

TP n°1 : Conception d'une alimentation

Les alimentations sont des éléments incontournables d'un système électrique puisque ce sont elles qui fournissent l'énergie nécessaire au bon fonctionnement dudit système.

Ce TP vise à vous faire découvrir, par la pratique, les différents étages d'une alimentation. La régulation de la tension sera particulièrement étudiée avec trois solutions simples différentes.

La durée prévue pour réaliser ce TP est de 4h. Vous devez préparer le TP en répondant aux questions préparatoires en amont de la séance de TP. Enfin, vous devez rendre un compte-rendu complet à la fin de séance. La non-réalisation des questions préparatoires sera sanctionnée.

1 Rappels de cours

Les systèmes électroniques, embarqués ou non, ont besoin d'une source de tension continue stable pour fonctionner. Cette source de tension peut être dérivée du réseau électrique, donc d'une tension alternative, ou obtenue à l'aide d'une batterie, donc d'une tension continue elle-même.

Dans le cas d'une source de tension continue dérivée d'une tension alternative, l'alimentation est constituée des étages du schéma bloc de la Figure 1. On y retrouve :

- 1) Un transformateur, chargé d'adapter le niveau de puissance électrique désiré (en général, abaissement de tension) ;
- 2) Un redresseur, dont le rôle est de supprimer l'alternance négative du signal d'entrée ;
- 3) Un filtre, permettant de lisser la tension autour de la valeur crête ;
- 4) Un régulateur, dont le rôle est d'assurer la stabilité de la tension de sortie alimentant le système désiré.

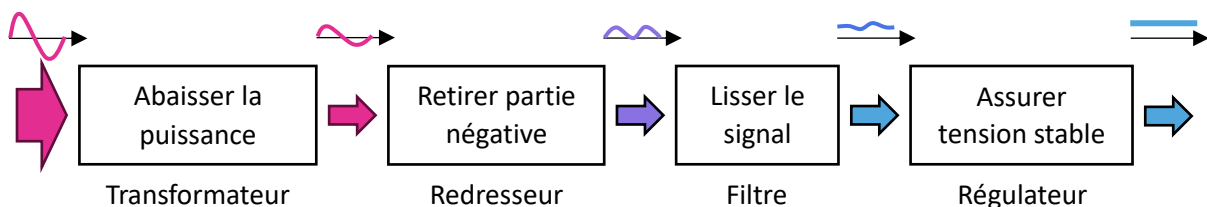


Figure 1 - Schéma bloc d'une alimentation simple

Dans le cas d'une source de tension continue tirée d'une batterie, alors les étages (1) et (2) n'ont plus lieu d'être. Cependant, il reste nécessaire de filtrer et réguler la source de tension pour assurer sa fiabilité.

Le schéma complet d'une alimentation, dérivée du réseau électrique, est donné en Figure 2.

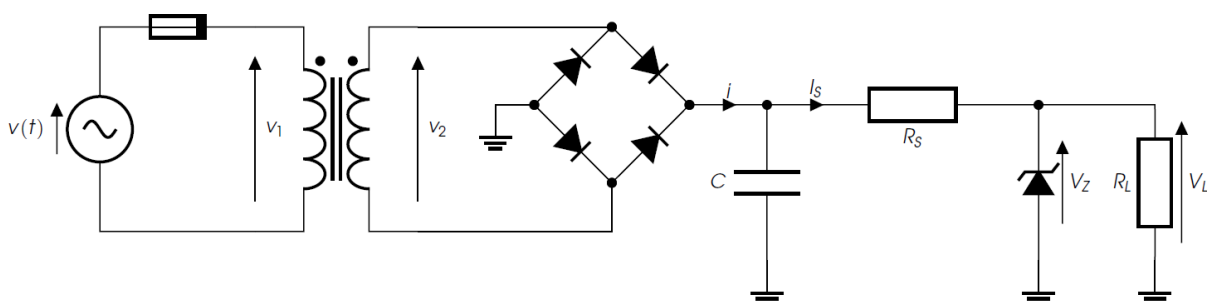


Figure 2 - Schéma électronique de l'alimentation étudiée

2 Étude de l'étage de redressement

La solution simpliste pour redresser un signal est d'utiliser une diode. C'est une chose qui a déjà été étudiée en BUT1 et nous ne reviendrons pas dessus car elle ne fait que conserver la partie positive du signal. Une solution améliorée consiste à utiliser deux diodes en opposition ainsi qu'un transformateur à point milieu. Le montage le plus utilisé reste le pont de diode, dit pont de Graetz.

