

DISPOSITIFS SEMICONDUCTEURS

diode à jonction PN et diode ZENER

L'objectif de ce TP est de mettre en pratique des fonctions électroniques utilisant la diode à jonction PN et la diode ZENER.

Les diodes sont largement utilisées dans les alimentations pour le redressement ou la régulation. Au cours de ce TP, ces différentes fonctions sont mises en oeuvre indépendamment puis regroupées pour réaliser une alimentation à régulation par diode ZENER.

En outre, quelques montages sont étudiés pour montrer l'intérêt de la diode pour la mise en forme des signaux et l'extraction d'information.

1. MATERIEL

Matériel par poste de travail :

- 1 plaquette d'essai
- 1 alimentation 0 à +15 V
- 1 oscilloscope numérique
- 1 générateur de fonctions
- 1 multimètre MX579 ou KEITLEY2000
- 1 Té BNC
- 1 cordon coax. BNC/BNC
- 1 cordon coax. BNC/ BANANE
- 2 sondes d'oscilloscope "par 10"
- 2 cordons BANANE/BANANE long (rouge, noir)
- 2 cordons BANANE/BANANE moyen (rouge, noir) avec grippe-fil
- 1 diode silicium 1N4148
- 1 diode ZENER BZX85C 5V1 ("bleu")
- 1 capacité 1 nF
- 1 capacité 10 nF
- 1 capacité 100 nF
- 1 capacité 1 μ F
- 1 résistance 100 Ω (marron, noir, marron)
- 1 résistance 270 Ω (rouge, violet, marron)
- 1 résistance 470 Ω 1 W (jaune, violet, marron)
- 1 résistance 510 Ω (vert, marron, marron)
- 1 résistance 1 k Ω (marron, noir, rouge)
- 1 résistance 2,2 k Ω (rouge, rouge, rouge)
- 1 résistance 10 k Ω (marron, noir, orange)
- 1 résistance 100 k Ω (marron, noir, jaune)

2. RAPPEL

2.1. Rappel sur la diode à jonction PN

2.1.1. La diode à jonction PN

La diode est un composant ayant la caractéristique suivante :

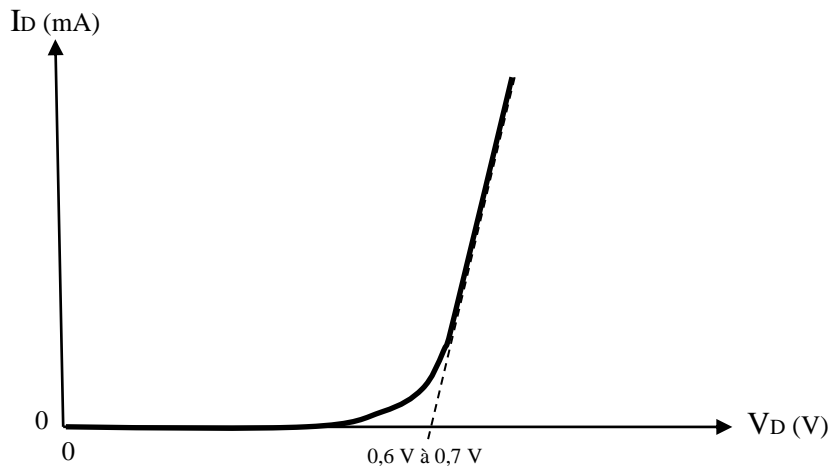


Fig. 1 : caractéristique de la diode à jonction PN (silicium)

La loi régissant le courant en fonction de la tension :

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right) \text{ avec } V_T = \frac{kT}{q} \text{ et } I_S \text{ le courant de saturation inverse.}$$

2.1.2. Modélisation de la diode

Les modélisations de la diode (silicium) présentées ci-dessous permettent une analyse du fonctionnement d'un montage électronique.

