

Rapport de laboratoire

**Ecole supérieure
Électronique Analogique**

Salle R112

Diodes en Commutation

Réalisé par :

Filipe Alexandre Oliveira Dias
Zitouni Bilal

A l'attention de :

Philippe Bovey
Juan José Moreno

Dates :

Début du laboratoire : 25 août 2025
Fin du laboratoire : 29 septembre 2025

Table des matières :

Diodes en Commutation	1
1 But du Laboratoire	5
2 Rappel théorique.....	5
2.1 Diodes de Redressement (1N4004).....	5
2.2 Diodes de signal ou de commutation (1N4148)	5
2.3 Diode Schottky (SB2100E-G)	5
2.4 Photodiode (INL-3APD80)	5
3 Analyse théorique	5
3.1 Schéma de mesure	5
3.2 Caractéristiques des Diodes	6
3.3 Dimensionnement de la résistance et de la fréquence	6
3.4 Fréquence	7
4 Simulation	7
4.1 Simulation 1N4004.....	7
4.2 Simulation 1N4148.....	7
4.3 Simulation SB2100E-G	8
4.4 Tableau de valeur	8
5 Mesures	8
5.1 Schéma de mesure et technique de mesure	8
5.1.1 Mesure 1N4004	9
5.1.2 Mesure 1N4148	9
5.1.3 Mesure SB2100E-G	10
6 Analyse des résultats.....	11
6.1 Analyse des résultats 1N4004	11
6.2 Analyse des résultats 1N4148	11
6.3 Analyse des résultats SB2100E-G.....	11
6.4 Analyse générale	11
7 Mesure additionnelle.....	12
7.1 Schéma de mesure (Effet Photorécepteur).....	12
7.2 Calculs Théorique	12
7.3 Mesure Photorécepteur	12
7.3.1 Méthode de meure	12
7.3.2 Caractéristique de la Photodiode	13
7.3.3 Résultat.....	13
7.4 Mesure Photovoltaïque	13
7.4.1 Schéma de mesure	13
7.4.2 Technique de mesure	13
7.4.3 Eclairage externe	13
7.4.4 Pénombre	13
7.5 MPP	13
7.6 Comparaison des montages	14
8 Conclusion	14
9 Annexe.....	15
9.1 Liste de matériel.....	15
9.2 Mesure 1N4004	15
9.3 Mesure 1N4148	15
9.4 Mesure SB2100E-G.....	16
9.5 Graphique MPP courant puissance	16

1 But du Laboratoire

Le but du TP est d'analyser en régime dynamique, différentes diodes est de comparer ces caractéristiques entre les valeurs théoriques, simulées et mesurées. Nous allons également relever les différentes utilités de ces dernières.

2 Rappel théorique

2.1 Diodes de Redressement (1N4004)

La diode 1N4004 permet au courant de passer dans un sens (le sens passant), et dans l'autre sens (le sens inverse) celle-ci empêche le courant de la traverser. On les appelle diodes de redressements, de son utilité de redressement en simple alternance d'un signal sinusoïdal.

2.2 Diodes de signal ou de commutation (1N4148)

La diode 1N4148 est une diode qui fonctionne avec des faibles courants, et qui est utile dans des circuits de traitements de signaux. Son nom de diode de commutation, vient du fait qu'elle commute très rapidement de l'état bloquant à l'état conducteur.

2.3 Diode Schottky (SB2100E-G)

La diode SB2100E-G est une diode à faible tension directe qui conduit à 0.85V. Les diodes Schottky sont des diodes réalisées avec une jonction métal-semi-conducteur, qui ont un temps de commutations quasi nul. En contrepartie, la tension inverse qu'elle peut supporter est plus faible, et on un courant de fuite élevé en sens inverse.

2.4 Photodiode (INL-3APD80)

La diode INL-3APD80 est considérée comme une diode spéciale, qui produit du courant lorsqu'elle reçoit de la lumière. Les Photodiodes en général, sont sensibles à certaines longueurs d'onde (les ondes UV par exemple), et sont utilisées comme capteurs de lumières dans des systèmes électroniques.

3 Analyse théorique

3.1 Schéma de mesure

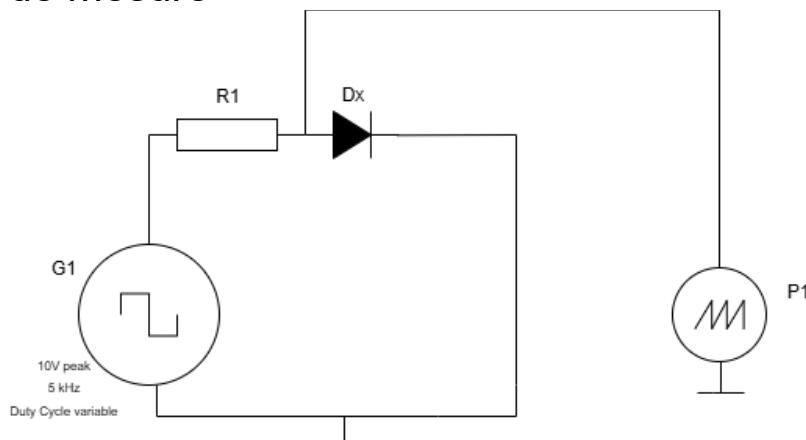


Figure 1 Schéma de montage

3.2 Caractéristiques des Diodes

Nom Caractéristique	1N4004	1N4148	SB2100E-G	Unité
U_j (pour un courant spécifique)	1.00	1.00	0.85	[V]
I_f	1.00	0.300	2.00	[A]
U_r (répétitif) ¹	0.400	75.0	70	[V]
U_r (claquage) ²	0.280	100	100	[V]
I_r (répétitif)	5.00	5.00	5.00×10^3	[μA]
I_r (claquage)	50.0	100	10.0×10^3	[μA]
t_{rr}	1000	4.00	-	[ns]

1 : Lorsqu'on atteint cette valeur, le composant peut être réutiliser.