Le montage est considéré est donné en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** La tension U_e correspond à la sortie d'un transformateur secteur vers 12V, et on considère que $R_{load} = 10\text{ k}\Omega$.

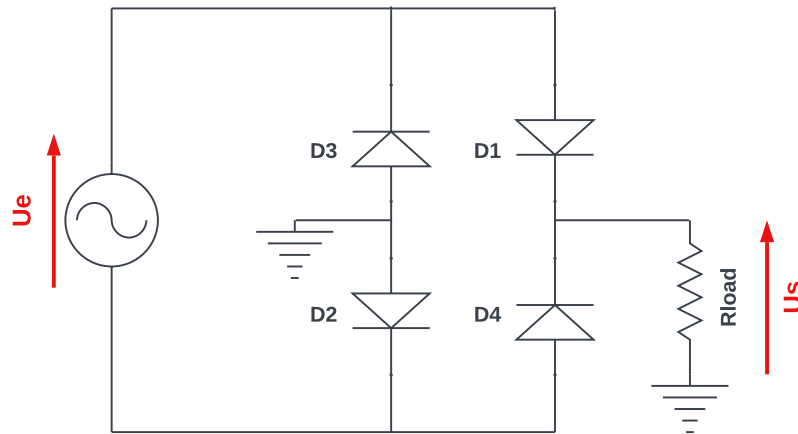


Figure 3 - Schéma de montage de redressement à pont de Graetz

- 1) [Préparation] Rappelez les caractéristiques de la tension AC secteur, et donnez l'expression du signal U_e .
- 2) [Préparation] Donner les montages équivalents lors de l'alternance positive et lors de l'alternance négative.
- 3) [Préparation] Tracez les allures des signaux U_e et U_s .
- 4) Câblez le montage.
- 5) Relevez l'allure du signal de sortie par rapport au signal d'entrée et comparez à la théorie.
- 6) Que vaut la valeur crête du signal de sortie ?
- 7) Que vaut la valeur moyenne du signal de sortie ?
- 8) Quelle est la fréquence de l'ondulation par rapport à la fréquence du signal d'entrée f_e ?

3 Filtrage par circuit RC

Le but de l'étage de filtrage est de lisser la tension redressée afin d'obtenir une tension quasi-constante de valeur proche de l'amplitude de l'alternance. On considère le montage de la Figure 4. On pose $R_{load} = 10k\Omega$. La tension U_e est toujours une tension supposée issue d'un transformateur.