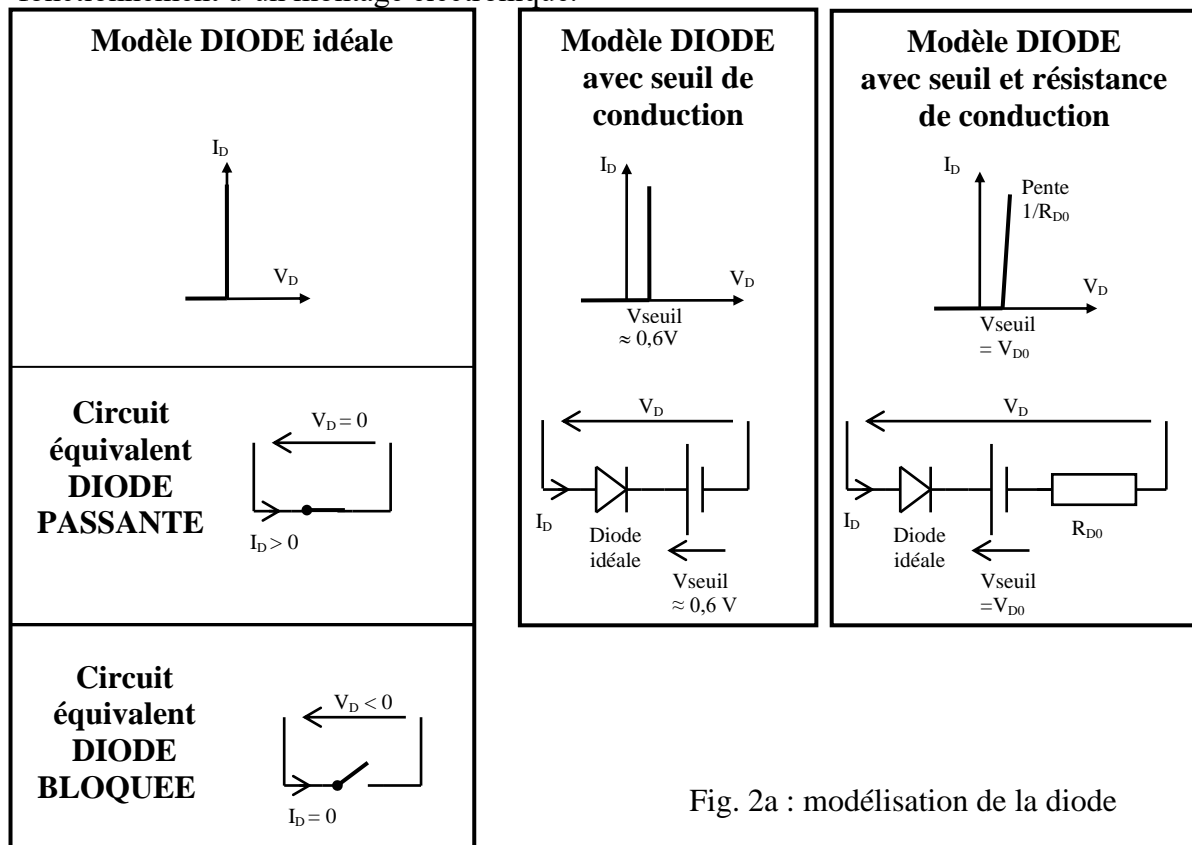


Fig. 2a : modélisation de la diode

2.2. Rappel sur la diode ZENER

Les modélisations de la diode ZENER présentées ci-dessous permettent une analyse du fonctionnement lorsque $V_Z > 0$.