2 : Lorsqu'on atteint cette valeur, le composant est détruit/défectueux.

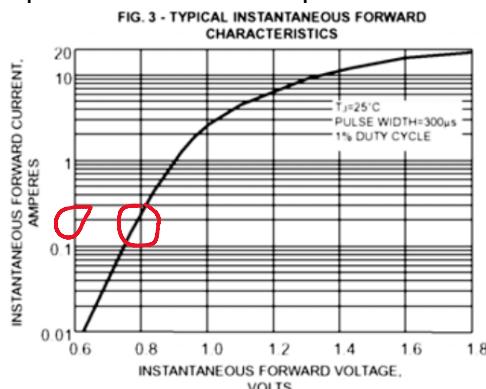
3.3 Dimensionnement de la résistance et de la fréquence

Pour ce point on nous impose un courant foward If de 200mA afin de ne pas endommager la diode lors des manipulations.

Pour la tension du générateur (UG) nous allons utiliser la même tension qu'indiquée pour la simulation. Donc 10Vp.

Pour la tension U_j vue que la courbe caractéristique entre la tension et le courant If n'est pas linéaire il faut se référer au courbe du datasheet.

Exemple avec la 1N4004 : pour un courant de 200mA nous avons une tension de 0.8 volt.



Diode de redressement 1N4004 :

$$\frac{UG - UJ}{200mA} = \frac{10V - 0.8V}{200mA} = 46\Omega$$

Diode de signal 1N4148 :

$$\frac{UG - UJ}{200mA} = \frac{10V - 1.05V}{200mA} = 44.75\Omega$$

Diode Schottky Sb2100 :

$$\frac{UG - UJ}{200mA} = \frac{10V - 0.59V}{200mA} = 47.05\Omega$$

Pour les mesures nous allons donc prendre une résistance de 47Ω comme charge pour notre montage.

3.4 Fréquence

Diode de redressement 1N4004 :

La fréquence utilisée pour 1N4004 sera de 100Hz, cette diode est souvent utilisée comme un pont de Gretz pour redresser l'alternance négatif d'une tension sortie du réseau donc 50Hz le signal redresser pas donc à 100Hz.

Diode de signal 1N4148 :

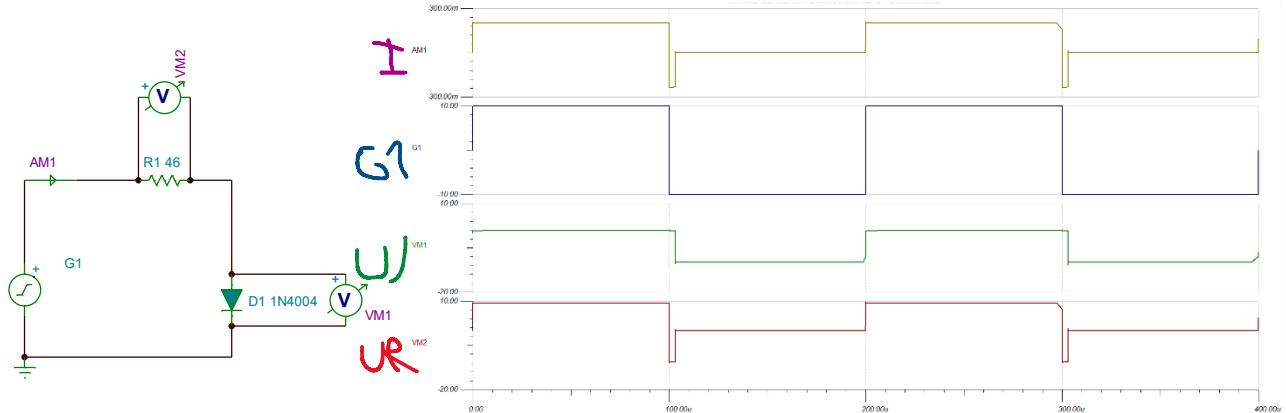
La fréquence type serait de 100Mhz à cause de son temps de recouvrement court

Diode de Schottky Sb2100 :

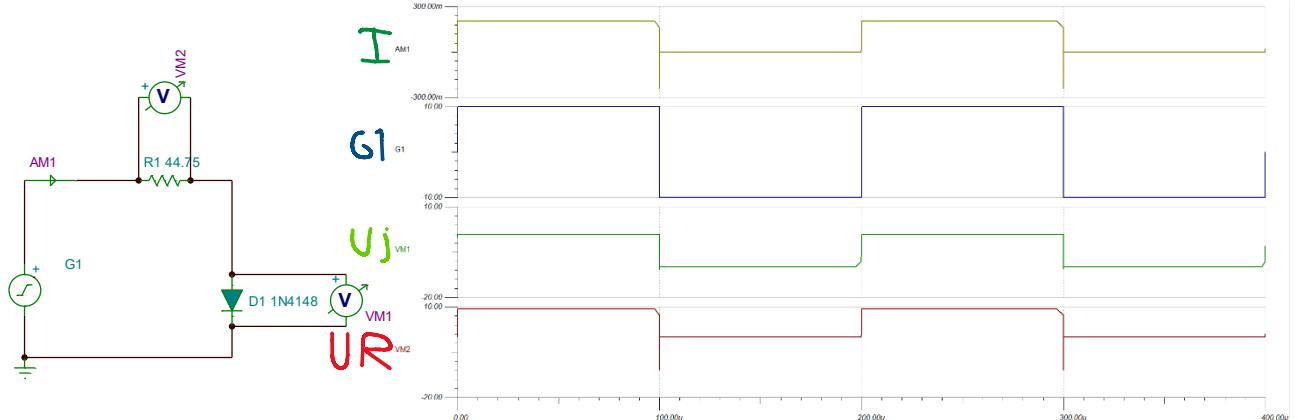
Pour cette diode, la fréquence serait de 1Mhz, on l'utilise beaucoup dans les circuits avec un temps de commutation rapide.

