

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure
Électronique

Laboratoire ELAN
Salle R112

Diodes en commutation

Réalisé par :

Samuel Villard
Schneider Sebastian

A l'attention de :

M. Moreno et
M. Bovet

Dates :

Début du laboratoire : 25.08.2025
Fin du laboratoire 29.09.2025

Table des matières :

Diodes en commutation	1
1 Contexte et objectif.....	5
2 Méthode de mesure	5
2.1 Conditions de mesure	5
2.2 Réglage des appareils.....	5
2.2.1 L'oscilloscope.....	5
2.2.2 Le générateur de fonctions.....	5
2.3 Liste de matériel	5
2.4 Schéma de mesure	5
2.5 Précautions et vérifications initiales.....	6
2.6 Marche à suivre.....	6
3 Approche théorique	6
3.1 Diode 1N4004	6
3.1.1 Caractéristiques	6
3.1.2 Dimensionnement de la résistance	6
3.2 Diode 1N4148	7
3.2.1 Dimensionnement de la résistance	7
3.3 Diode SB 2100E-G.....	7
3.3.1 Dimensionnement de la résistance	7
3.4 Fréquence d'utilisation	7
4 Simulation	8
4.1 Schéma de simulation	8
4.2 Résultats des simulations.....	8
4.3 Comparaison.....	8
4.4 Duty Cycle.....	8
5 Mesures	9
5.1 Erreurs liées aux mesures.....	9
5.2 Résultats de mesures.....	9
5.3 Comparaison des diodes.....	9
5.4 Comparaison des tests et analyse.....	9
5.5 Forme du courant mesuré par rapport à la diode idéale	9
6 Mesure additionnelle	10
6.1 Schéma de mesure en mode photorécepteur.....	10
6.2 Schéma de mesure en mode photovoltaïque	10
6.3 Méthode de mesure	10
6.3.1 Liste de matériel.....	10
6.3.2 Réglage des appareils	10
6.3.2.1 L'Alimentation	10
6.3.2.2 Les multimètres.....	10
6.3.3 Marche à suivre	10
6.4 Caractéristiques de la photodiode	11
6.5 Caractéristiques de la cellule photovoltaïque.....	11
6.6 Résultats des mesures	11
6.6.1 Mesure de la photodiode en fonction de la luminosité	11
6.6.2 Mesure photovoltaïque.....	11
6.6.3 Remarques concernant la précision des mesures	12
6.7 MPP de la photodiode en montage photovoltaïque	12
6.8 MPP du panneau photovoltaïque	13
6.9 Comparaison des deux montages	13
7 Conclusion	14
7.1 Difficultés et Améliorations	14
8 Annexes	15

8.1 Liste de matériel	15
8.2 Simulation	15
8.2.1 1N4004	15
8.2.2 1N4148	17
8.2.3 SB 2100E-G	18
8.3 Mesure des diodes	19
8.3.1 1N4004	19
8.3.2 1N4148	20
8.3.3 SB2100E-G	21
9 Sources	22
 Tableau 1 - Caractéristiques de la diode 1N4004	6
Tableau 2 - Caractéristiques de la diode 1N4148	7
Tableau 3 - Caractéristiques de la diode SB 2100E-G	7
Tableau 4 - Résultats des simulations des diodes	8
Tableau 5 - Résumé des résultats des mesures des caractéristiques des diodes	9
Tableau 6 - Caractéristiques principales de la photodiode	11
Tableau 7 - Caractéristiques principales de la cellule solaire	11
Tableau 8 - Mesures de la photodiode en fonction de la luminosité	11
Tableau 9 - Mesures de la photodiode en fonction de la luminosité en mode photovoltaïque	11
Tableau 10 - Mesures de la cellule solaire en fonction de la luminosité en mode photovoltaïque	11
 Tableau 11 - Mesure du MPP de la photodiode	12
Tableau 12 - Mesure du MPP de la cellule solaire	13
Tableau 13 - Liste d'instruments	15

1 Contexte et objectif

Ce rapport présente un TP d'électronique analogique réalisé en première année de génie électrique à l'ETML-ES. Il s'agit d'un travail à deux, où les mesures ont été réalisées dans le laboratoire d'électronique numéro R112.

L'objectif principal de ce Travail Pratique est d'analyser le régime dynamique (commutation ON/OFF) de différentes diodes, y compris des diodes de redressement, de commutation rapide et Schottky. Nous observons le courant et la tension lors de la commutation afin de vérifier si les approximations de la diode idéale sont valides et de comparer l'impact du temps de recouvrement inverse en fonction du type de composant.

De plus, une mesure additionnelle est intégrée au TP. Il s'agit de caractériser une photodiode et une cellule solaire. Nous déterminerons le Point de Puissance Maximale (MPP) pour des conditions d'éclairement fixées.

2 Méthode de mesure

2.1 Conditions de mesure

La mesure a été effectuée dans des conditions de température standards (environ 23 °C), sans échauffement préalable des composants.

2.2 Réglage des appareils

2.2.1 L'oscilloscope

L'oscilloscope est branché en haute impédance ($1M\Omega$) pour ne pas perturber la mesure, avec un couplage d'entrée DC.

La base de temps est ajustée pour être suffisamment rapide afin d'observer en détail les temps de recouvrements (trr).

Le trigger est réglé en mode auto, flanc montant.

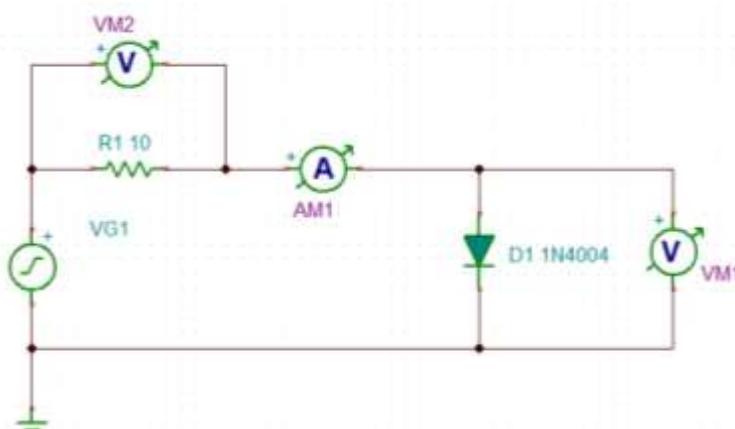
2.2.2 Le générateur de fonctions

Pour les signaux, un signal carré est généré. L'amplitude du signal est réglée au départ selon la valeur théorique calculée. Ensuite nous l'ajustons si le courant sur la diode paraît trop faible pour avoir un courant minimal de 200 mA comme il est demandé dans la donnée.

2.3 Liste de matériel

La liste complète et détaillée des instruments de mesure (oscilloscope, générateur, multimètres) et des composants utilisés (diodes, photodiode, panneau solaire), incluant les références et les numéros d'inventaire, est reportée au chapitre 8.1.

2.4 Schéma de mesure



Pour la mesure les appareils représentés ici sont des sondes d'oscilloscope.

Figure 1 - Schéma de mesure des diodes

2.5 Précautions et vérifications initiales

Mettre les sondes des bonnes couleurs sur les bons ports de l'oscilloscope pour éviter les erreurs de mesures. Vérifier que le courant est bien d'au moins 200mA. Vérifier le sens des différentes diodes.

2.6 Marche à suivre

Le montage est réalisé sur plaque d'expérimentation, en veillant notamment au sens de branchement des diodes et à l'utilisation du générateur pour l'alimentation en courant.

1. **Génération du Signal** : Le générateur de fonction est configuré pour délivrer un signal rectangulaire à 5kHz avec un offset nul et une amplitude ajustée pour obtenir un courant d'au moins 200mA.

2. **Placement des sondes** : La tension aux bornes de la diode et la tension aux bornes de la résistance sont mesurées en haute impédance à l'oscilloscope. Le courant est mesuré en série à l'aide de la sonde de courant fournie. Avant d'utiliser la sonde de courant, une remise à 0 est faite à vide afin de la calibrer.

3. **Mesure des caractéristiques** : La base de temps de l'oscilloscope est ajustée pour observer précisément le régime dynamique (commutation ON/OFF). Le déclenchement est réglé sur le flanc montant (mode auto). Les curseurs de l'oscilloscope sont utilisés pour relever les valeurs des caractéristiques demandées. La mesure du trr est faite comme discuté durant le cours, c'est-à-dire que l'on se base selon la méthode du fabricant de semiconducteurs TOSHIBA (Source en fin de rapport).