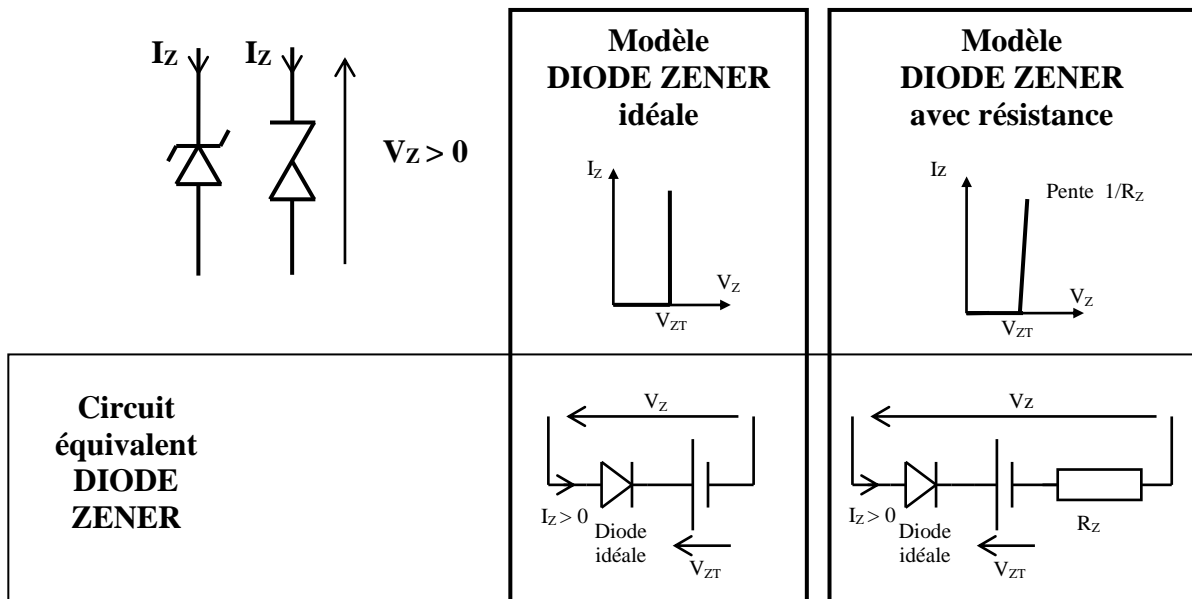


Fig. 2b : modélisation de la diode ZENER

Lorsque $V_Z < 0$, la diode ZENER se comporte comme la diode "classique" à jonction PN.

2.3. Rappel sur les alimentations

Le synoptique ci-dessous rappelle les différents étages constituant une alimentation linéaire permettant d'obtenir une tension continue de 5V en partant de la tension alternative délivrée par le secteur.

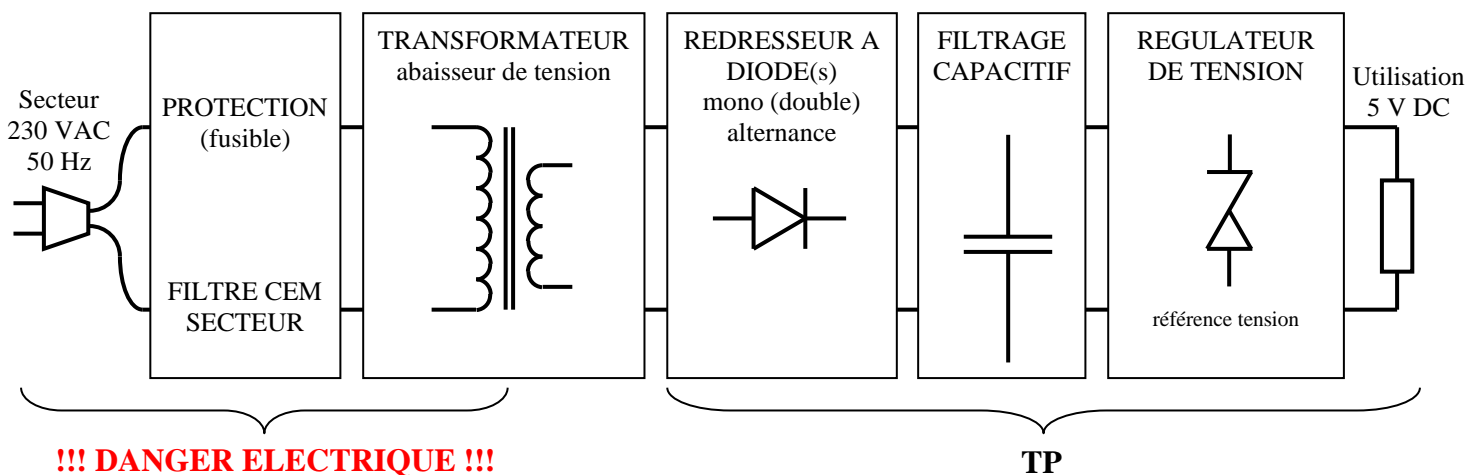


Fig. 3 : synoptique d'une alimentation linéaire

Lors de la manipulation, nous nous intéresserons uniquement aux étages suivants dans leurs versions élémentaires :

- Redressement à diode mono-alternance
- Filtrage capacitif
- Régulation de tension à diode ZENER

3. PREPARATION

Lire intégralement avant la séance l'énoncé du TP, faire les calculs demandés dans ce chapitre et anticiper la méthode de résolution des différents problèmes.