4 Simulation

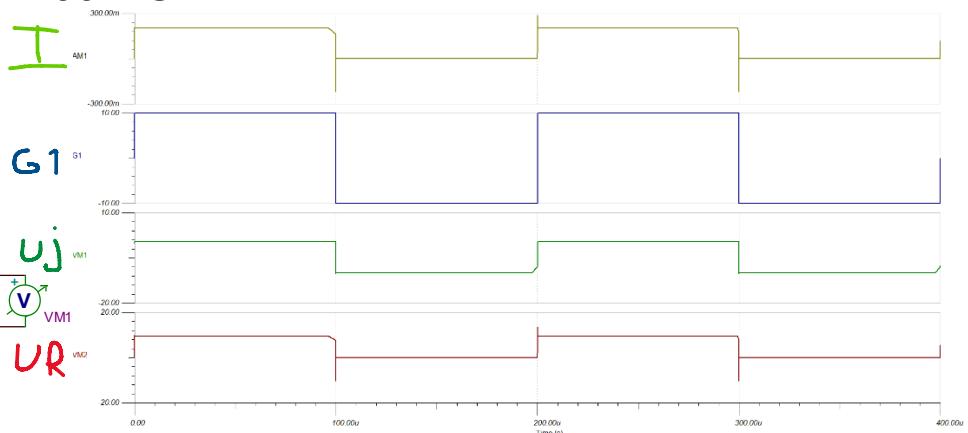
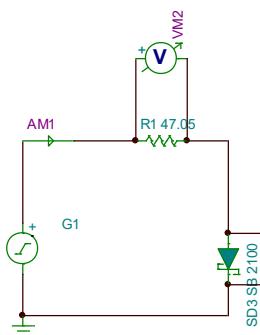
4.1 Simulation 1N4004



4.2 Simulation 1N4148



4.3 Simulation SB2100E-G



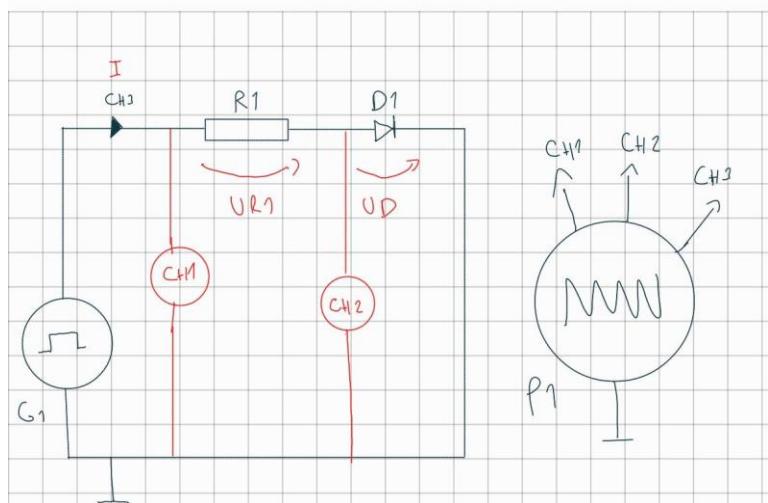
4.4 Tableau de valeur

Composant	1N4004			1N4148			SB2100E-G			Unité
Duty Cycle	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	
U _i (Comm ON)	745.21	667.7	637.13	841.93	842.3	841.84	181.72	420.9	181.72	[mV]
U _i (Comm OFF)	-10.74	-10	-10.87	-9.79	-10.45	-10.13	-10	-10.18	-9.93	[V]
U _R (Comm ON)	9.22	9.5	9.18	9.16	9.16	9.16	9.82	13.5	9.82	[V]
U _R (Comm OFF)	-10.67	-10.8	-10.73	-0.1064	-10.83	-0.3267	-0.3679	-10.37	-0.0719	[V]
I _{r max}	-231.89	-234.8	-232.87	-2.82	-241.9	-7.36	-7.82	-220.5	-17.42	[mA]
I _d	200.27	202.9	199.53	204.7	204.7	204.65	208.68	287.4	208.68	[mA]
t _{rr}	3590	3570	3560	362.49	266.05	432.62	74.03	22.96	72.87	[ns]

Remarques : Lors de la simulation, nous avons varié le dutty cycle entre 25% et 75% afin de comparer les valeurs lorsque le dutty cycle est à 50%. On peut constater que selon le composant utilisé, et selon le dutty cycle du générateur, le t_{rr} soit il augmente soit il diminue. On remarque aussi certains changements sur le courant I_{r max} et la tension U_R (Comm OFF) sur les composants 1N4148 et SB2100E-G.

5 Mesures

5.1 Schéma de mesure et technique de mesure



Les mesures seront calibrées selon les valeurs de CH1 de notre oscilloscope, ce dernier correspond à la tension en entrée de notre circuit afin de vérifier les valeurs.