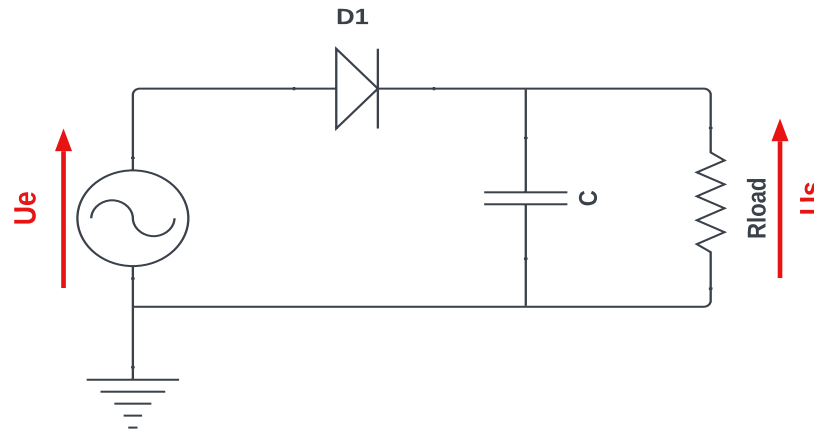


Figure 4 - Schéma de montage pour lissage simple

- 1) [Préparation] Que vaut la période T du signal U_s ? Quelle doit être la valeur de C pour que le signal soit lissé ? (On considérera $\tau = 5T$).
- 2) [Préparation] Calculez la valeur de la tension d'ondulation résiduelle crête-à-crête $U_r = \frac{U_e}{f_r \tau}$.
- 3) [Préparation] Recalculez la valeur de C dans le cas du redressement double-alternance avec pont de Graetz et en considérant une charge de $R_{load} = 10 k\Omega$.
- 4) Câblez le montage à la suite de votre pont et relevez l'allure des signaux d'entrée et de sortie.
- 5) Relevez la valeur de la tension d'ondulation et comparez-la à l'expression théorique.

4 Régulation de tension

Il existe plusieurs solutions pour réguler la tension à la sortie de l'étage de lissage. La solution la plus simple en théorie recourt à une diode Zener. Cependant, elle est limitée par le courant que l'on peut fournir à la charge. Pour résoudre ce problème, un transistor monté en adaptateur d'impédance pour aider. Une bonne alternative, très utilisée dans la pratique au dépit d'un rendement plus faible avec une forte déperdition de chaleur, réside dans les régulateurs de tension intégrés. La difficulté de mise en œuvre est réduite, à condition de respecter les caractéristiques maximales acceptables par ces composants. Vous étudierez les trois possibilités dans la suite, ainsi que quelques solutions pour élargir la gamme d'utilisation des régulateurs intégrés. Une dernière solution, non abordée ici, réside dans les alimentations à découpage¹.

4.1 Régulation par diode Zener

La première solution, simpliste mais potentiellement suffisante selon les caractéristiques de charge, est d'utiliser une diode Zener polarisée en inverse. On considère le montage de la Figure 5. La tension d'entrée du montage, représente la tension lissée en sortie du filtrage RC de l'alimentation. Elle est donc représentée par une tension sinusoïdale d'amplitude $U_{in} = 1V$, de fréquence $f = 100 Hz$.

¹ https://www.sonelec-musique.com/electronique_realisations_alim_ajust_016.html

Pour éviter de travailler avec des courants trop élevés, on limitera $U_{DC} = 5V$. On prendra des diodes Zener de tension $U_z = 3.7V$, une résistance $R_s = 1k\Omega$ et une résistance $R_{load} = 10k\Omega$.

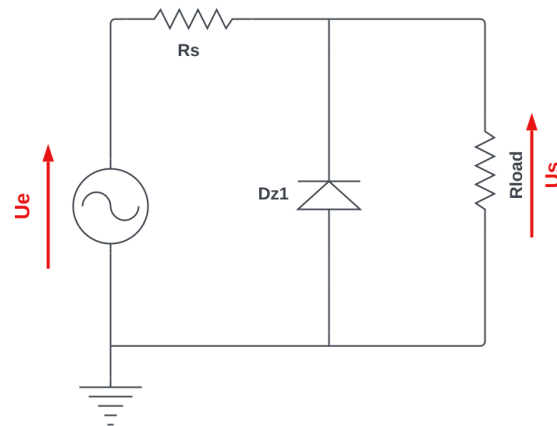


Figure 5 - Schéma de montage du régulateur Zener

- 1) [Préparation] Rappelez le fonctionnement de la diode Zener.
- 2) [Préparation] À quoi sert R_s ?
- 3) [Préparation] Quelle est la tension appliquée aux bornes la diode par l'alimentation ? Est-ce suffisant pour polariser la diode en inverse ? Par conséquent, que vaut la tension aux bornes de la résistance de charge ?
- 4) [Préparation] Quel est le courant qui passe dans R_s , et dans R_{load} ?
- 5) Câblez le montage, mesurez la tension de Thevenin (sans l'ensemble de diodes) ; la tension aux bornes de la charge une fois l'ensemble de diode branché ; les courants I_s , I_z et I_L . Justifiez les valeurs retrouvées.
- 6) Changez $R_{load} = 100\Omega$. Que se passe-t-il ?