Les résistances sont choisies dans la liste du matériel disponible.

3.1. Diode

L'étude des différents montages s'effectue en utilisant le modèle de la diode idéale.

3.1.1. Redressement mono-alternance

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal d'amplitude crête à crête $2E$.

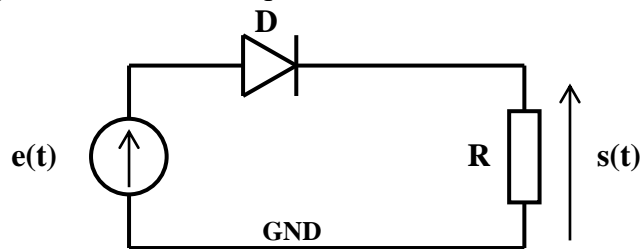


Fig. 4 : redressement mono-alternance

- Déterminer la forme du signal $s(t)$ en sortie du montage précédent.
- Préciser la valeur moyenne de $s(t)$.

3.1.2. Filtrage capacitif

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal d'amplitude crête à crête $2E$.

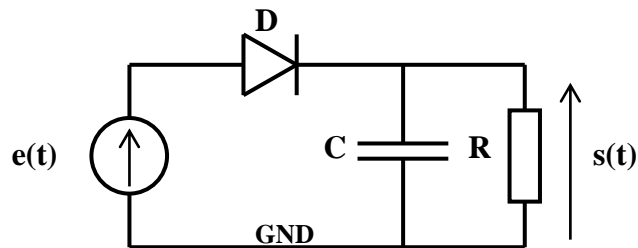


Fig. 5 : redressement et filtrage capacitif

- Déterminer la forme du signal $s(t)$ en sortie du montage précédent dans les 2 cas suivants grâce à une approximation graphique :
 - o $RC = \text{PERIODE } e(t)$
 - o $RC \gg \text{PERIODE } e(t)$

3.1.3. Diode en écrêtage

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal d'amplitude crête à crête $2E$.
La tension U_0 est égale à $E/2$.

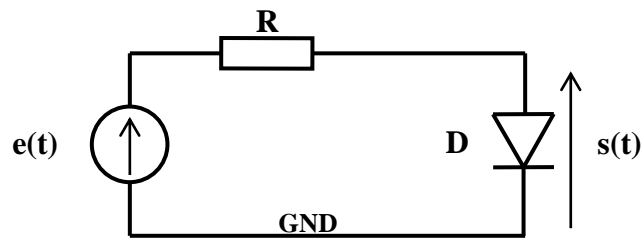


Fig. 6 : diode non polarisée en écrêtage

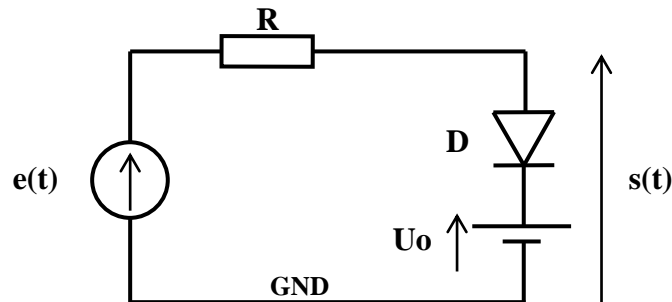


Fig. 7 : diode polarisée en écrêtage

- Déterminer la forme du signal $s(t)$ en sortie des montages précédents.

3.2. Diode ZENER en régulation de tension

L'étude du montage de la figure suivante s'effectue en considérant un modèle de diode ZENER idéale.