3 Approche théorique

3.1 Diode 1N4004

3.1.1 Caractéristiques

Nom caractéristique	Valeur	Unité
Uf max	1.1@ 2.0A	[V]
If	1@ 60 Hz, TA = 75°C	[A]
Ur	280	[V]
Ir max	10@ (TJ = 25°C)	[uA]
trr	30	[us]

Tableau 1 - Caractéristiques de la diode 1N4004

3.1.2 Dimensionnement de la résistance

On souhaite un courant forward de 200mA, avec une tension d'alimentation du circuit U de 2.83V.

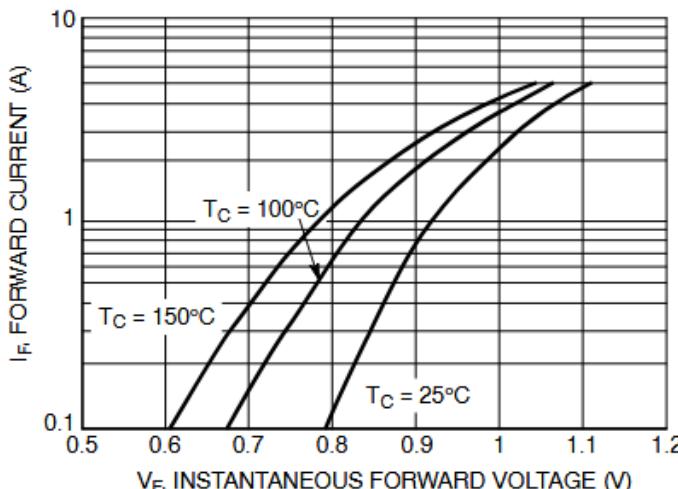


Figure 1. Typical Forward Voltage

Figure 2 - La tension U_f de la diode se trouve à environ 0.83V sur la datasheet avec un courant I_f de 200mA.

Tension sur la résistance :

$$U_r = U - U_f = 2.83 - 0.83 = 2 V$$

$$R = \frac{U_r}{I} \Rightarrow \frac{U - U_f}{I} = \frac{2.83 - 0.83}{200 * 10^{-3}} = 10 \Omega$$

Figure 2 - Tension en fonction du courant If dans la diode 1N4004

3.2 Diode 1N4148

Nom caractéristique	Valeur	Unité
Uf max	1@ IF= 10mA	[V]
If	300	[mA]
Ur	75	[V]
Ir max	25@ VR= 20V	[nA]
trr	4.0 @IF= 10mA to IR=1.0mA VR= 6.0V, RL= 100Ω	[ns]

Tableau 2 - Caractéristiques de la diode 1N4148

3.2.1 Dimensionnement de la résistance

Avec un courant I forward de 200 mA, la tension Uf de la diode se trouve à 1V sur la datasheet¹. On choisit d'alimenter le circuit avec une tension de 3V.

$$Ur = U - Uf = 3 - 1 = 2V$$

$$R = \frac{Ur}{I} = \frac{2}{200 * 10^{-3}} = 10 \Omega$$

3.3 Diode SB 2100E-G

Nom caractéristique	Valeur	Unité
Uf	0.85@ 2.0A	[V]
If	2@ TA=75°C	[A]
Ur	70	[V]
Ir	0.5@ TA=25°C	[mA]
trr	500@200mA ²	[ns]

Tableau 3 - Caractéristiques de la diode SB 2100E-G

3.3.1 Dimensionnement de la résistance

I = 200mA -> Tension de seuil Uf : 0.6V environ / U alim : 3V

Tension sur la résistance :

$$Ur = U - Uf = 3 - 0.6 = 2.4 V$$

$$R = \frac{Ur}{I} \Rightarrow \frac{U - Uf}{I} = \frac{3 - 0.6}{200 * 10^{-3}} = 12\Omega$$

3.4 Fréquence d'utilisation

Un seul flanc de transition d'un signal carré suffit pour voir l'effet de recouvrement inverse. Afin de pouvoir réaliser les mesures et voir les effets de manière raisonnable avec une vue d'ensemble nous avons choisi une fréquence d'utilisation de 5kHz comme demandé. Si on commençait à passer dans des fréquences qui vont dans les Mhz il faudrait commencer à faire attention au type de diode qu'on prend car les plus lentes n'auront pas une vitesse de recouvrement suffisante.

1 Tableau Figure 1, page 2 de la datasheet du fabricant Diodes Incorporated

2 Selon la doc [Digikey](#)

4 Simulation

4.1 Schéma de simulation

Voir Figure 1 - Schéma de mesure des diodes

4.2 Résultats des simulations

Les simulations se trouvent en annexe.

/Duty cycle	50%			
Nom de la caractéristique	1N4004	1N4148	SB2100E-G	Unité
Uf (Comm ON)	913,77	908,81	550,22	[mV]
Uf (Comm OFF)	-10,0	-10,0	-9,99	[V]
Ur (Comm ON)	9,90	9,09	9,45	[V]
Ur max (Comm OFF)	-10,82	-10,89	-10,48	[V]
If	908,62	909,12	944,98	[mA]
Ir max	1,08	-1,09	-1,05	[A]
trr	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$13,6 \cdot 10^{-9}$	$9,18 \cdot 10^{-9}$	[s]

Tableau 4 - Résultats des simulations des diodes

4.3 Comparaison

On peut constater que les diodes partagent des caractéristiques similaires, comme Uf (Comm OFF) où on peut voir qu'elles bloquent bien à 10V. On peut aussi voir que le courant If est lui aussi similaire entre les différentes diodes. On constate des changements au niveau de Uf (Comm ON) notamment pour la SB2100E-G qui a une tension plus faible qui est plus faible que dans la partie théorique (les conditions de mesure ne sont pas les mêmes que dans la datasheet), mais qui gardent un écart significatif avec les deux autres. Le point le plus différent est très clairement le trr où autant avec la 1N4148 et la SB2100E-G ont à des valeurs assez proches et qui sont rapides, la 1N4004 est beaucoup plus lente.

Dans l'ensemble, les valeurs mesurées sur la simulation sont dans les mêmes ordre de grandeur que ce qui se trouve dans les datasheets, et la différence doit en grande partie venir du fait que les conditions de test et de mesure sont différentes.

4.4 Duty Cycle

L'impact du rapport cyclique va dépendre de la fréquence à laquelle le signal est envoyé. Si on reprend notre cadre de simulation avec 5kHz d'un signal carré à 50% on ne constate pas de problème. Cependant imaginons qu'on passe le rapport cyclique à 10% ça voudrait dire que pour notre fréquence on aurait un temps haut de 20 µs. Un problème pourrait survenir avec notre diode 1N4004. En effet dans la datasheet il est écrit que le trr est de 30 µs, et donc un temps plus lent que notre changement d'état, ce qui aurait comme conséquence la diode qui n'a pas le temps de faire changer le sens du courant et donc de ne pas faire passer l'impulsion.

5 Mesures

5.1 Erreurs liées aux mesures

Il est possible qu'il y ait des erreurs liées aux appareils de mesure, car les valeurs mesurées sont très faibles et on atteint parfois les limites de l'oscilloscope, ce qui pourraient causer des imprécisions dans les mesures sans parler de la calibration de la sonde de courant.

5.2 Résultats de mesures

Les oscillogrammes se trouvent en annexe.

/Duty cycle	50%			
Nom de la caractéristique	1N4004	1N4148	SB2100E-G	Unité
Uf (Comm ON)	$920 \cdot 10^{-3}$	1,04	$568,4 \cdot 10^{-3}$	[V]
Uf (Comm OFF)	-3,185	-3,20	-2,80	[V]
Ur (Comm ON)	3,20	3,176	2,68	[V]
Ur max (Comm OFF)	-3,152	-2,200	-1,96	[V]
If	200,9	200	200	[mA]
Ir max	-322,1	-8,00	-16,0	[mA]
trr	$8,44 \cdot 10^{-6}$	$12,2 \cdot 10^{-9}$	$38,8 \cdot 10^{-9}$	[s]

Tableau 5 - Résumé des résultats des mesures des caractéristiques des diodes

5.3 Comparaison des diodes

La diode 1N4004 présente le TRR le plus long, démontrant sa lenteur à rétablir l'état bloqué, ce qui la rend inutilisable à haute fréquence. Le courant inverse maximal est également le plus élevé. La diode 1N4148 possède un TRR très court ainsi qu'un courant inverse maximal nettement réduit, confirmant son usage pour la commutation rapide.

