

Caractéristiques d'une diode Zener

- I- BUT :
- Montrer le fonctionnement d'un régulateur à diode Zener
 - Montrer la relation existant entre le courant dans la Zener et le courant dans la charge pour différentes tensions d'entrée.
 - Montrer la variation du courant dans la Zener quand la charge change dans un régulateur à diode Zener.
 - Tracer les courbes caractéristiques de la diode Zener.

COMPOSANTS :

- 1 résistance de 270Ω
- 1 potentiomètre linéaire de $1 \text{ K}\Omega$
- 1 potentiomètre linéaire de $5 \text{ K}\Omega$
- 1 diode Zener de 6.2 V
- 1 diode Zener de 10 V

MATERIELS

- 1 alimentation continue réglable
- 1 voltmètre
- 1 ampèremètre

II- MONTAGES :

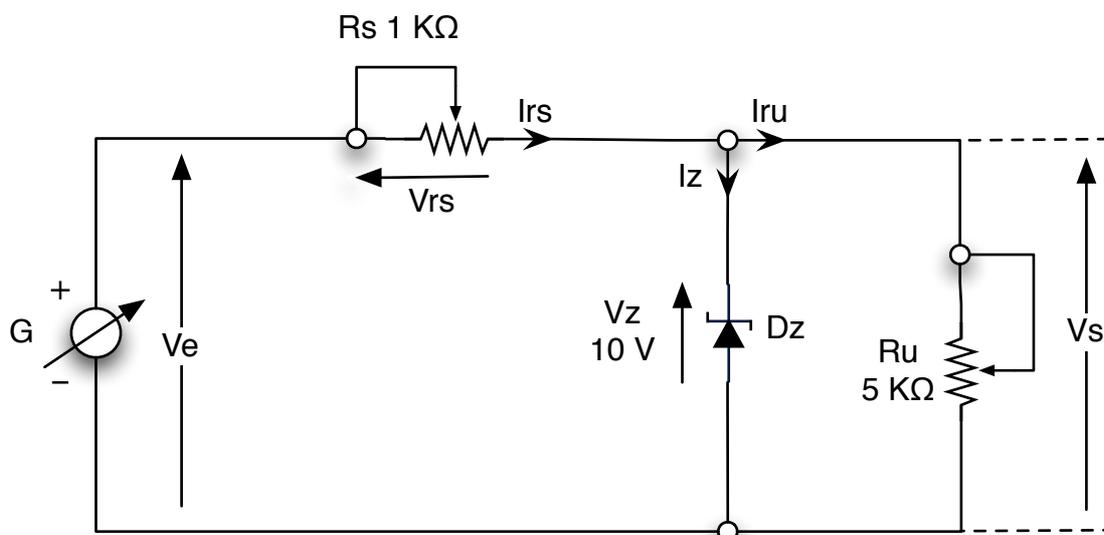


Fig. 30

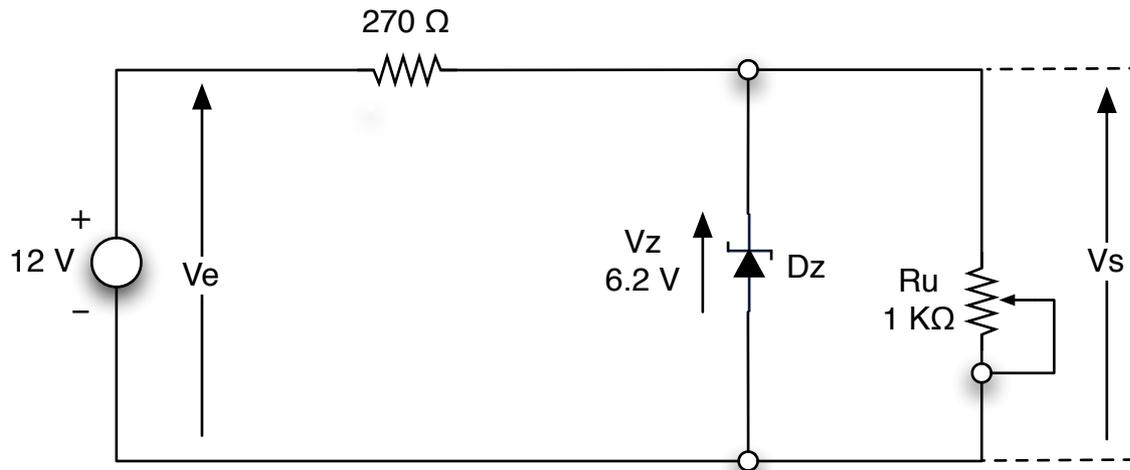


Fig. 31

III- ETAPES :

- 1- Considérons le circuit de la figure 30. Les résistances R_s et R_u sont réglées respectivement à 100Ω et $1K\Omega$.
- 2- Circuit de la figure 30 réalisé.
- 3- Réglage de la tension d'entrée V_e à 12 V et mesure à l'aide du voltmètre des tensions aux bornes de R_s et R_u .

$$V(R_s) = 2.02 \text{ V}$$

$$V(R_u) = 9.96 \text{ V}$$

- 4- Répétition de l'étape 3 avec comme tension V_e réglée à 13, 14 et 15 V

$V_e[V]$	$V_{rs}[V]$	$V_{ru}[V]$
13	2.9	10.1
14	3.72	10.32
15	4.52	10.46

- 5- Calcul des intensités des courants I_{RS} et I_{RU} à 15 V

$$V_e = 15 \text{ V} \quad I_{RS} = V_{RS}/R_S = 4.52/100 = 45 \text{ mA}$$

$$I_{RU} = V_{RU}/R_U = 10.46/1000 = 10.46 \text{ mA}$$

- 6- J'ai déterminé l'intensité du courant dans la diode Zener (I_Z) et calculé la puissance dissipée dans cette diode à $V_e = 15 \text{ V}$.

