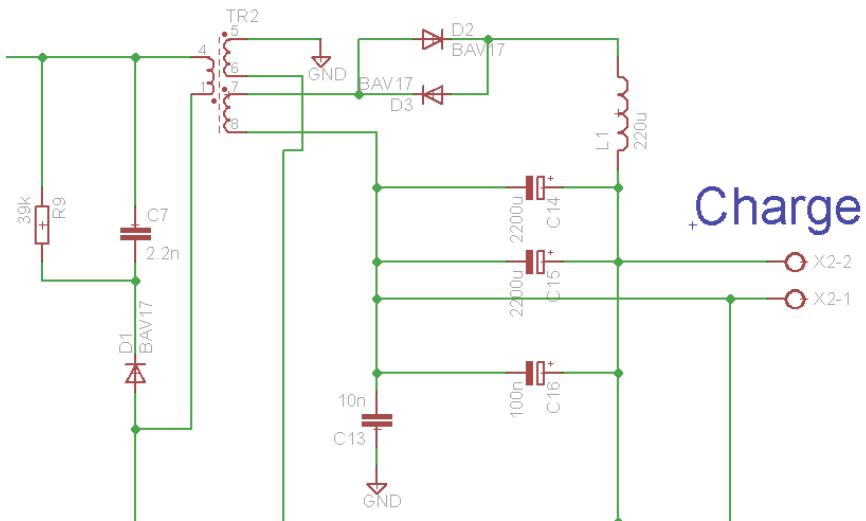


FIGURE 1.4 – Transformateur haute fréquence

Dans le circuit étudié, le transistor de puissance est connecté au condensateur de filtrage à travers un réseau comprenant une diode D1 en série et un condensateur C7 associé en parallèle avec une résistance R9. Ce réseau, appelé **snubber RC**, a pour fonction principale de :

- limiter les surtensions et les pics de tension générés lors de l'ouverture du transistor,
- protéger le transistor de puissance contre les contraintes électriques,
- réduire le bruit électromagnétique généré par la commutation rapide.

Le transformateur **TR1** joue un rôle central dans le fonctionnement de l'alimentation à découpage. Ses principales fonctions sont :

- Conversion de tension** : Il abaisse la tension continue élevée du condensateur de filtrage (310 V DC) vers une tension de sortie exploitable (ex. 12 V DC).
- Isolation galvanique** : Il assure la séparation électrique entre le réseau secteur (220 V AC) et le côté basse tension, garantissant la sécurité de l'utilisateur.
- Stockage temporaire d'énergie** : Dans un convertisseur de type flyback, le transformateur accumule l'énergie lorsque le transistor est fermé et la libère sur le secondaire lorsque le transistor s'ouvre.
- Multiples sorties** : Les enroulements secondaires (pins 5,6 et 7,8) permettent de fournir différentes tensions ou d'alimenter la boucle de régulation.

Ainsi, le transistor commute le courant à travers le primaire du transformateur (pins 1 et 4), générant une tension alternative sur les secondaires. Celle-ci est ensuite redressée et filtrée pour obtenir une tension continue stable. Le réseau snubber RC associé au primaire améliore la fiabilité et la compatibilité électromagnétique de l'alimentation.