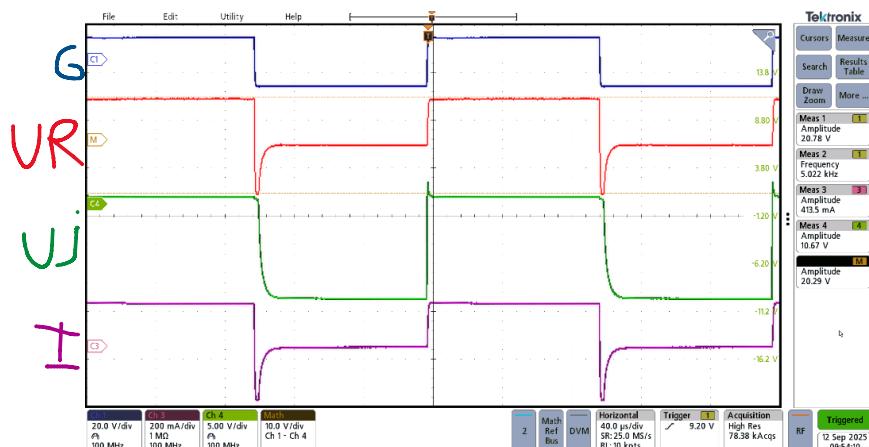
Pour UR1 nous allons utiliser la fonction math qui va afficher la différence entre CH1 et CH2 pour Ud (Uj sur le tableau) la valeur CH2 correspond à ce que nous cherchons.

Pour le courant nous utiliserons une sonde de courant et nous changerons l'échelle pour mesurer

Pour le pourcentage de l'erreur relative nous allons utiliser ce calcul.

$$\frac{\text{valeur pratique} - \text{valeur théorique}}{\text{valeur théorique}}$$

5.1.1 Mesure 1N4004



*Capture d'écran de toutes les mesures en annexe

Observation : la forme des signaux correspond à celle obtenue dans la simulation. Pour le trr nous avons une valeur différente de la datasheet car l'intensité et différentes. La mesure peut aussi expliquer l'écart que nous avons entre la mesure et la simulation. Nous avons utilisé la technique conseillée par le site de Texas instrument.

1. Power losses of a diode

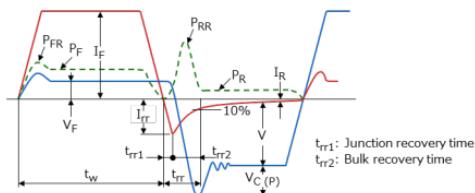
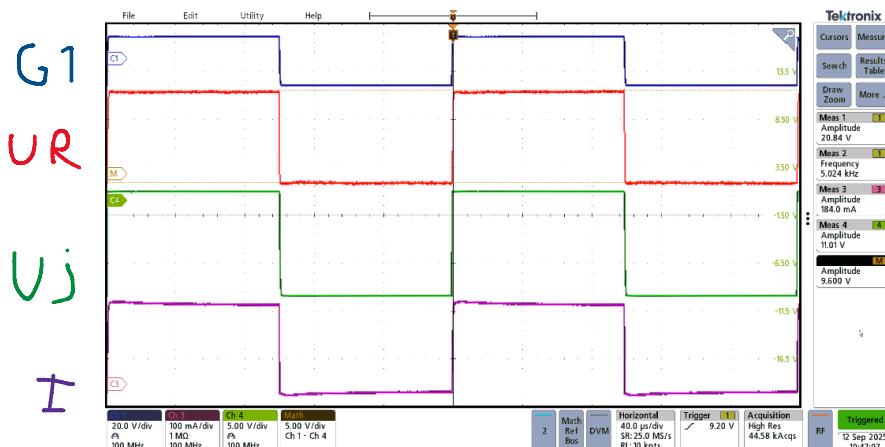


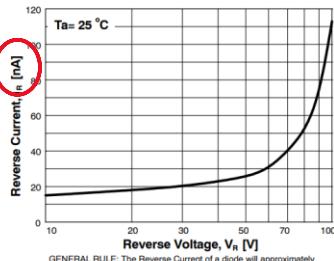
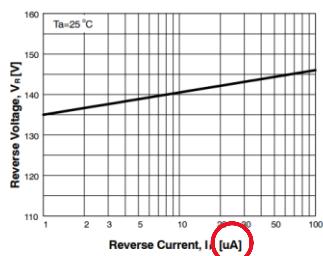
Figure 1.1 Example of a diode's switching waveform

5.1.2 Mesure 1N4148

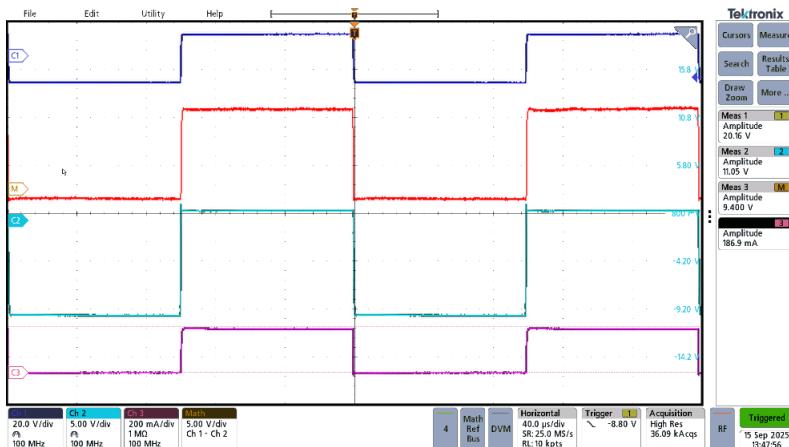


*Capture d'écran de toutes les mesures en annexe

Observation : Ici nous avons une différence entre la simulation et la mesure car sur une diode 1N4148 Zener on ne peut pas mesurer les tensions et courant reverse de la résistance avec une intensité aussi grande comme le montre les graphiques de la datasheet. Il faudrait une intensité ou une tension de l'ordre du micro-ampère. Le trr ne peut pas être mesurer car beaucoup trop petit.