$$U_{RU} = U_Z = 10.46 \text{ V}$$

$$V_e = 15 \text{ V}$$

$$I_Z = I_{RS} - I_{RU} = 45 \text{ mA} - 10.4 \text{ mA} = 34.6 \text{ mA}$$

$$P_Z = U_Z * I_Z = 10.46 * 34.6 \text{ mA} = 361 \text{ mW}$$

- 7- Si la diode Zener se met en circuit ouvert, comment les tensions du circuits seront elles affectées ?

En faisant ceci, on se retrouve avec un circuit qui comporte les deux résistances en série. Les tensions aux bornes des résistances vont donc changer et leurs nouvelles valeurs seront:

$$R_{TOT} = 1000 + 100 = 1100 \ \Omega$$

$$I_{TOT} = V_{CC} / R_{TOT} = 15 / 1100 = 13.64 \text{ mA}$$

$$U_{RS} = R_S * I_{TOT} = 100 * 13.64 \text{ mA} = 1.36 \text{ V}$$

$$U_{RU} = R_U * I_{TOT} = 1000 * 13.64 \text{ mA} = 13.64 \text{ V}$$

- 8- Tension d'entrée réglée à 12 V et mesure des intensités des courants I_{RS} et I_{RU} :

$$V_e = 12 \text{ V}$$

$$I_{RS} = 20.6 \text{ mA}$$

$$I_{RU} = 10 \text{ mA}$$

- 9- Tension d'entrée réglée à 13 V et mesure des intensités des courants I_{RS} et I_{RU} :

$$V_e = 13 \text{ V}$$

$$I_{RS} = 29 \text{ mA}$$

$$I_{RU} = 10.2 \text{ mA}$$

- 9bis- Tension d'entrée réglée à 15 V et mesure des intensités des courants I_{RS} et I_{RU} :

$$V_e = 15 \text{ V}$$

$$I_{RS} = 46.5 \text{ mA}$$

$$I_{RU} = 10.5 \text{ mA}$$

En comparant les mesures des points 9 et 9bis avec celles du point 8, je constate que le courant augmente dans R_S si l'on augmente la tension V_e mais le courant dans R_U reste stable car la diode Zener limite la tension aux bornes de R_U ce qui a pour résultat de maintenir le courant.