La diode Schottky SB2100E-G malgré son TRR légèrement plus élevé que la diode 1N4148 présente des caractéristiques similaires. On voit également que la tension de seuil Uf est plus faible en comparaison aux autres.

L'ensemble des valeurs correspond mais avec notre montage on obtient des valeurs différentes mais cohérentes pour notre montage. On constate que la différence majeure entre les diodes c'est le trr, comme dans la théorie.

5.4 Comparaison des tests et analyse

On peut comparer le Uf (Comm ON) et trr, car comme notre montage est différent et qu'on test pas les caractéristiques maximums on ne peut comparer que ça. Les valeurs théoriques, simulées et mesurées sont proche les unes des autres avec quelques variations dû au fait que les composants ont des tolérances et qu'on simule de manière idéale les composants.

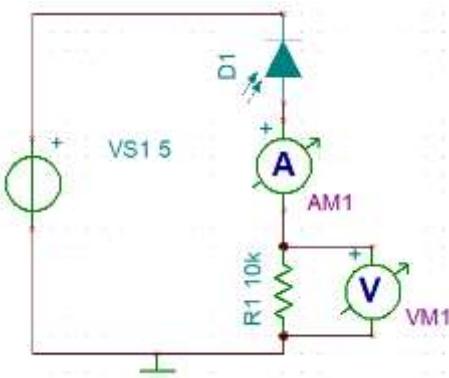
Oui le courant mesuré ressemble à celui présent dans la donnée. Pour la diode parfaite on peut comparer à la simulation et les graphiques correspondent. Pour les mesures pratiques, on obtient un signal proche du premier signal dans la donnée mais avec un temps trr et une tension plus faible, car l'objectif est de nous montrer ce que l'on est censé voir et donc dans la réalité, c'est la même chose mais moins prononcé.

5.5 Forme du courant mesuré par rapport à la diode idéale

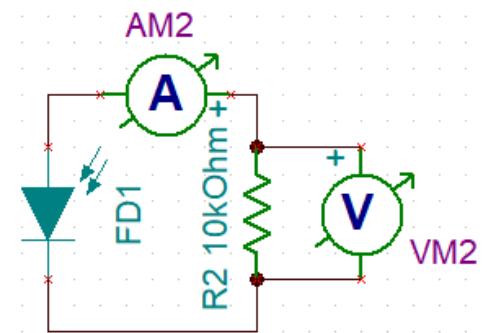
La pointe de courant négative maximale est la manifestation physique immédiate de la nécessité d'évacuer la charge stockée de la jonction PN lorsque la diode passe de l'état conducteur à l'état bloqué. Tant que cette charge n'est pas complètement vidée, la diode reste transitoirement en conduction, permettant à un courant négatif important de circuler pendant toute la durée du temps de recouvrement inverse (trr).

6 Mesure additionnelle

6.1 Schéma de mesure en mode photorécepteur



6.2 Schéma de mesure en mode photovoltaïque



Ici FD1 peut s'agir de la cellule solaire ou de la photodiode.

6.3 Méthode de mesure

6.3.1 Liste de matériel

La liste de matériel se trouve en annexe.

6.3.2 Réglage des appareils

6.3.2.1 L'Alimentation

L'alimentation DC est réglée sur une tension inverse de 5V pour la photodiode. La tension inverse maximale admissible pour la photodiode est de 30 V₃.

6.3.2.2 Les multimètres

Nous avons utilisé deux multimètres numériques (AM1 et VM2). L'ampèremètre (AM1) a été mis en série pour mesurer le courant, tandis que le voltmètre (VM2) a été placé en parallèle à la résistance de charge pour mesurer la tension.

Pour la détermination du Point de Puissance Maximale (MPP), un multimètre a été configuré en ohmmètre afin de mesurer la valeur exacte de la résistance de charge fournie par le potentiomètre. Pour garantir la justesse de cette mesure de résistance, il est crucial de déconnecter la photodiode ou le panneau solaire du circuit avant de procéder à la lecture de la valeur du potentiomètre avec l'ohmmètre.

6.3.3 Marche à suivre

Afin d'effectuer nos mesures en fonction de la luminosité, nous avons procédé de la manière suivante : Nous mesurons plusieurs points "tension – courant" sous différentes intensités lumineuses, notamment :

- **Lumière ambiante** : Laisser uniquement l'éclairage de la salle (néons allumés)
- **Pénombre/Noir** : Utilisation de la main comme « boîte noire »
- **Éclairage externe** : Utiliser un téléphone portable avec la luminosité au maximum, en se rapprochant le plus possible de la photodiode/cellule solaire pour obtenir les valeurs de tension et de courant les plus hautes

Pour chaque cas nous relevons les points de tension et de courant.

Pour déterminer le Point de Puissance Maximale (MPP) de la photodiode et de la cellule solaire en mode photovoltaïque, il est nécessaire de faire varier la charge du circuit. Pour faciliter nos mesures, un potentiomètre fait office de charge pour notre circuit.

3 Voir la page 1 de la datasheet Wurth Elektronik de la photodiode (Lien dans les sources)

Pour chaque point de mesure Tension-Courant, la résistance exacte réglée sur le potentiomètre est mesurée. Il est crucial, pour garantir l'exactitude de la mesure de la résistance avec l'ohmmètre, de déconnecter la photodiode ou le panneau solaire du circuit avant de procéder à la lecture de la valeur du potentiomètre. Ces couples de valeurs permettent ensuite de calculer la puissance délivrée ($P=U*I$)⁴ et, par identification, de trouver la résistance optimale correspondant au MPP pour l'éclairement fixé.

6.4 Caractéristiques de la photodiode

Nom de la caractéristique	Valeur	Unité
Maximum reverse voltage	30	[V]
Courant maximum en conduction $V_r = 5V / \lambda = 940nm / E_e = 1mW/cm^2$	40	[μA]
Résistance du circuit	125	[$k\Omega$]

Tableau 6 - Caractéristiques principales de la photodiode

$$R_{circuit} = \frac{V_r}{I_{max}} = \frac{5}{40 * 10^{-6}} = 125k\Omega$$

6.5 Caractéristiques de la cellule photovoltaïque

Nom de la caractéristique	Valeur	Unité
Voltage at peak power	5,5	[V]
Current at peak power	100	[mA]
Résistance du circuit	-	[Ω]

Tableau 7 - Caractéristiques principales de la cellule solaire

Avec les informations données par la datasheet, nous pouvons déterminer la résistance :

$$R_{circuit} = \frac{V}{I} = \frac{5,5}{100 * 10^{-3}} = 55\Omega$$

6.6 Résultats des mesures

6.6.1 Mesure de la photodiode en fonction de la luminosité

Mesure	Environnement sombre	Lumière ambiante	Lampe téléphone	Unité
AM1	0	1,3	564	[μA]
VM1	$20 * 10^{-6}$	$13,45 * 10^{-3}$	5,58	[V]

Tableau 8 - Mesures de la photodiode en fonction de la luminosité

6.6.2 Mesure photovoltaïque

Photodiode				
Mesure	Environnement sombre	Lumière ambiante	Lampe téléphone	Unité
AM2	0	0,7	47,5	[μA]
VM2	$100 * 10^{-6}$	$7 * 10^{-3}$	$470 * 10^{-3}$	[V]

Tableau 9 - Mesures de la photodiode en fonction de la luminosité en mode photovoltaïque

Panneau photovoltaïque				
Mesure	Environnement sombre	Lumière ambiante	Lampe téléphone	Unité
AM2	0	74,7	461	[μA]
VM2	$400 * 10^{-6}$	$734 * 10^{-3}$	4,59	[V]

Tableau 10 - Mesures de la cellule solaire en fonction de la luminosité en mode photovoltaïque

4 Pour en savoir plus :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Rendement_d%27une_cellule_photovolta%C3%A9que#Point_de_puissance_maximale

6.6.3 Remarques concernant la précision des mesures

Dans le cas des très faibles courants, la résolution de l'ampèremètre peut introduire une incertitude non négligeable sur la lecture des valeurs. Plus particulièrement lors de la mesure dans les conditions de faible luminosité, ou le courant mesuré tend vers zéro. Nous avons essayé également de, au lieu de faire usage d'un ampèremètre, de mesurer la tension sur une résistance avec une valeur élevée pour avoir une mesure plus précise en tension pour après calculer le courant. Cela ne s'est pas avéré suffisant, la valeur étant trop faible nous ne pouvions pas garantir l'exactitude de la mesure.