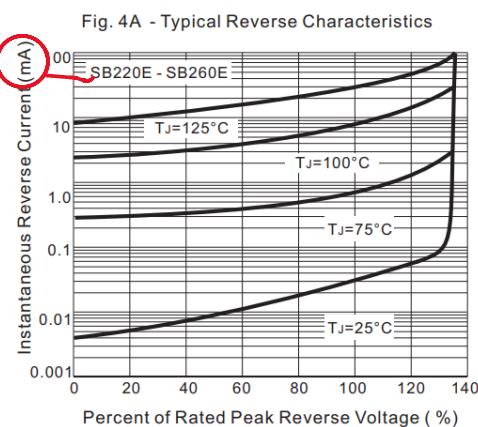
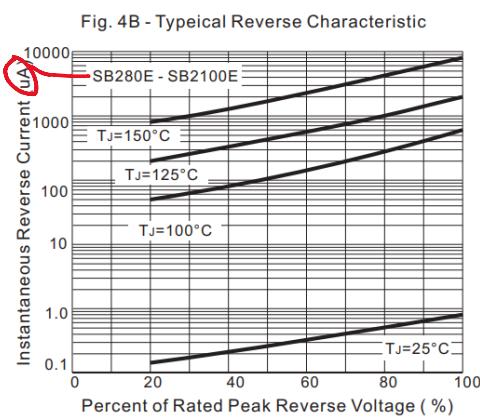
5.1.3 Mesure SB2100E-G



*Capture d'écran de toutes les mesures en annexe

Observation : Pour cette mesure, contrairement à la simulation sur U_j et U_r nous n'avons pas pic sur les tensions reverse. Sur la datasheet ceux-là s'explique avec les graphiques, on peut voir que nos 200mA sont trop élevé pour que le puisse voir se pic sur la mesure.

Pour le t_{rr} la différence peut s'expliquer sur la précision des curseurs et par le courant utilisé qui est différent. En effet une diode Schottky à un temps reverse très petit et difficile à mesurer.



6 Analyse des résultats

6.1 Analyse des résultats 1N4004

Nom caractéristique	Mesuré	Simulation	Unité	Erreur [%]
U_j (Comm ON)	856	668	[mV]	21.96
U_j (Comm OFF)	-9.84	-10	[V]	1.600
U_R (Comm ON)	8.83	9.5	[V]	7.052
U_R (Comm OFF)	-11.16	-10.8	[V]	3.226
$I_{r\max}$	181	-235	[mA]	22.98
I_d	-224	203	[mA]	9.375
t_{rr}	7.67	3.57	[ns]	53.46

Observation : les erreurs les plus grande son dû à la mesure du trr et de id car elles sont difficiles à mesurer avec précision.

6.2 Analyse des résultats 1N4148

Nom caractéristique	Mesuré	Simulation	Unité	Erreur [%]
U_j (Comm ON)	1080	842.3	[mV]	22.01
U_j (Comm OFF)	-9.877	-10.45	[V]	5.483
U_R (Comm ON)	8.46	9.16	[V]	7.642
U_R (Comm OFF)	-0.178	-10.83	[V]	98.36
$I_{r\max}$	180	-241.9	[mA]	25.59
I_d	-7.602	204.7	[mA]	96.29
t_{rr}	-	266	[ns]	-

Observation : les trr étant extrêmes rapides sur l'oscilloscope nous n'avons pas le pic de courant ou le pic de tension lors de certaines mesures

6.3 Analyse des résultats SB2100E-G

Nom caractéristique	Mesuré	Simulation	Unité	Erreur [%]
U_j (Comm ON)	1091	420.9	[mV]	61.42
U_j (Comm OFF)	-9.82	-10.18	[V]	3.536
U_R (Comm ON)	8.813	13.5	[V]	34.71
U_R (Comm OFF)	-0.693	-10.37	[V]	93.32
$I_{r\max}$	182	-220.5	[mA]	17.46
I_d	-10	287.4	[mA]	96.52
t_{rr}	85.5	22.96	[ns]	73.19

Observation : plusieurs différences entre la simulation et la mesure ceux-là peut être expliquer par plusieurs facteurs comme la précision lors de la mesure.

6.4 Analyse générale

Les résultats de mesure entre la datasheet du fabricant et la simulation/mesure s'explique car dans notre montage nous avons utilisé un courant de 200mA et une tension de 20Vpp alors que le fabricant a fait des tests avec une tension différente et un courant de 1A.