10- Réglage de la résistance R_S à 27Ω .

11- Réglage de la résistance R_U à $1 \text{ K}\Omega$ et mesure des intensités des courants I_Z et I_{RU} :

$$V_e = 12 \text{ V et } R_U = 1 \text{ K}\Omega \quad I_Z = 41.3 \text{ mA} \quad I_{RU} = 10.6 \text{ mA}$$

12- Réglage de la résistance R_U à 500Ω et mesure des intensités des courants I_Z et I_{RU} :

$$V_e = 12 \text{ V et } R_U = 1 \text{ K}\Omega \quad I_Z = 37.2 \text{ mA} \quad I_{RU} = 20.7 \text{ mA}$$

En comparant ces résultats avec ceux obtenus au point 11, je constate que si l'on diminue R_U de moitié, le courant I_{RU} double. Le courant I_Z , lui, ne varie pratiquement pas.

13- Réglage des 2 potentiomètres à leur valeur maximum.

14- Réglage de la tension V_e à 15 V et mesure de la chute de tension aux bornes de chaque résistance:

$$V_{RS} = 5.2 \text{ V} \quad V_{RU} = 9.82 \text{ V}$$

15- Après avoir branché le voltmètre aux bornes du potentiomètre de résistance R_S , j'ai varié ce dernier jusqu'à que la tension à ses bornes commence par décroître.

j'ai arrêté le potentiomètre à une valeur de 5.1 V

16- Après avoir débranché du circuit la résistance R_S , j'ai mesuré sa valeur :

$$R_S = 378 \Omega$$

L'intensité du courant traversant la résistance est alors de :

$$I_{RS} = U_{RS}/R_S = 5.1/378 = 13.4 \text{ mA}$$

17- Calcul de l'intensité du courant (I_Z) traversant la diode Zener :

$$I_{RU} = U_{RU}/R_U = 9.82/5000 = 1.96 \text{ mA}$$

$$I_Z = I_{RS} - I_{RU} = 13.4 - 1.96 = 11.44 \text{ mA}$$

$$I_Z(\text{mesure}) = 11.3 \text{ mA}$$

Ce courant représente l'intensité minimale du courant traversant cette diode soit :

$$I_{Z(\text{MIN})} = 11.44 \text{ mA}$$

18- Après avoir remis le potentiomètre R_S à sa valeur maximale, j'ai branché le voltmètre aux bornes du potentiomètre R_U .

19- Fait décroître la valeur de ce potentiomètre tout en contrôlant la tension à ses bornes.

Point 20 et 21, aucune chute réelle constatée, aucune mesure possible. Je pense que cela vient des caractéristiques de la diode.

20- Lorsque la chute de tension aux bornes du potentiomètre R_U commence à dépasser la tension nominale de la diode Zener, j'ai arrêté le réglage.

Mesure de la résistance de ce potentiomètre après l'avoir débranché.

$$R_U =$$

21- Cette résistance est égale à la résistance de la diode Zener. Calcul de l'intensité du courant de Zener maximum admissible.

$$I_{Z(\text{MAX})} =$$

22- Circuit de la figure 31 réalisé sans la charge R_U .

23- Mesure de la valeur de la tension de sortie V_S pour chacune des valeurs de la tension V_e indiquées dans le tableau 7.