6.7 MPP de la photodiode en montage photovoltaïque

En présentant les points de mesure sur un graphique des courants en fonction de la tension (points rouges) et de la puissance en fonction de la tension (points bleus), on peut clairement identifier ce phénomène de variation du rendement qui est possible en faisant varier la charge. Avec les différentes valeurs que nous avons mesurées ainsi que la puissance que nous calculé pour chacune d'entre elles nous pouvons dire qu'avec les conditions d'illumination que nous avons fixées, la meilleure résistance de charge se situerait autour des 4.19 kΩ.

Tableau 11 - Mesure du MPP de la photodiode

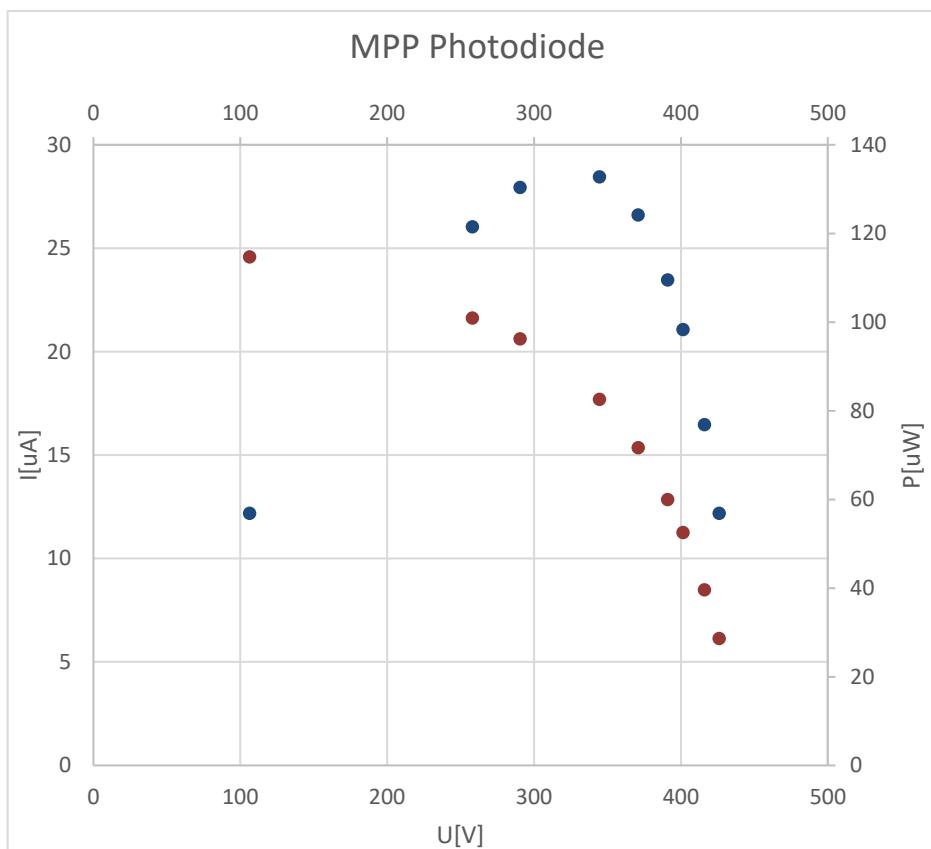


Figure 3 - Mesure du MPP de la photodiode

R [kΩ]	U [mV]	I [μA]	P [μW]
14.97	426	28.6	12.1836
10.55	416.00	39.60	16.4736
7.7	401.40	52.50	21.0735
6.55	391.00	60.00	23.46
5.18	370.90	71.70	26.59353
4.19	344.5	82.6	28.4557
3.047	290.5	96.2	27.9461
2.56	258	100.9	26.0322
0,945	106.3	114.7	12.19261

6.8 MPP du panneau photovoltaïque

On retrouve ici les mêmes types de courbe, la meilleure résistance de charge se situerait autour des $5,56\text{k}\Omega$. On voit que le rendement est bien meilleur avec un éclairement similaire par rapport à la photodiode.

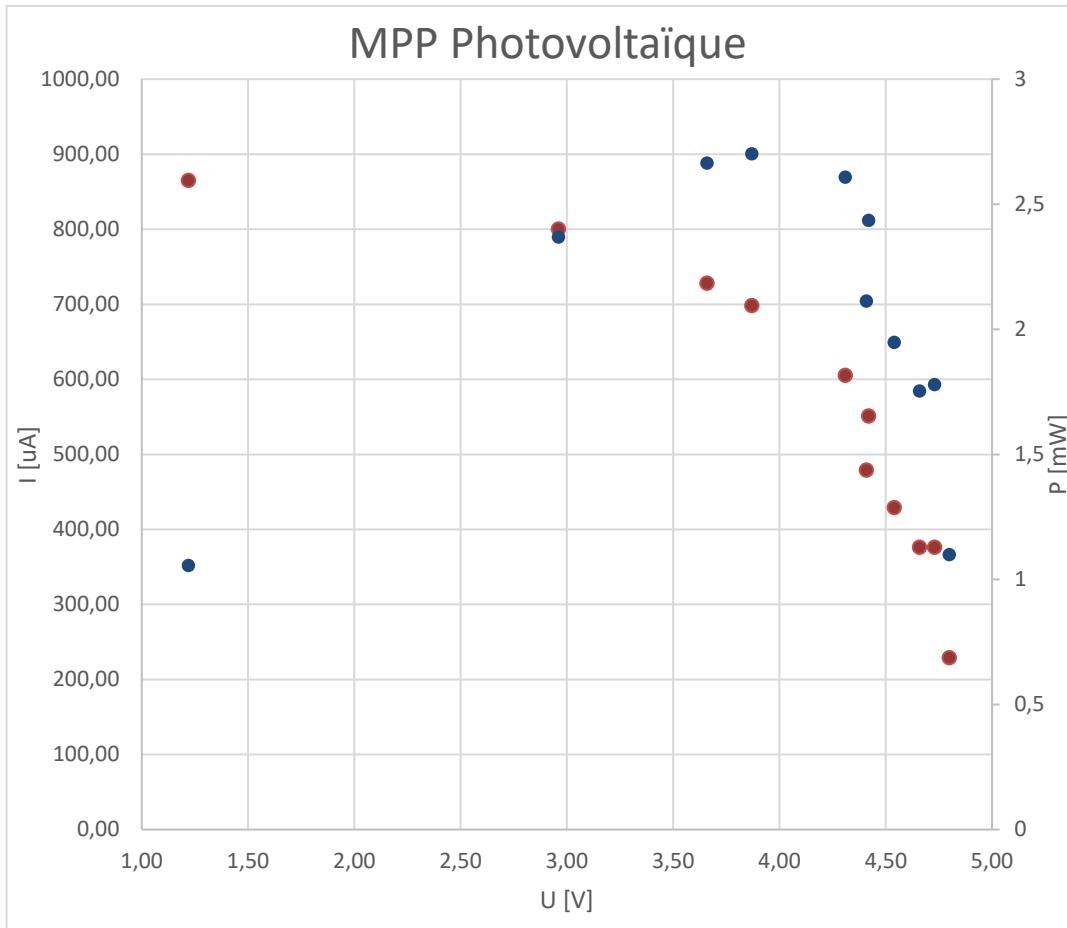


Figure 4 - Mesure du MPP de la cellule solaire

6.9 Comparaison des deux montages

Les deux montages, photoconducteur et photovoltaïque, bien qu'utilisant la photodiode, révèlent des différences fondamentales, notamment dans leur principe de fonctionnement, leur configuration et leurs performances :

En mode photoconducteur, une polarisation inverse de la photodiode avec une tension d'alimentation est requise. Ici la conductivité va dépendre de l'intensité lumineuse. Le courant mesuré est donc proportionnel au à l'éclairage.

Alors qu'en mode photovoltaïque, aucune alimentation n'est requise puisque c'est le composant même qui va fonctionner comme un générateur autonome. L'énergie est directement convertie de la lumière en électricité.