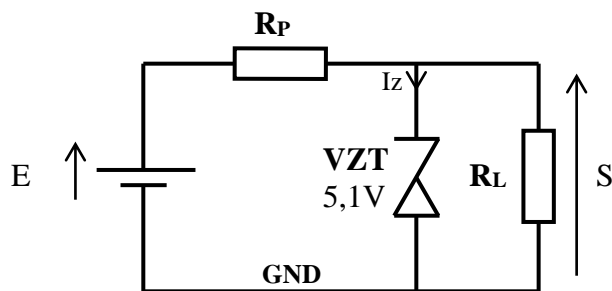


Fig. 8 : régulation de tension avec une diode ZENER

3.2.1. Dimensionnement de la résistance de protection R_p

La tension E maximale est de 15 V .

La résistance de charge R_L peut évoluer de $0\ \Omega$ (court-circuit) à ∞ (circuit ouvert).

Le courant maximal $I_{z\max}$ admis dans la diode ZENER est de 25 mA .

- Déterminer la résistance de protection R_p minimale qui respecte les conditions de fonctionnement précédente. La résistance R_p limite le courant I_z à sa valeur maximale quand E est maximale et R_L infinie.
- Calculer la puissance maximale dissipée dans la résistance de protection R_p . La puissance dissipée dans R_p est maximale quand R_L est nulle.

4. MANIPULATION

4.1. Test d'une diode avec un multimètre

Un multimètre en position "test diode" est un générateur de courant associé à un voltmètre. L'affichage du multimètre indique la tension aux bornes de la diode qui est connectée au multimètre.

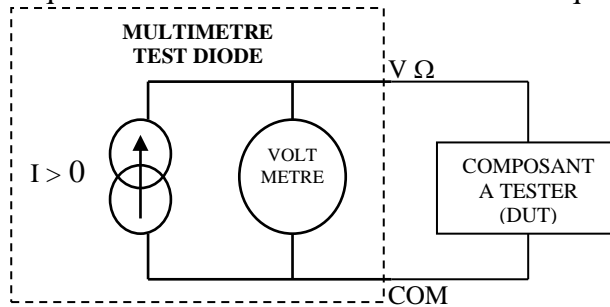


Fig. 9 : schéma équivalent du multimètre en position "test diode"

- Relever la valeur indiquée par le multimètre en testant la diode 1N4148 dans les 2 sens.
- Justifier les résultats obtenus.

4.2. Diode en montage série

4.2.1. Redressement mono-alternance

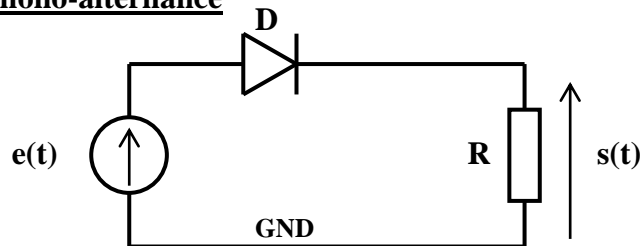


Fig. 10 : redressement mono-alternance

Avec $R = 10 \text{ k}\Omega$.

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal, de 10 Vpp d'amplitude crête à crête à la fréquence de 1kHz.

Nota : si l'offset du signal d'entrée est trop important ($|\text{offset}| > 25\text{mV}$), alors il faut le compenser en agissant sur le bouton OFFSET du générateur.

- Observer simultanément les tensions $e(t)$ et $s(t)$ en précisant les tensions min. et max.
- Indiquer sur l'oscillogramme quand la diode est bloquée ou passante.
- Préciser les précautions à prendre pour que la mesure d'une valeur moyenne avec la fonction « mesure » de l'oscilloscope numérique soit valable.
- Mesurer la valeur moyenne de $s(t)$.
- Comparer cette mesure avec la valeur moyenne de $s(t)$ théorique.

4.2.2. Filtrage capacitif

Le schéma suivant associe redressement mono-alternance et filtrage capacitif permet d'obtenir une alimentation non régulée.