$V_e[V]$	$V_S[V]$	$V_R[V]=V_e-V_Z$	$I_Z[mA]$
0	0	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
0.5	0.57	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
1	1.06	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
1.5	1.56	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
2	2.07	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
2.5	2.56	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
4	4.07	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
4.5	4.57	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
6	6.06	0	$I_Z = I_R = V_R / R = 0/270 = 0$
6.5	6.2	0.33	$I_Z = I_R = V_R / R = 0.33/270 = 1.2$

$V_e[V]$	$V_s[V]$	$V_R[V]=V_e-V_Z$	$I_Z[mA]$
8	6.35	1.73	$I_Z = I_R = V_R / R = 1.73/270 = 6.4$
8.5	6.38	2.12	$I_Z = I_R = V_R / R = 2.12/270 = 7.85$
10	6.46	3.53	$I_Z = I_R = V_R / R = 3.53/270 = 13.1$
10.5	6.49	3.99	$I_Z = I_R = V_R / R = 3.99/270 = 14.78$
12	6.54	5.43	$I_Z = I_R = V_R / R = 5.43/270 = 20.1$
12.5	6.6	5.9	$I_Z = I_R = V_R / R = 5.9/270 = 21.8$
15	6.68	8.3	$I_Z = I_R = V_R / R = 8.3/270 = 30.7$

Tableau 7

- 24- Calcul de la valeur de l'intensité du courant de Zener pour chacune des valeurs de la tension V_s mesurées à l'étape 23 puis dans le tableau 7.
- 25- En se basant sur les caractéristiques "constructeur" de la diode Zener, calcul de l'intensité du courant de Zener maximum admissible:

Selon le tableau ci-dessous, $P_{max} = 500mW$ et $V_Z = 6.2 V$

$$I_{Z(MAX)} = P/U = 0.5/6.2 = 80.6 \text{ mA}$$

Electrical Characteristics										
TA = 25°C unless otherwise noted										
Device	V_Z^* (V)		Z_Z (Ω)	@ I_{ZT} (mA)	Z_{ZK} (Ω)	@ I_{ZT} (mA)	V_R (V)	@ I_R (μA)	T_c (mV/°C)	
	MIN	MAX							MIN	MAX
BZX79C 3V3	3.1	3.5	95	5.0	600	1.0	1.0	25	-3.5	0.0
BZX79C 3V6	3.4	3.8	90	5.0	600	1.0	1.0	15	-3.5	0.0
BZX79C 3V9	3.7	4.1	90	5.0	600	1.0	1.0	10	-3.5	+0.3
BZX79C 4V3	4.0	4.6	90	5.0	600	1.0	1.0	5.0	-3.5	+1.0
BZX79C 4V7	4.4	5.0	80	5.0	500	1.0	2.0	3.0	-3.5	+0.2
BZX79C 5V1	4.8	5.4	60	5.0	480	1.0	2.0	2.0	-2.7	+1.2
BZX79C 5V6	5.2	6.0	40	5.0	400	1.0	2.0	1.0	-2.0	+2.5
BZX79C 6V2	5.8	6.6	10	5.0	150	1.0	4.0	3.0	+0.4	+3.7
BZX79C 6V8	6.4	7.2	15	5.0	80	1.0	4.0	2.0	+1.2	+4.5
BZX79C 7V5	7.0	7.9	15	5.0	80	1.0	5.0	1.0	+2.5	+5.3

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Parameter	Value	Units
Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
Maximum Junction Operating Temperature	+ 200	°C
Lead Temperature (1/16" from case for 10 seconds)	+ 230	°C
Total Device Dissipation	500	mW
Derate above 25°C	4.0	mW/°C
Surge Power**	30	W