En termes de performances avec les conditions d'éclairages que nous avons fixé, la cellule photovoltaïque a délivré une puissance maximale de d'environ 2.70mW, tandis que la photodiode en mode photovoltaïque ne produit qu'environ 28.5 μW . Le panneau est donc environ cent fois plus efficace pour la conversion d'énergie que la photodiode dans cette configuration. La photodiode peut techniquement fonctionner dans ce mode là mais qu'avec une très faible efficacité, n'étant qu'optimisée pour une détection de signaux en mode photorécepteur et non pour la production d'énergie. La cellule solaire, en revanche, est conçue spécifiquement pour produire de l'énergie, avec une caractéristique de 0.55W de puissance de crête⁵.

5 Voir la page 1, tableau des spécifications « Typical peak power » de la datasheet de la cellule solaire

La détermination expérimentale du maximum peak power dit MPP a confirmé la nécessité d'une adaptation de la charge sur celle-ci pour optimiser l'extraction d'énergie. Dans les applications réelles de production d'énergie solaire, ce point change en fonction de divers facteurs tels que l'éclairement, c'est pourquoi afin de garantir que l'on exploite toute l'énergie disponible, les systèmes photovoltaïques disposent de dispositifs appelés Maximum Power Point Trackers (MPPT). Ces dispositifs sont des convertisseurs de puissance électroniques qui emploient des algorithmes pour suivre ce point optimal dynamiquement en ajustant continuellement l'impédance équivalente vue par le panneau, assurant ainsi une efficacité maximale en temps réel⁶.

7 Conclusion

Ce Travail Pratique a permis d'analyser en détail le régime dynamique des diodes en commutation (ON/OFF), validant l'écart entre le comportement réel des diodes et l'approximation du modèle idéal.

La caractérisation des diodes 1N4004, 1N4148 et SB2100E-G a confirmé que le temps de recouvrement inverse est le critère fondamental de performance. Les mesures l'ont clairement démontré : la diode 1N4004 présente un trr long, la rendant inadéquate pour les hautes fréquences, tandis que les diodes de commutation et Schottky sont optimisées pour un signal rapide.

Les comparaisons entre la théorie, la simulation et la mesure ont montré des ordres de grandeur cohérents. Les écarts observés sont justifiés par les tolérances des composants et par les instruments de mesure.

L'étude complémentaire a permis de caractériser la photodiode et la cellule solaire dans les modes photorécepteur et photovoltaïque. La comparaison a révélé un écart d'efficacité d'un facteur cent en faveur de la cellule solaire pour la production d'énergie. De plus, la détermination du Point de Puissance Maximale (MPP) de manière expérimentale a confirmé la nécessité d'une adaptation de charge optimale en fonction des conditions d'éclairement.

7.1 Difficultés et Améliorations

Nous souhaitons noter une difficulté rencontrée lors des mesures dynamiques de courant I_r max. La précision des relevés a été affectée par l'oubli de la remise à zéro de la sonde de courant à vide en début de manipulation, ce qui a introduit un biais de calibration sur les valeurs d'amplitude mesurées. Cette erreur de procédure souligne l'importance des étapes de calibration pour l'exploitation rigoureuse des instruments de haute précision.

Il serait intéressant de disposer par la suite d'un montage permettant d'effectuer les mesures de luminosité avec précision et reproductibilité. En ayant par exemple un luxmètre et en fermant le montage dans un boîtier. Pour aller encore plus loin afin de réduire les effets parasites de notre montage sur une plaque expérimentale, nous pourrions avoir une carte dédiée à ces mesures.

6 Voir https://fr.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracker

8 Annexes

8.1 Liste de matériel

Diode de redressement : 1N4004

Diode de commutation : 1N4148.

Diode Schottky: SB 2100E-G.

Photodiode : 1540031E4590

Panneau solaire : Seeed Studio 0.5W Solar Panel, 5.5V, 100mA, 55 x 70mm

Potentiomètre : Trimmer générique trouvé dans le stock du laboratoire

Lampe torche : Iphone 13

Sonde de courant : Micsig CP503B ES.SLO1.04.00.64

Dénomination	Appareil	Marque	Type	Caractéristique	N° inventaire
P1	Oscilloscope	Tektronix	MDO34	100Mhz 10GS/s	ES.SLO1.04.00.42
G1	Générateur	Toellner	TOE7751	Sortie à 0Ω	ES.SLO1.01.03.01
AM1	Multimètre	Gwinstek	GDM-397	Ampèremètre	ES.SLO1.00.04.23
VM2	Multimètre	Gwinstek	GDM-396	Voltmètre	ES.SLO1.00.04.18

Tableau 13 - Liste d'instruments

8.2 Simulation

- VM1 correspond à la tension mesurée sur la led.
- AM1 correspond au courant dans le circuit.
- VM2 correspond à la tension sur la résistance.
- VG1 correspond au générateur.