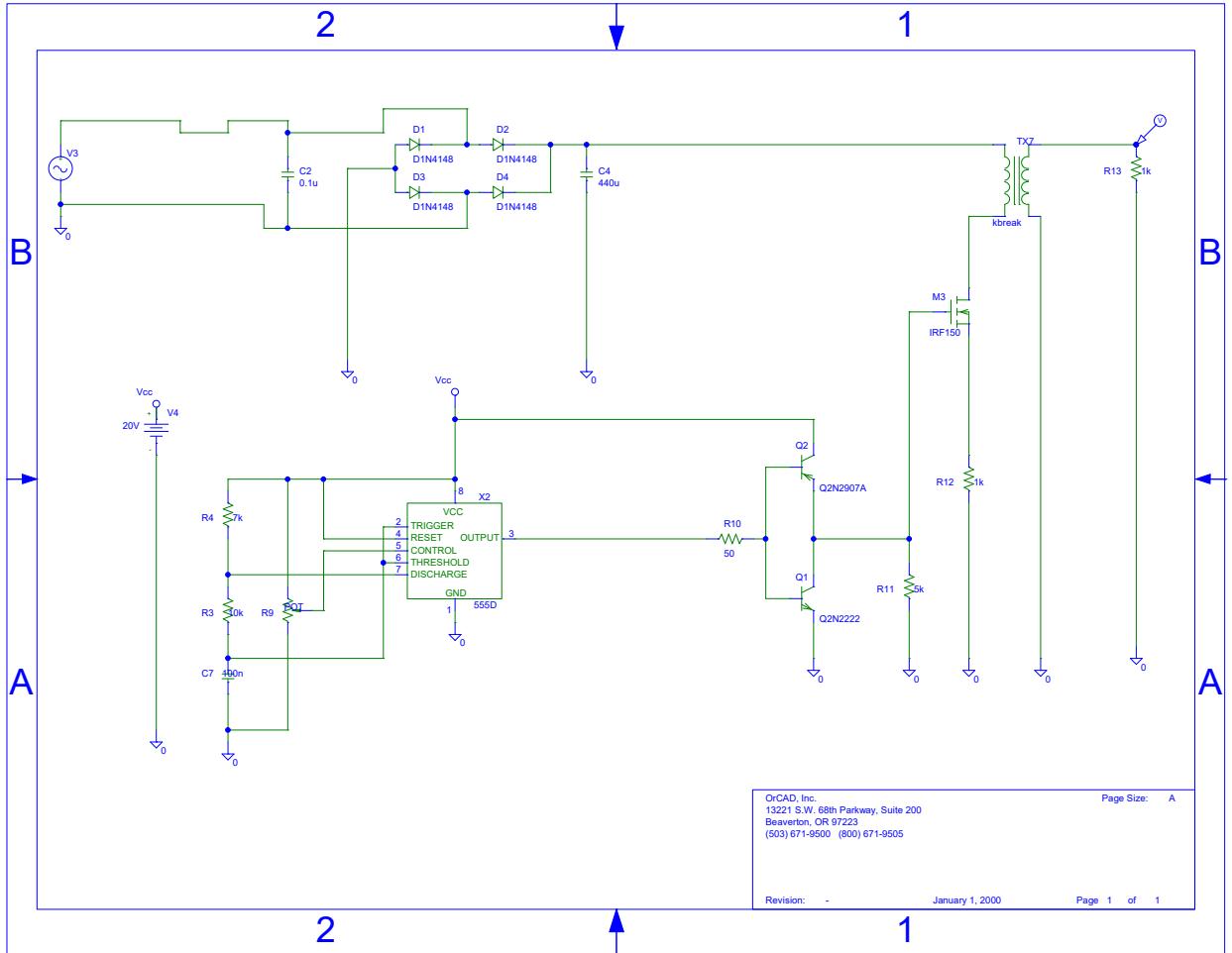
1.3.9 Redressement et Filtrage Secondaire

La tension alternative issue du secondaire est :

- redressée,
- filtrée,

afin d'obtenir une tension continue stable, typiquement **12 V DC**.

1.4 Simulations



ce qui conduit à :

$$f = \frac{1}{10\,000 \times 20 \times 10^{-6}} = 5 \text{ Hz} \quad (1.2)$$

Cette fréquence de découpage est cohérente avec les résultats observés lors de la simulation et confirme le bon fonctionnement du circuit dans les conditions étudiées.