26- Calcul de l'impédance de Zener au voisinage de $V_s = 6 \text{ V}$

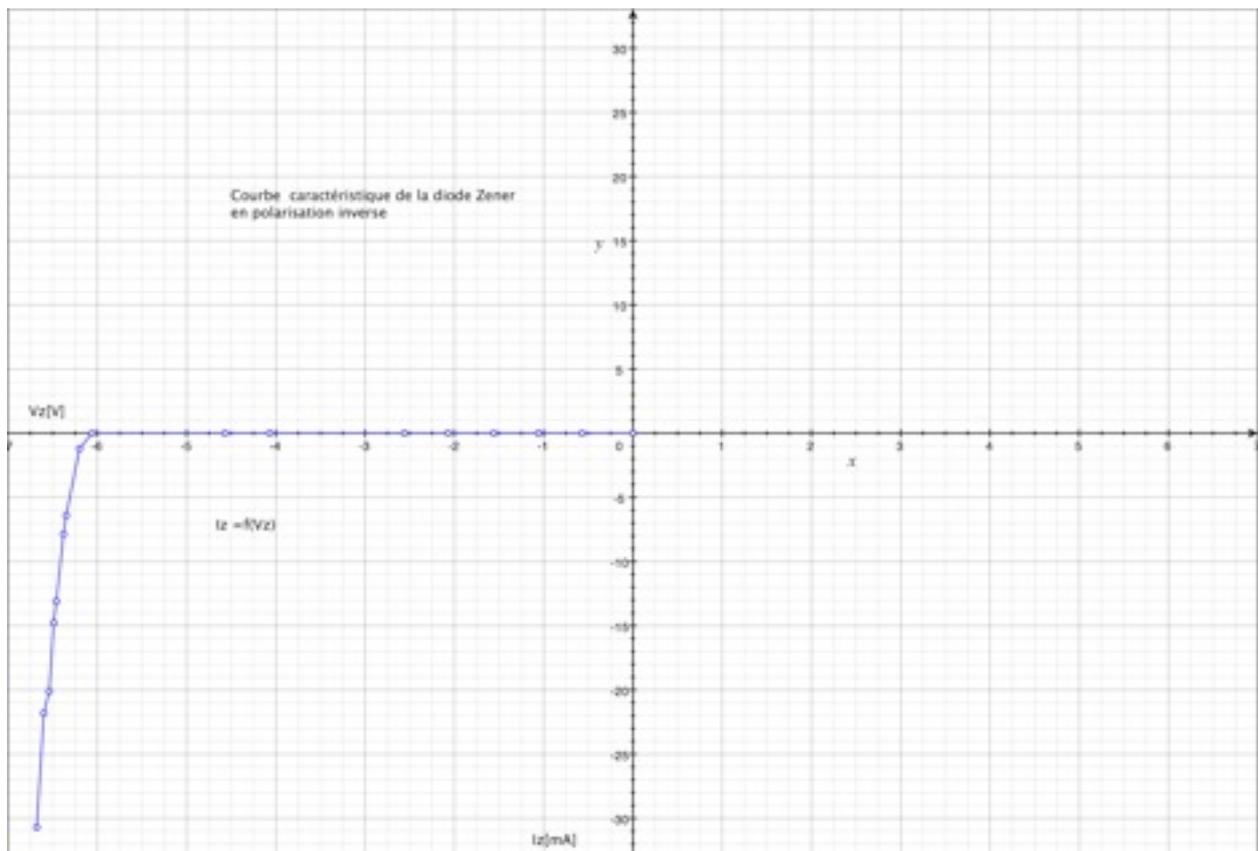
$$R_Z = V_s / I_{Z(\text{MAX})} = 6 / 80.6 \cdot 10^{-3} = 74.44 \Omega$$

27- Après avoir inversé les polarités de la diode Zener, j'ai mesuré la valeur de la tension de sortie V_s lorsque la tension d'entrée V_e est de 15 V.