4.2 Régulation par stabilisateur Zener

Au vu des observations précédentes, il est important de trouver un montage qui régule la tension quelle que soit la charge en aval. Pour ce faire, il est possible d'utiliser un émetteur-suiveur en addition de la diode Zener, tel que montré sur la Figure 6. On considère toujours une tension sinusoïdale d'amplitude $U_{in} = 1V$, de fréquence $f = 100\text{ Hz}$ et présentant un offset de $U_{DC} = 5V$, une résistance $R_s = 1k\Omega$ et une résistance $R_{load} = 100\Omega$. On prendra une diode Zener de tension $U_z = 3.7V$.

- 7) [Préparation] Que vaut U_s ?
- 8) [Préparation] Que vaut le courant dans la R_s , dans la charge et dans la diode ?
- 9) Câblez le montage. Qu'observez-vous par rapport au précédent ?
- 10) Changez la valeur de la R_s et mesurez la valeur du courant dans la diode.
- 11) Que concluez-vous sur ce montage ? Quels sont ses avantages par rapport au régulateur Zener simple ?

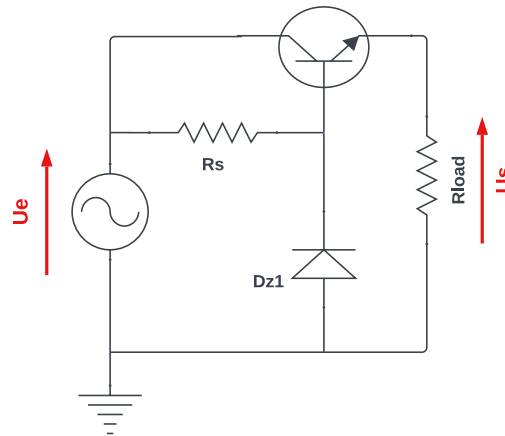


Figure 6 - Schéma de montage du stabilisateur Zener

4.3 Régulation par régulateur intégré type LM78XX et LM350

Pour cette partie, vous allez chercher par vous-même comment utiliser un tel régulateur.

- 12) [Préparation] Cherchez la fiche technique des régulateurs de tension de la gamme LM78XX LM350.
- 13) [Préparation] Expliquez la différence de comportement entre ces composants (régulation tension/courant). Donnez la gamme des tensions et courants de sortie.
- 14) [Préparation] Donnez les circuits typiques d'utilisation de ces composants.
- 15) [Préparation] Quelle est la chute de tension typique entre l'entrée et la sortie pour les deux composants ?
- 16) [Préparation] En partant de la tension obtenue après l'étape de lissage, quelle est la tension que l'on peut espérer ici avec une LM78XX ? Pourquoi ? Pour la suite nous utiliserons un régulateur 5V.
- 17) [Préparation] Préparez votre schéma de câblage pour tester le composant.
- 18) Câblez et injectez une tension sinusoïdale d'amplitude $U_{in} = 1V$, de fréquence $f = 100\text{ Hz}$ et présentant un offset de $U_{DC} = 5V$.
- 19) Relevez les signaux d'entrée et de sortie en concordance des temps. Que constatez-vous ?
- 20) [Préparation] Faites le schéma de câblage complet de l'ensemble {Pont de Graetz + Filtrage + Régulation}.
- 21) Relevez en concordance des temps les signaux d'entrée, intermédiaires et de sortie prouvant le bon fonctionnement du système. Ajustez la valeur du condensateur de filtrage pour être sûr que la tension soit continue.
- 22) Concluez sur le bon fonctionnement du système et sur ses limites.