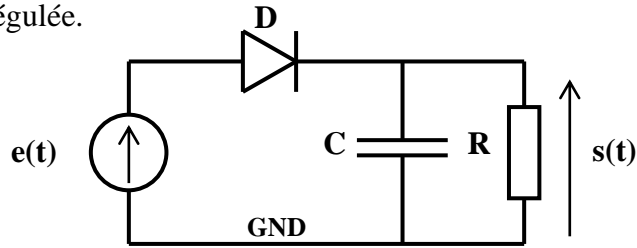


Fig. 11 : redressement mono-alternance et filtrage

Avec $R=100\text{k}\Omega$; $C=10\text{nF}$.

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal, de 10 Vpp d'amplitude crête à crête.

- Observer simultanément les tensions $e(t)$ et $s(t)$ à l'aide d'un oscilloscope.
- Expliquer les formes d'ondes obtenues pour différentes fréquences : 20Hz, 1 kHz et 20kHz.
- Tracer la courbe S_{moy} (tension moyenne de $s(t)$) en fonction de la fréquence de 20Hz à 20kHz sur papier semi-log.
- Commenter l'allure de la courbe obtenue.
- Justifier les mesures de S_{moy} obtenues aux fréquences min. et max.

La fréquence du signal d'entrée $e(t)$ est fixée à 1kHz.

- Mesurer l'ondulation S_{pp} (tension crête à crête) de la tension de sortie $s(t)$ pour $C=1\text{nF}$, $C=10\text{nF}$, $C=100\text{nF}$ et $C=1\mu\text{F}$.
- Discuter sur le choix de C pour obtenir un filtrage efficace.

4.3. Diode en écrêtage

4.3.1. Diode Non Polarisée

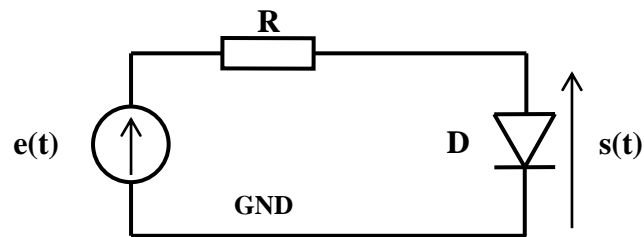


Fig. 12 : diode non polarisée en écrêtage

Avec $R=100\text{k}\Omega$.

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal, de 10 Vpp d'amplitude crête à crête et de fréquence 1 kHz.

- Observer simultanément les tensions $e(t)$ et $s(t)$ en précisant les tensions min. et max.
- Commenter l'allure de $s(t)$.

4.3.2. Diode Polarisée

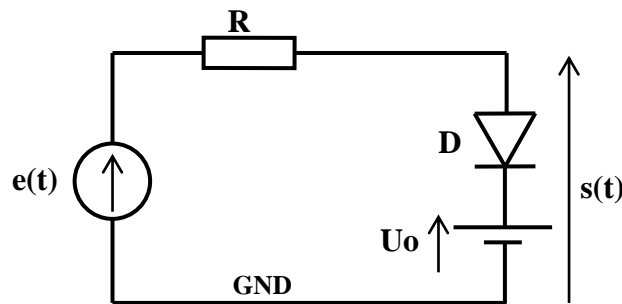


Fig. 13 : diode polarisée en écrêtage

Avec $R=100\text{k}\Omega$.

Le signal d'entrée $e(t)$ est sinusoïdal, de 10 Vpp d'amplitude crête à crête et de fréquence 100 Hz.

La tension U_o est fixée à 3 V.

- Relever la courbe $s = f(e)$.
- Interpréter la courbe $s = f(e)$ observée en repérant quand la diode est bloquée ou passante.

Nota : l'oscilloscope numérique permet l'affichage XY : bouton **DISPLAY** puis bouton contextuel **format XY**.