$$V_s = 0.8 \text{ V} \quad \text{comme une diode standard}$$

28- Utilisation des données enregistrées dans le tableau 7 pour tracer les courbes caractéristiques directe et indirecte de la diode Zener soient :

$$I_Z = f(V_Z) :$$

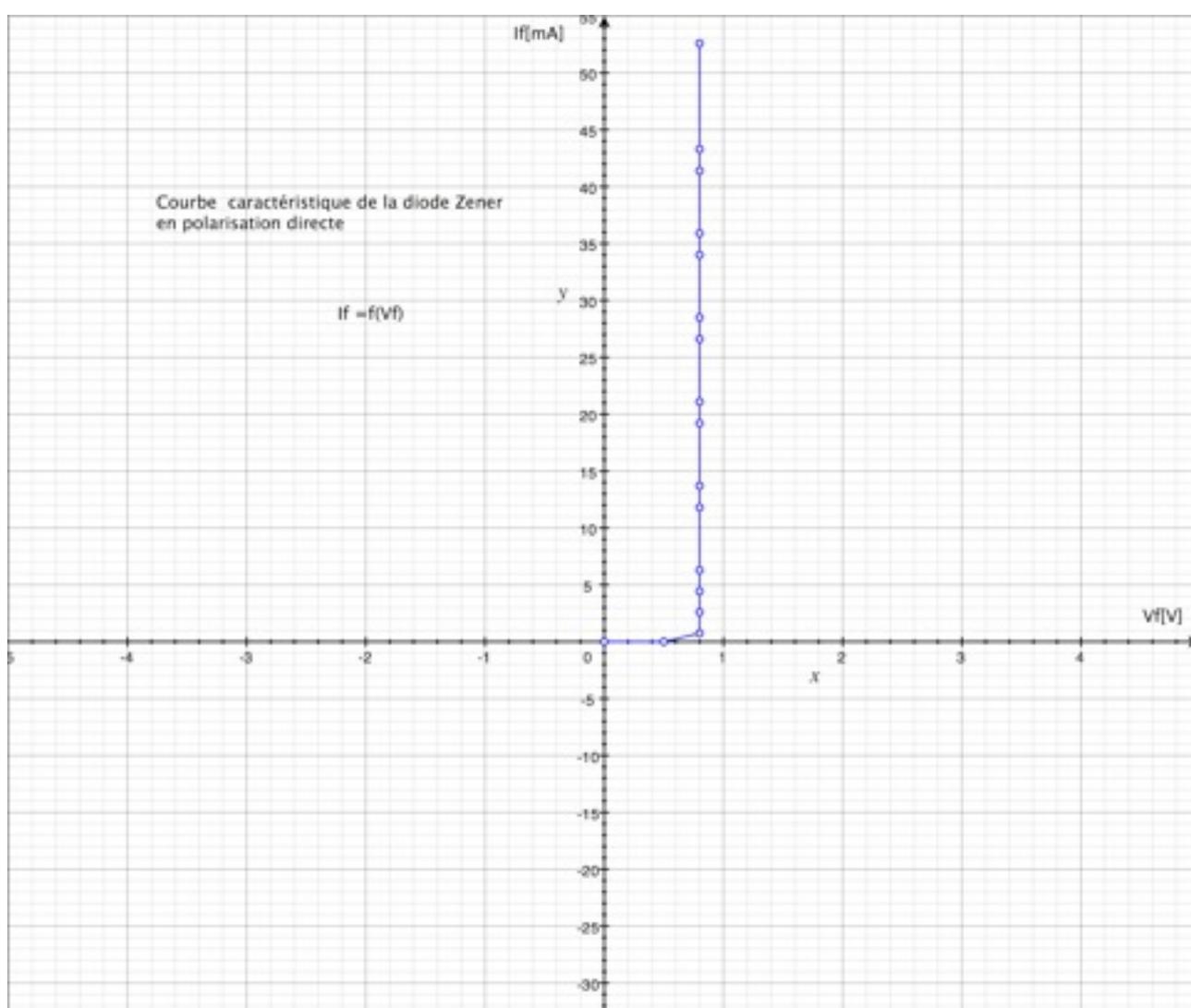


$$I_F = f(V_F) :$$

Mesure de la tension et du courant en polarisation directe

$V_e[V]$	$V_F[V]$	$V_R[V]=V_e-V_F$	$I_F[mA]$
0	0	0	$I_F = I_R = V_R / R = 0 / 270 = 0$
0.5	0.5	0	$I_F = I_R = V_R / R = 0 / 270 = 0$
1	0.8	0.2	$I_F = I_R = V_R / R = 0.2 / 270 = 0.74$
1.5	0.8	0.7	$I_F = I_R = V_R / R = 0.7 / 270 = 2.59$
2	0.8	1.2	$I_F = I_R = V_R / R = 1.2 / 270 = 4.44$
2.5	0.8	1.7	$I_F = I_R = V_R / R = 1.7 / 270 = 6.29$
4	0.8	3.2	$I_F = I_R = V_R / R = 3.2 / 270 = 11.8$