8.2.1 1N4004

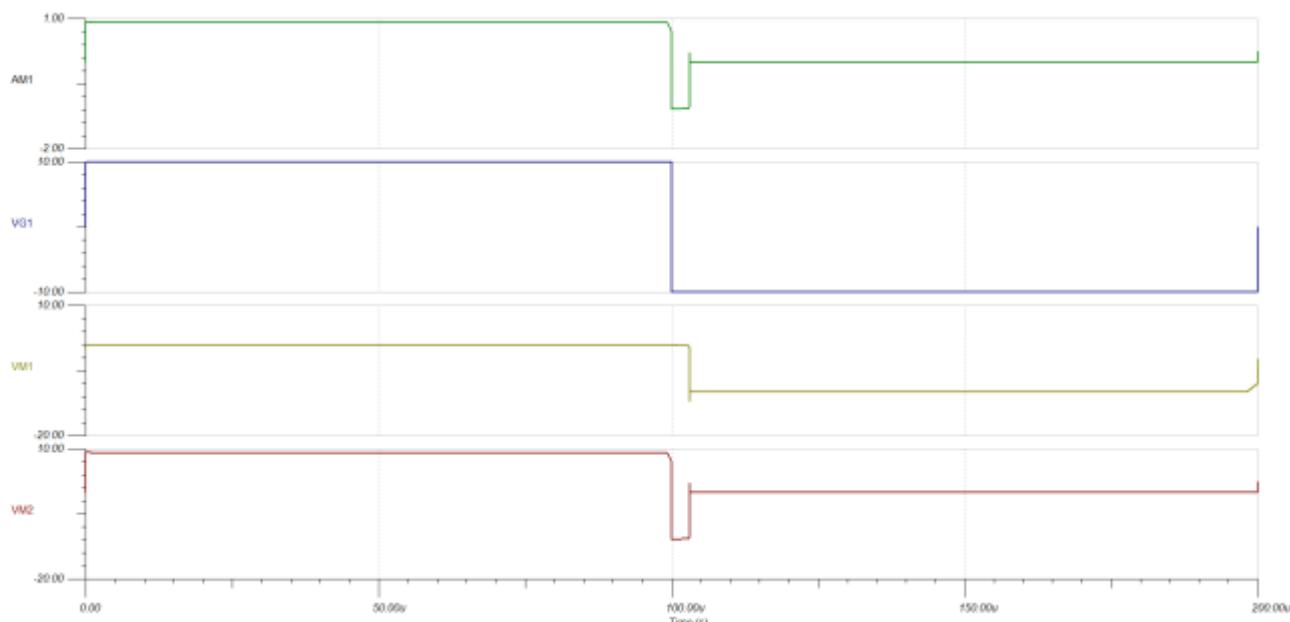


Figure 5 - Vue d'ensemble des signaux de la simulation

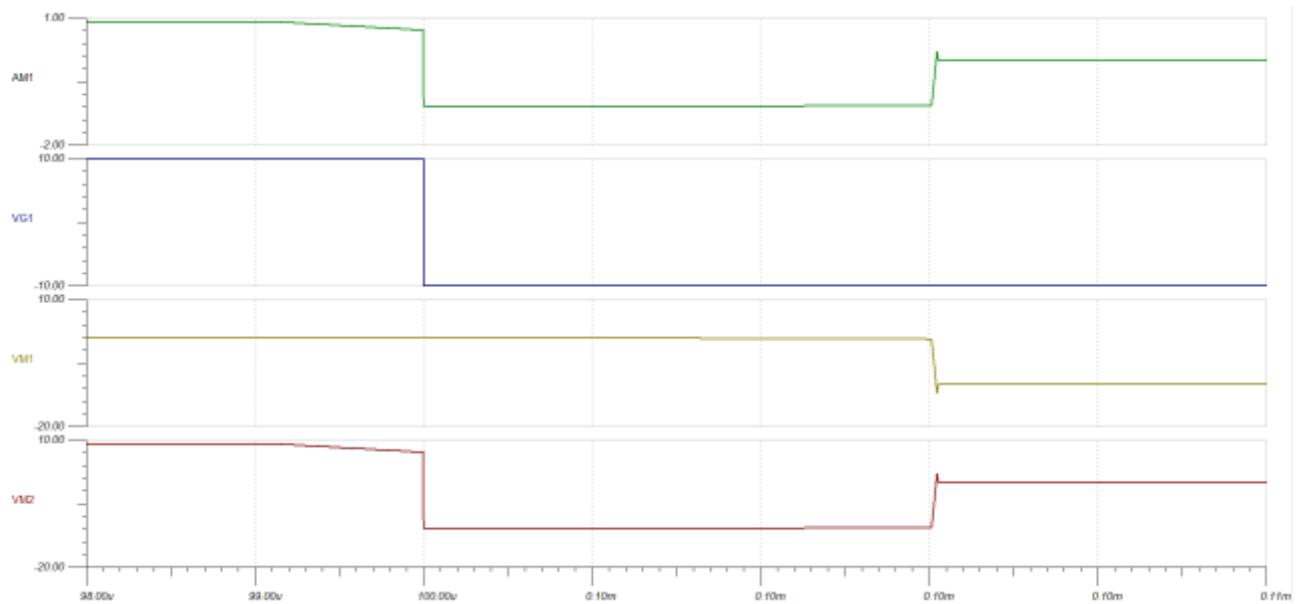


Figure 6 - Base de temps ajustée de la simulation pour voir le TRR

8.2.2 1N4148

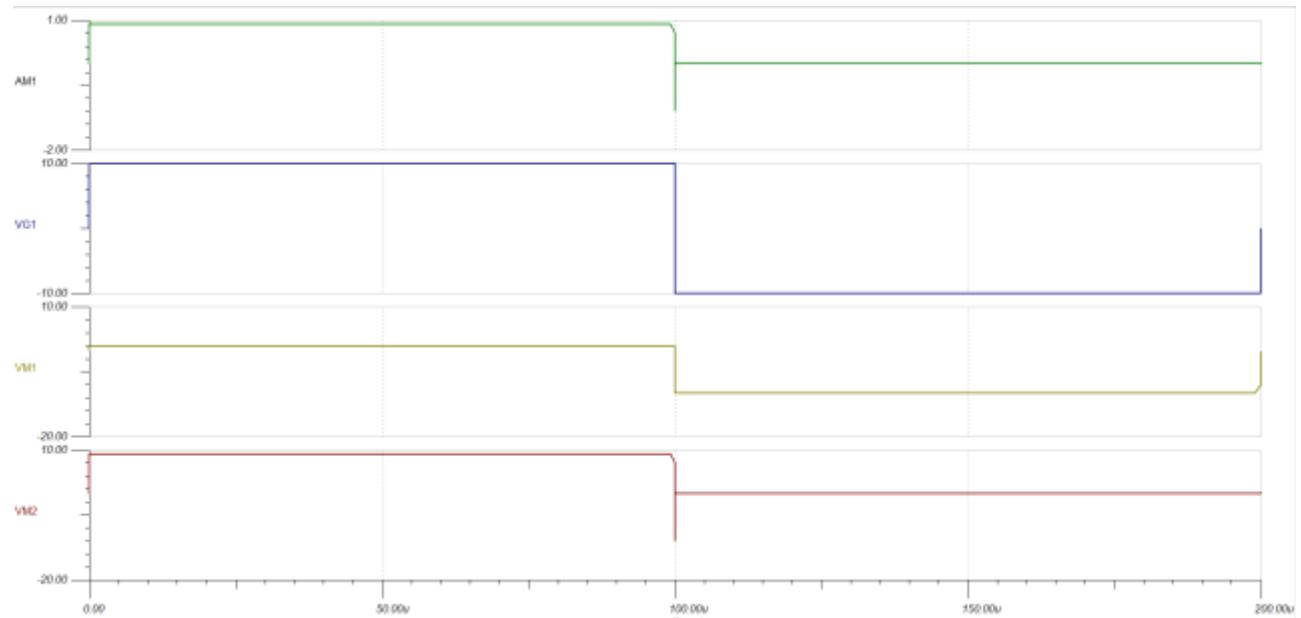


Figure 7 - Vue d'ensemble des signaux de la simulation