4.4. Diode ZENER en régulation de tension

4.4.1. Régulation amont : étude sous charge fixe

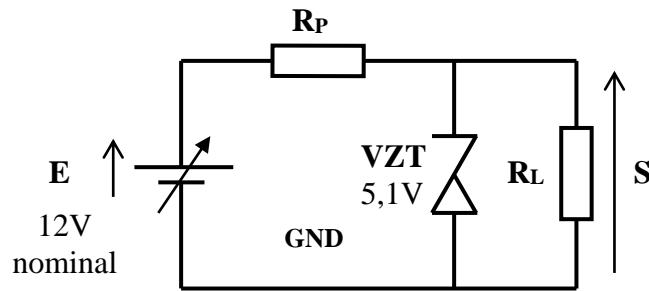


Fig. 14 : régulation amont du régulateur de tension à diode ZENER

La résistance de charge R_L est fixée à $1\text{ k}\Omega$.

La tension E est variable de 0 à 15V.

- Déterminer la résistance R_p (voir préparation) pour obtenir un courant maximal de 25mA dans DZ quand E est maximum.
- Tracer la courbe $S = f(E)$ pour des tensions E comprises entre 0 et 15V
- Justifier l'allure de la courbe.

Nota : la tension S est mesurée avec un voltmètre.

4.4.2. Régulation aval : étude sous charge variable

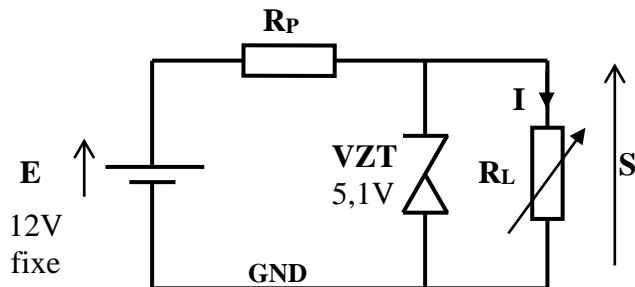


Fig. 15 : régulation aval du régulateur de tension à diode ZENER

La tension E est fixée à 12V.

La résistance de charge R_L est variable.

- Mesurer la tension S pour des résistances de charge R_L : à vide, $1\text{ k}\Omega$, 510Ω , 270Ω , 100Ω
- Tracer l'évolution de la tension "régulée" S en fonction du courant I dans la charge R_L .
- Conclure sur les résultats obtenus et les justifier par un calcul.

Nota : la tension S est mesurée avec un voltmètre.

4.5. Alimentation stabilisée à diode ZENER

Le montage suivant associe le redressement mono-alternance, le filtrage capacitif et la régulation de tension par diode ZENER pour constituer une "alimentation stabilisée à diode ZENER".

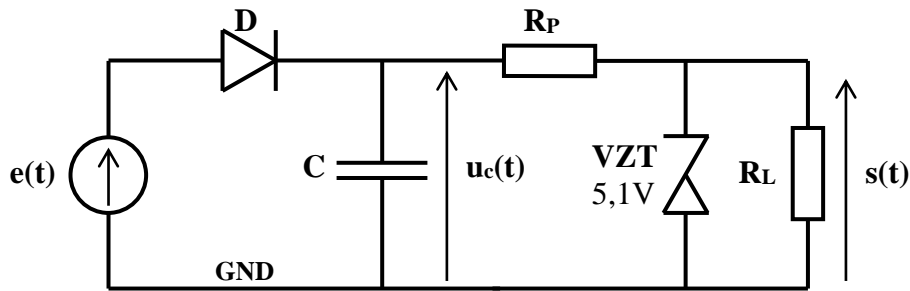


Fig. 16 : schéma de principe d'une "alimentation stabilisée à diode ZENER".

Avec $C = 1 \mu F$, $R_P = 2,2 k\Omega$ et la diode ZENER précédente.

Le générateur délivre une tension sinusoïdale $20V_{pp}$ d'amplitude crête à crête et de fréquence 1 kHz.

- Observer les tensions aux bornes de C et de la diode ZENER lorsque le montage alimente une résistance R_L de $100 k\Omega$ puis une résistance R_L de $1 k\Omega$.
- Mesurer le rapport " $S_{c\grave{a}c} / U_{c\grave{a}c}$ " pour les valeurs précédentes de R_L .
- Les résultats sont-ils compatibles avec ceux obtenus dans les questions précédentes ?