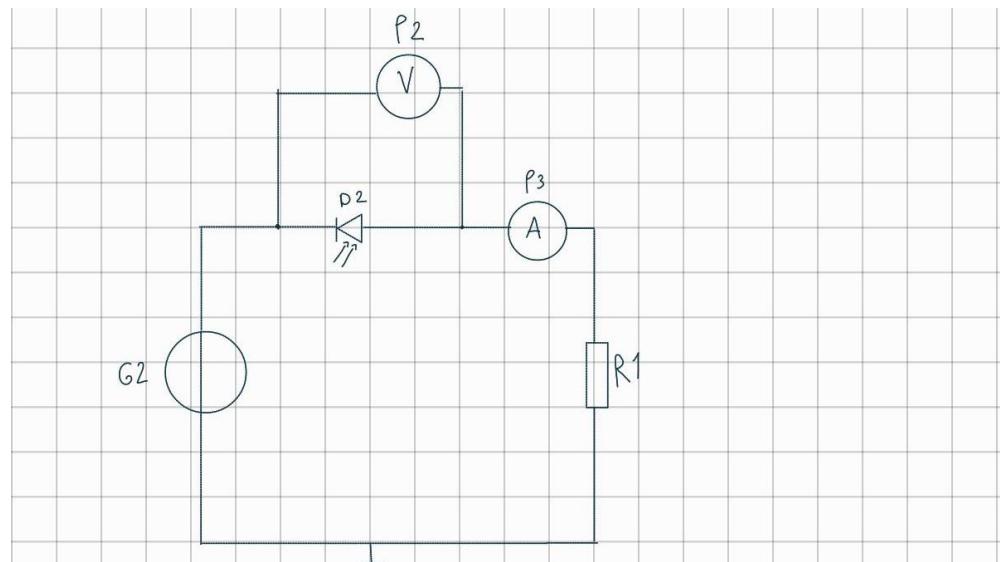
Entre la simulation et la mesure plusieurs facteur rentre en compte, avec la simulation nous pouvons paramétriser la plage de temps afin de faire apparaître les pics de tension et de courant ainsi que le trr. Avec une mesure sur l'oscilloscope pour des diodes avec un trr très petit comme pour la 1N4148 nous n'avons pas pu le mesurer. Sur plusieurs diodes nous obtenons des grandes différences entre certaine mesure car dans la simulation nous obtenons des signaux avec des pics plus précis.

Nous n'observons qu'aucune de ces diodes n'est parfaite, elles ont toutes un trr qui créé des pics de tension et de courants. Dans le cas d'une diode parfaire ces pics n'existeraient pas dans un cas idéal.

On peut aussi noter qu'un risque d'erreur peut être causé par l'oscilloscope, car ce dernier fait une conversion d'une tension analogique en digital. Qu'il trace les signaux en calculant plusieurs points. Et également l'impédance générée par la plaque de teste ainsi que les sonde de mesure, peuvent rentrer en compte d'un risque d'erreur.

7 Mesure additionnelle

7.1 Schéma de mesure (Effet Photorécepteur)



7.2 Calculs Théorique

$U = 5V$ choix de la tension arbitraire

$U_{Rmax} = 32V$ (Selon la datasheet du INL-3APD80)

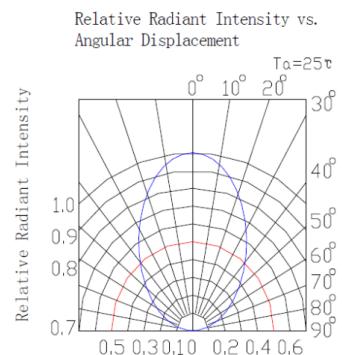
$P_D = 150mW$ (Selon la datasheet du INL-3APD80)

$$R_1 = \frac{U^2}{P_D} = \frac{5^2}{150 * 10^{-3}} = 166.7\Omega \Rightarrow 180\Omega \text{ (Résistance à disposition)}$$

$$I_{max} = \frac{P_D}{U_{Rmax}} = \frac{150 * 10^{-3}}{32} = 4.688mA$$

7.3 Mesure Photorécepteur

7.3.1 Méthode de mesure



Deux mesures seront effectuées une avec la photodiode éclairée (par le flash de notre téléphone) et une en cachant la diode avec une boîte noir (nos doigts).

Attention lors de l'éclairage à bien approcher la source de lumière et à l'inclinaison comme indiqué dans la datasheet

7.3.2 Caractéristique de la Photodiode

Comme tension d'alimentation on a pris une source de tension de 5V, car dans la datasheet la tension inverse est de 32V. La résistance du circuit, a été calculé à l'aide de la puissance total de dissipation de la photodiode qui était de 150mW. Le courant max admissible dans la photodiode, a également été calculé avec la puissance de dissipation et la tension reverse donné par le fabricant.

7.3.3 Résultat

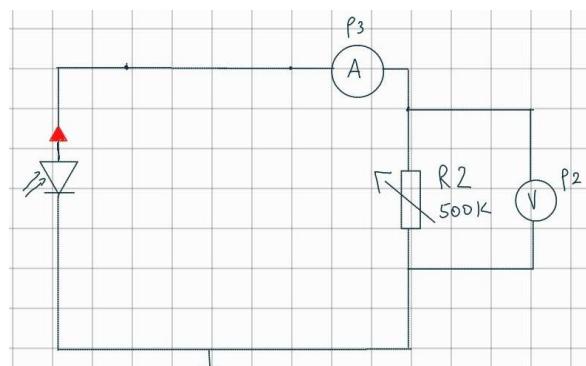
	Volt[V]	Ampère [mA]
Pénombre	5.04	0
Eclairage externe	4.51	1.20

Observation : On peut voir que dans la pénombre la tension est sa valeur maximum car aucun courant n'est généré, mais une fois la photodiode éclairée un courant se crée ce qui a pour conséquence de diminuer la tension de notre montage.

Comme vue en cours c'est au contact de la lumière que qu'un courant est généré car notre photodiode est branchée en inverse.

7.4 Mesure Photovoltaïque

7.4.1 Schéma de mesure



7.4.2 Technique de mesure

Le panneau photovoltaïque sert de générateur de tension, elle sera soumise à une source de lumière (flash du téléphone). Nous allons faire varier la résistance de charge et relever la tension et le courant pour pouvoir calculer la puissance optimale du MPP (most power point).