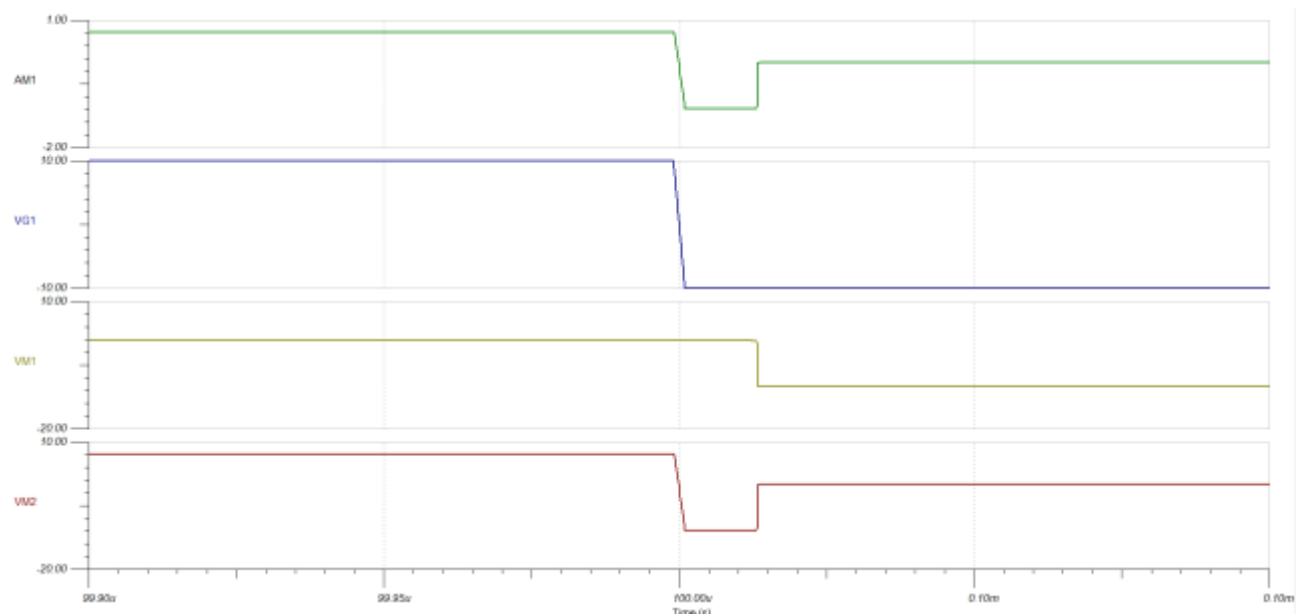


Figure 8 - Base de temps ajustée pour voir le TRR

8.2.3 SB 2100E-G

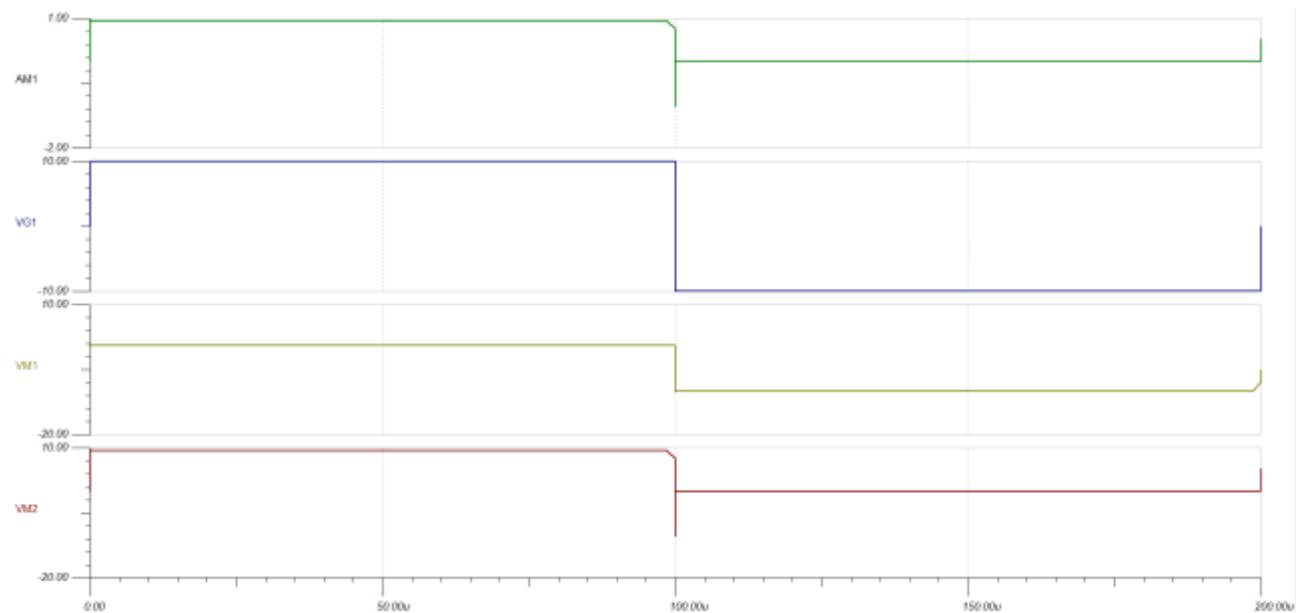


Figure 9 - Vue d'ensemble des signaux de la simulation

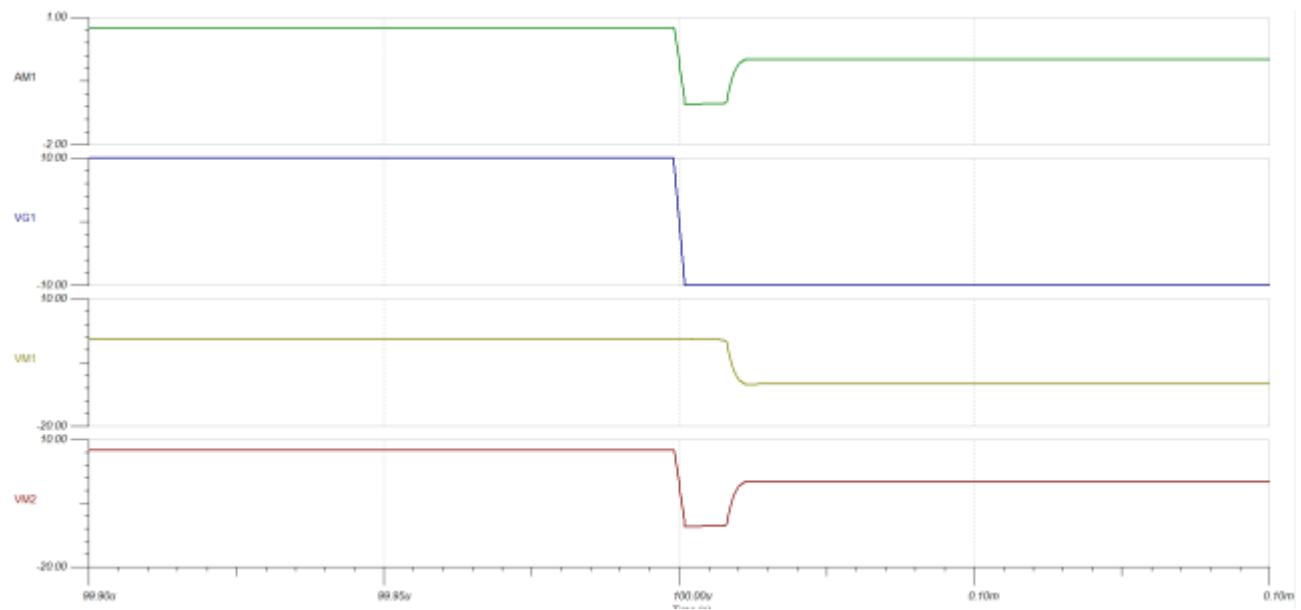


Figure 10 – Base de temps ajustée pour voir le TRR

8.3 Mesure des diodes

8.3.1 1N4004

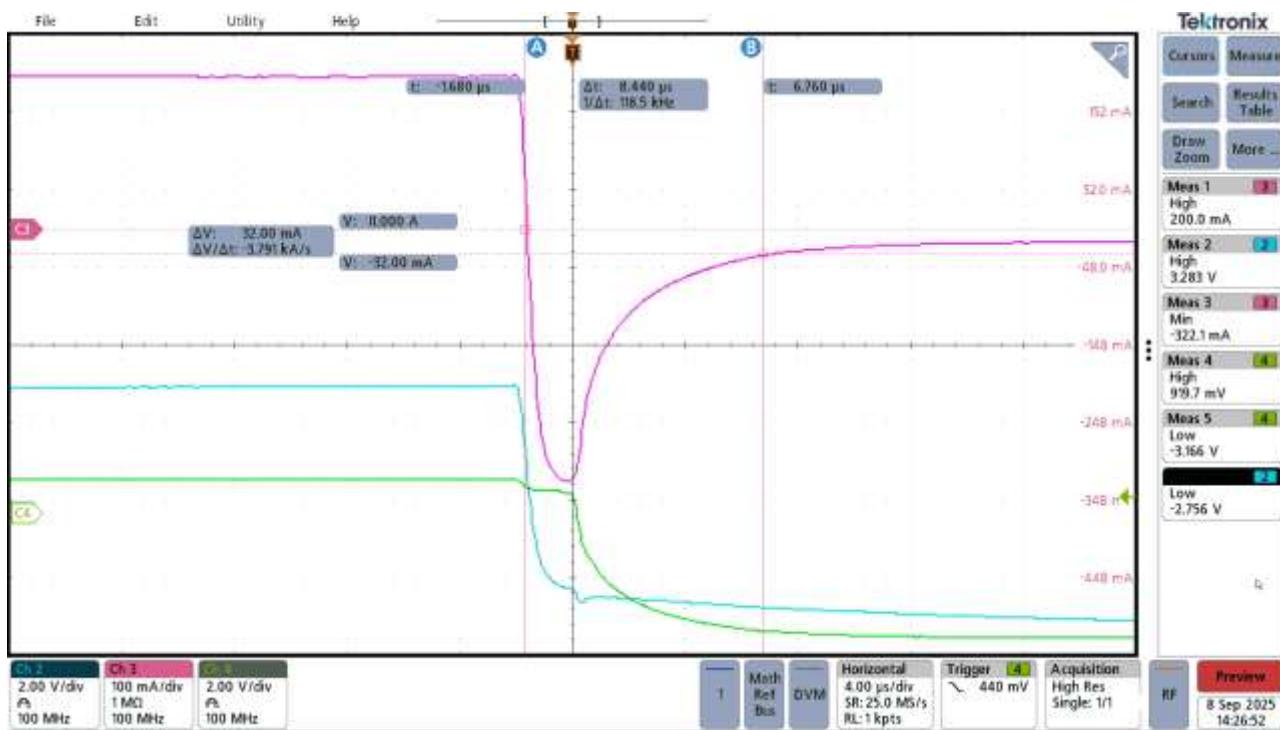