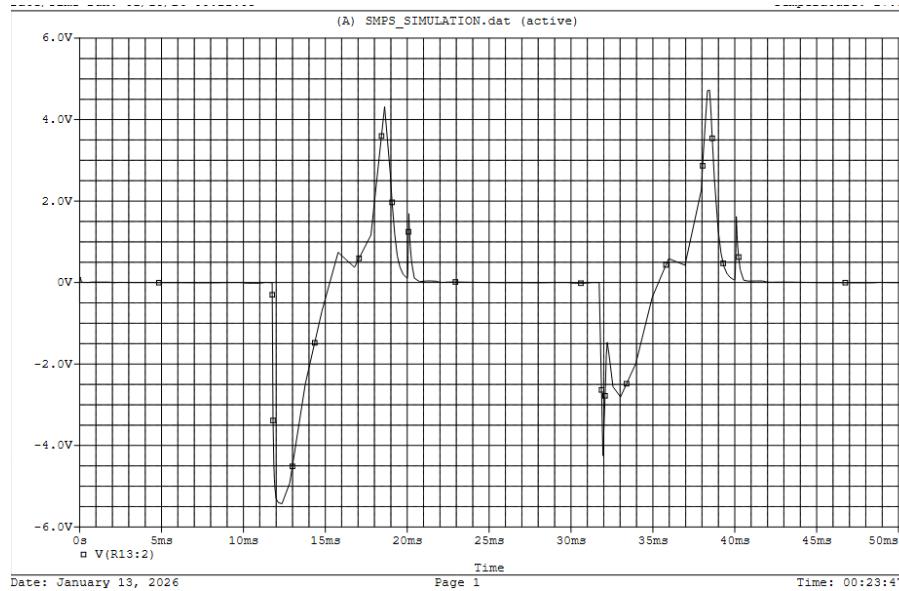


FIGURE 1.6 – Le signal de sortie pour une fréquence de découpage de 5 KHz

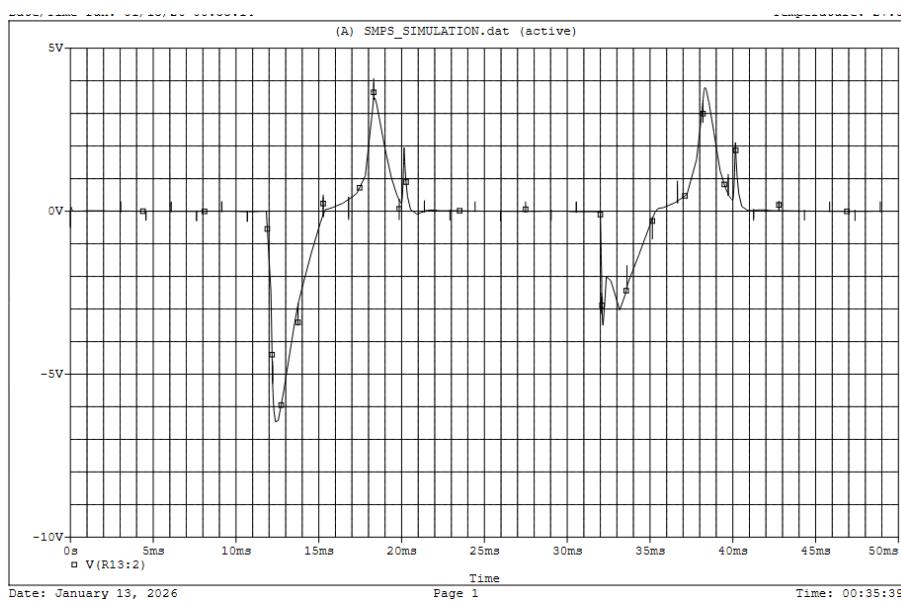


FIGURE 1.7 – Sortie pour une charge inductive

Il est observé que la forme d'onde en sortie présente de légères variations en fonction de la charge. Pour cette raison, une boucle de rétroaction est mise en œuvre afin d'améliorer la stabilité de la tension de sortie et de réduire l'influence des distorsions liées à la charge.