4.5	0.8	3.7	$I_F = I_R = V_R / R = 3.7 / 270 = 13.7$
6	0.8	5.2	$I_F = I_R = V_R / R = 5.2 / 270 = 19.2$
6.5	0.8	5.7	$I_F = I_R = V_R / R = 5.7 / 270 = 21.1$
8	0.8	7.2	$I_F = I_R = V_R / R = 7.2 / 270 = 26.6$
8.5	0.8	7.7	$I_F = I_R = V_R / R = 7.7 / 270 = 28.5$
10	0.8	9.2	$I_F = I_R = V_R / R = 9.2 / 270 = 34$
10.5	0.8	9.7	$I_F = I_R = V_R / R = 9.7 / 270 = 35.9$
12	0.8	11.2	$I_F = I_R = V_R / R = 11.2 / 270 = 41.4$
12.5	0.8	11.7	$I_F = I_R = V_R / R = 11.7 / 270 = 43.3$
15	0.8	14.2	$I_F = I_R = V_R / R = 14.2 / 270 = 52.6$

Traçage de la courbe, chaque point correspond à une tension d'entrée V_e allant de 0 à 15 V



En polarisation directe, une diode Zener se comporte comme une diode de type 1N400x à jonction PN et la tension à ses bornes reste stable quelque soit la tension d'entrée.