Grace au calcule : $U * I = P$. Nous obtenons la puissance.

7.4.3 Eclairage externe

Comme vue en cours le photon frappe la cellule photovoltaïque (composé d'une jonction N et P), ce qui crée des trous dans la jonction N les électrons dans la jonction P vont alors se déplacer et générer un courant électrique.

7.4.4 Pénombre

Sans source de lumière aucun courant n'est généré, vue que dans notre montage la photodiode fait office de générateur il faut absolument l'éclairer.

7.5 MPP

Comme expliqué au point 7.4.2 nous avons relevé plusieurs points de mesure, grâce à EXEL nous avons pu dessiner un graphique.

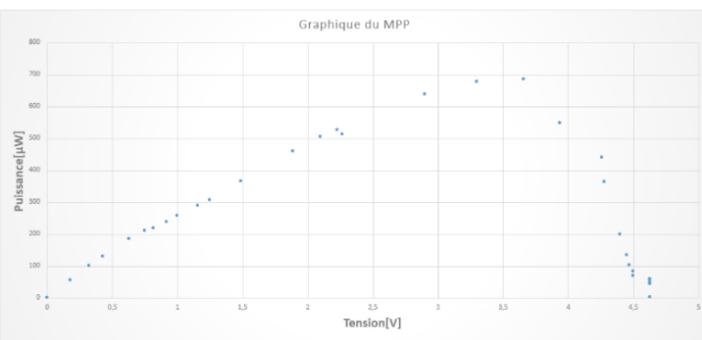


Figure 2: Graphique du MPP

Observation :

Voici un échantillon de notre tableau, les valeurs en jaune représentent le MPP que nous avons obtenue, nous pouvons aussi noter qu'en augmentant la résistance la tension augmente et l'intensité baisse. Cependant il faut une bonne combinaison de tension courant afin de trouver la bonne puissance comme montré dans le graphique (autre graphique puissance intensité en annexe).

7.6 Comparaison des montages

Comme vue sur les schémas les deux montages utilisent des photodiodes, mais ces diodes ne se branchent pas de la même façon, pour un photorécepteur dans le but et de mesurer la lumière nous allons brancher la diode en inverse avec une alimentation externe.

Pour le montage photovoltaïque la diode peut être branché en direct ou en inverse (la tension sera juste négative) et sans alimentation externe contrairement à l'autre montage. Nous avons également dans le cadre du TP prient beaucoup plus de mesure en mode photovoltaïque qu'en mode photoconducteur afin de trouver la puissance maximale.

8 Conclusion

Pour conclure dans ce travail de laboratoire nous avons étudié différentes diodes avec différentes utilisations/caractéristiques, nous avons relevé les valeurs des courants/tensions dans la datasheet, la simulation et le montage. On a vu qu'avec c'est trois méthodes on obtenait parfois une marge d'erreurs car les composants ont été testés dans différente condition par le fabricant que par nous lors de ce TP, on peut également noter une différence entre la simulation et le montage car en simulation il est possible d'imposer une échelle de temps plus petite et de pouvoir zoomer sur les signaux (notamment le trr et les pics de tension courant), contrairement au montage ou l'oscilloscope à une plage de temps minimum qu'on ne peut pas dépasser. A ne pas oublier que d'autres erreurs peuvent apparaître leur de la prise de mesure sur plaque de teste car les sondes et la plaques créent une impédance et que l'oscilloscope ainsi que le générateur de tension doivent être réglé correctement. Lors de la simulation on a fait varier le duty cycle de notre générateur afin de voir quel impact pouvait-il avoir, les changements les plus importants sont sur le trr ainsi que des changements sur I reverse et Uj comm off sur les diodes schottky et de signal.

Quelques difficultés ont été rencontrées lors de la prise de mesure pendant la partie montage car certaine diode avait un trr trop rapide comme la schottky et certaine imprécision obtenue avec l'oscilloscope.