4.4 Et si on a besoin de plus de courant ?

On veut augmenter le courant de sortie du montage de régulation en tension, pour obtenir l'équivalent d'un LM350 (donc 5V, 3A). Pour ce faire, on utilise un régulateur associé à un transistor de puissance comme indiqué en Figure 7. On ne détaillera pas la théorie de ce montage. De façon simpliste : le transistor de puissance prend le relais du régulateur pour délivrer le courant demandé à

la sortie du montage. Pour définir le courant qui passe via le régulateur ou via le transistor, on utilise la résistance R1. Dans un premier temps on choisira $R1 = 2 \text{ Ohms}$.

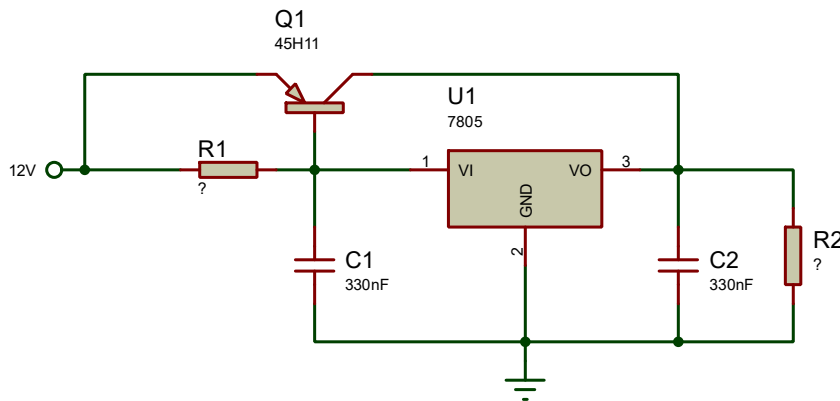


Figure 7 - Régulateur avec boost de courant

- 23) [Préparation] Calculez la valeur des résistances de charge (R2) permettant de demander 800mA et 2A en sortie de montage.
- 24) Câblez et mesurez le courant à la sortie du transistor, et à la sortie du régulateur dans les deux cas. Idem, si R1 vaut 10.
- 25) Concluez sur le montage et ses limites.

5 Application à une alimentation embarquée secteur/batterie

On souhaite associer un système d'alimentation sur secteur et sur batterie², par exemple pour rendre un système nomade. Le montage complet implique un étage d'abaissement de tension secteur, de redressement et de lissage, comme vu précédemment. Une batterie est insérée avant l'étage de régulation. Dans une optique pédagogique, nous allons simplifier ce montage, en supposant que la tension secteur a déjà été abaissée et redressée pour obtenir une tension stable de 14V. La batterie est considérée embarquant un BMS³, et peut être chargée avec un courant équivalent à $C/10$, C étant sa capacité (ici de 2000mA.h). Elle est prévue pour délivrer une tension nominale de 12V, et se charge avec une tension de 14V (les niveaux de tension sont fortement simplifiés par rapport à la réalité, à vous d'adapter en cas de besoin !). Le montage de la Figure 8 est considéré.

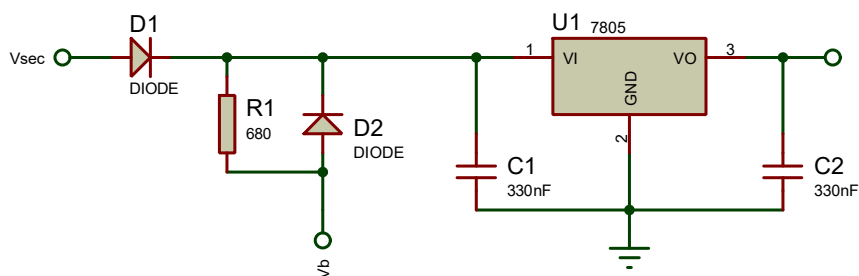


Figure 8 - Montage secours par batterie

Donnez l'état des diodes, et mesurez les tensions V_{in} , et V_{out} lorsque :

- 1) V_{sec} est de 14V et V_b de 12V ;
- 2) V_{sec} est de 14V et V_b de 14V ;
- 3) V_{sec} est de 0V et V_b de 12V.

² Inspiré de https://www.sonelec-musique.com/electronique_realisations_alim_secours_bat_002.html

³ Battery management system : https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_management_system