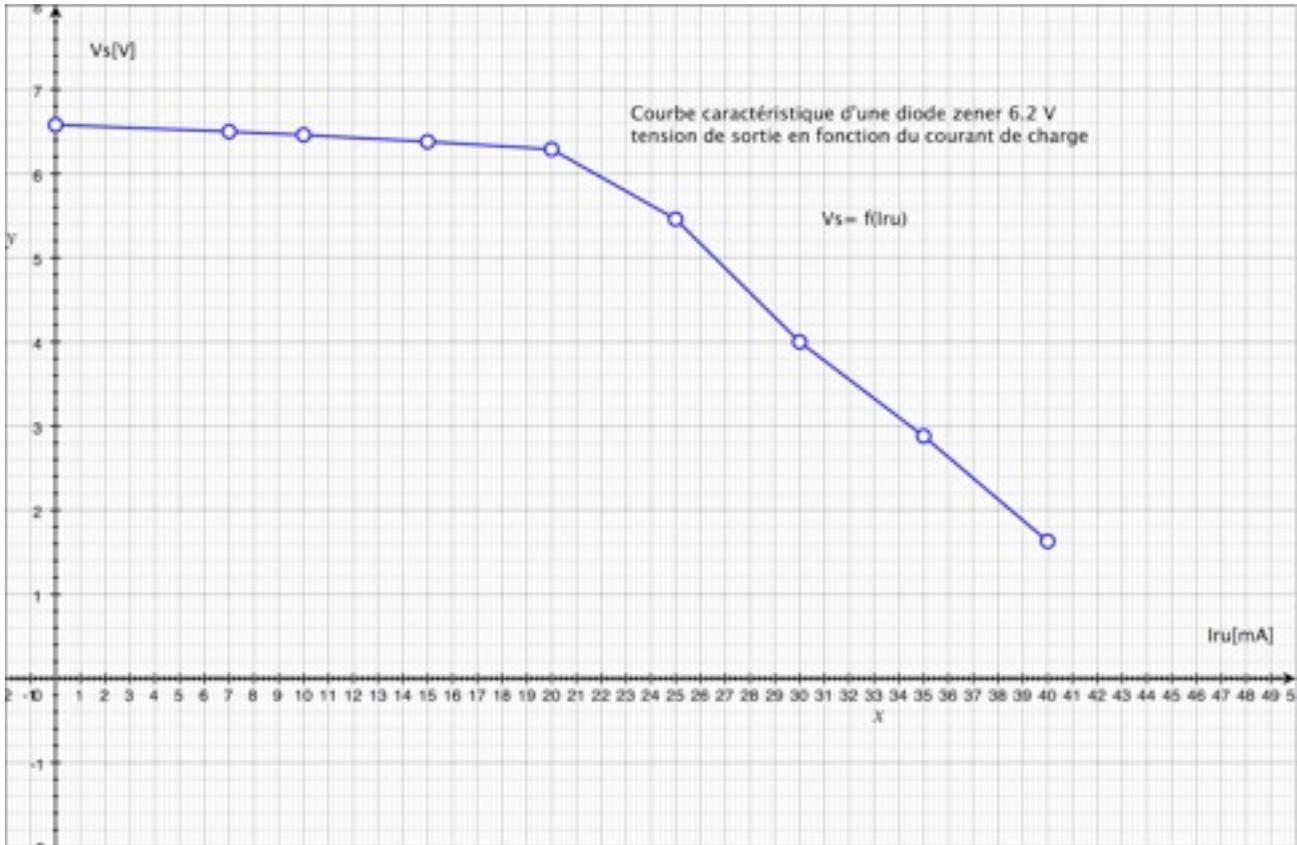
- 29- Branché la résistance de charge R_u ($1\text{ K}\Omega$) sur le circuit de la figure 31 et maintenu la tension V_e à 12 V.
- 30- Réglage de la résistance R_u de manière à obtenir un courant de charge $I_{R_u} = 0$. Mesure de la valeur de la tension de sortie V_s et notation de cette valeur dans le tableau 8

I_{R_u} [mA]	V_s (calcul) [V]	V_s (mesure) [V]
0	ne pas faire les calculs	6.58
7	ne pas faire les calculs	6.5
10	ne pas faire les calculs	6.46
15	ne pas faire les calculs	6.38
20	ne pas faire les calculs	6.29
25	ne pas faire les calculs	5.46
30	ne pas faire les calculs	4
35	ne pas faire les calculs	2.88
40	ne pas faire les calculs	1.63

Tableau 8

- 30- Réglage de la résistance de charge R_u de manière à obtenir un courant de charge $I_{R_u} = 0$. Mesure de la valeur de la tension de sortie V_s et noter cette valeur dans le tableau 8.
- 31- Réglage de la résistance R_u de manière à obtenir chacune des valeurs du courant de charge I_{R_u} indiquées dans le tableau 8. Mesure, pour chacun de ces courants, de la valeur de la tension de sortie V_s . Résultats notés dans le tableau 8. En interprétant ces résultats, je constate que à partir d'une certaine valeur de courant dans la résistance de charge, ce qui a pour effet de diminuer le courant Zener, la tension de sortie chute progressivement. Ce qui prouve que la tension Zener est assurée dans une plage de courant située entre V_{ZMIN} et V_{ZMAX} .

32- Traçage de la courbe caractéristique $V_s = f(I_{ru})$ avec les données du tableau 8.



En analysant cette courbe, je constate que la tension Zener est maintenue dans une plage de courant allant de 0 à 21 mA. Cela confirme les résultats obtenus dans le tableau 8.

33- Conclusions :

Cette expérience nous montre le fonctionnement d'une diode Zener en polarisation directe ou inverse, nous montre que cette diode a besoin d'un certain courant qui la traverse pour maintenir cette tension. Ces petits montages nous ont montré la fonction de régulateur à diode Zener.