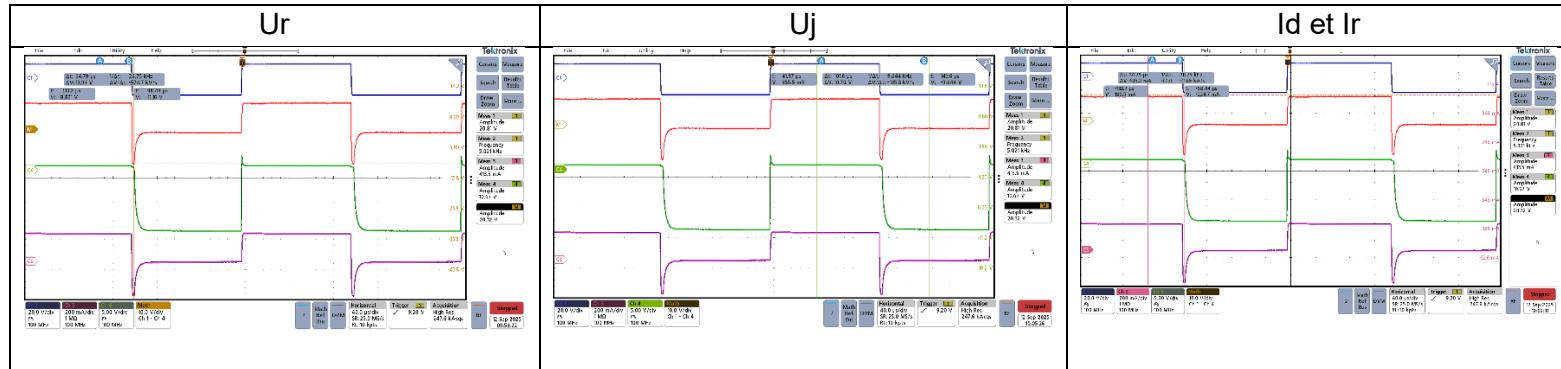
9 Annexe

9.1 Liste de matériel

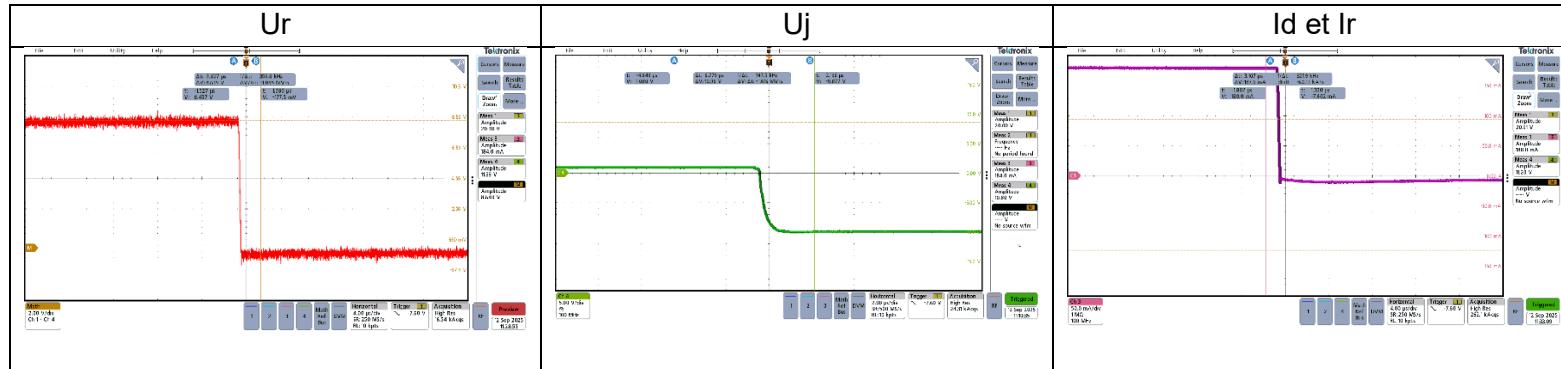
Nom sur le Schéma	Nom du composant/outil	Modèle/Type	Numéro d'appareil
G ₁	Générateur de fonction	TOE 7741	ES.SLO1.00.03.19 R112-05
G ₂	Alimentation DC	GW instek GPC-3030DQ	ES.SLO1.02.04 R112-05
P ₁	Oscilloscope	Tektronix MDO34	ES.SLO1.04.00.45 R112-05
P ₂	Multimètre (Voltmètre)	GW instek GDM-396	ES.SLO1.00.04.21 R112-05
P ₃	Multimètre (Ampèremètre)	GW instek GDM-396	ES.SLO1.00.04.20 R112-05
D ₂	INL-3APD80	Photodiode	-
D ₃	-	Panneau solaire	-
D _{x¹}	1N4004	Diode de Redressement	-
D _x	1N4148	Diode de Signal ou de Commutation	-
D _x	SB2100E-G	Diode Schottky	-
D _x	INL-3APD80	Photodiode	-

1 : Comme la diode sur le Schéma sera changer entre chaque mesure, on a décidé d'appeler toutes les diodes D_x.

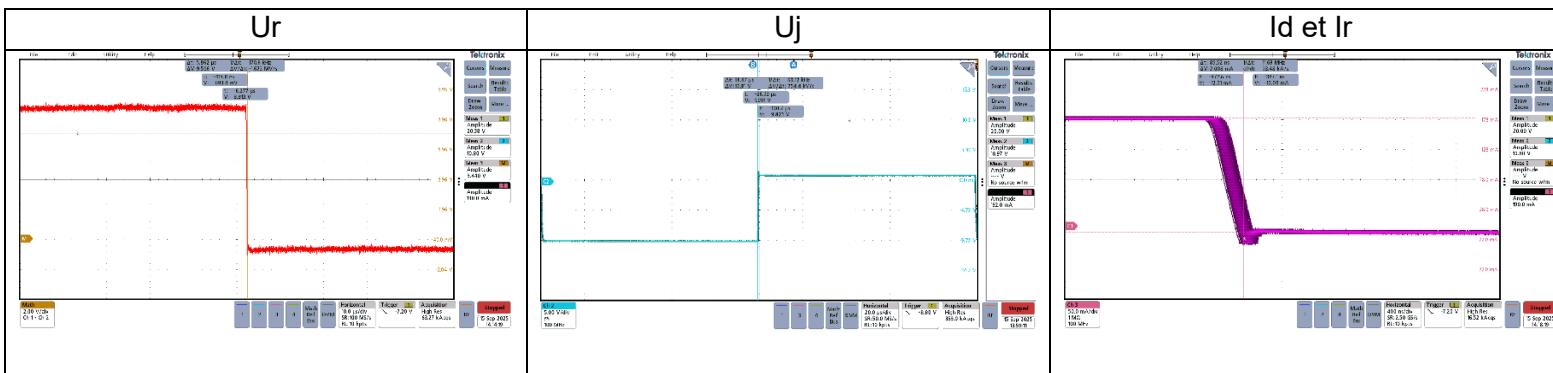
9.2 Mesure 1N4004



9.3 Mesure 1N4148



9.4 Mesure SB2100E-G



9.5 Graphique MPP courant puissance