Figure 11 - Mesure du TRR, Courant sur la diode sur le canal 3

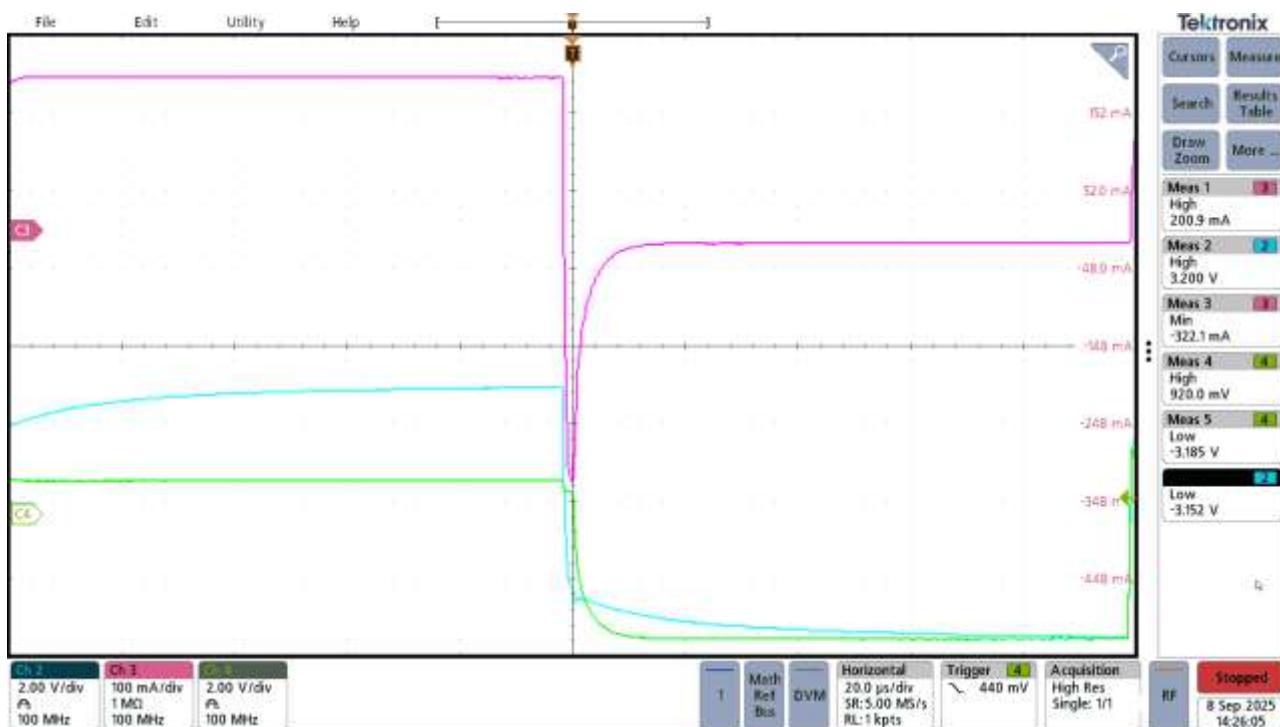
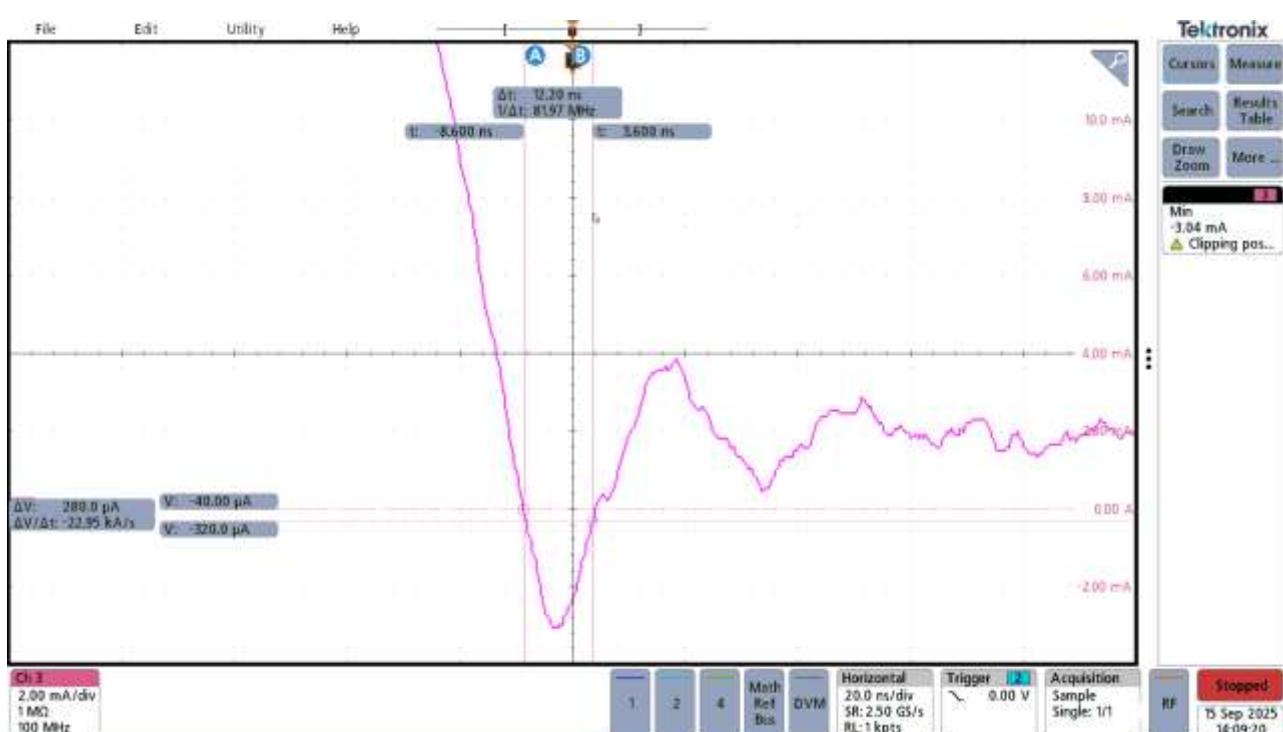
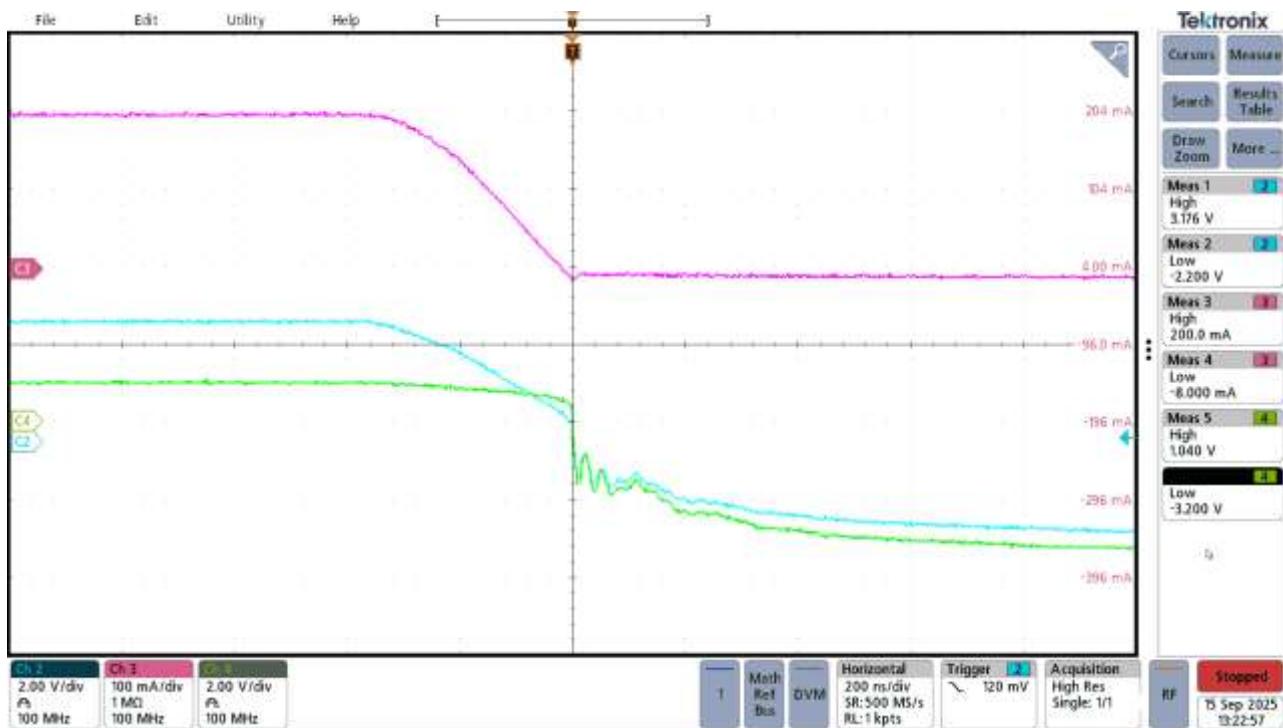


Figure 12 - Vue d'ensemble des signaux : courant sur la diode CH3, tension d'alimentation CH2, tension sur la diode CH4

8.3.2 1N4148



8.3.3 SB2100E-G

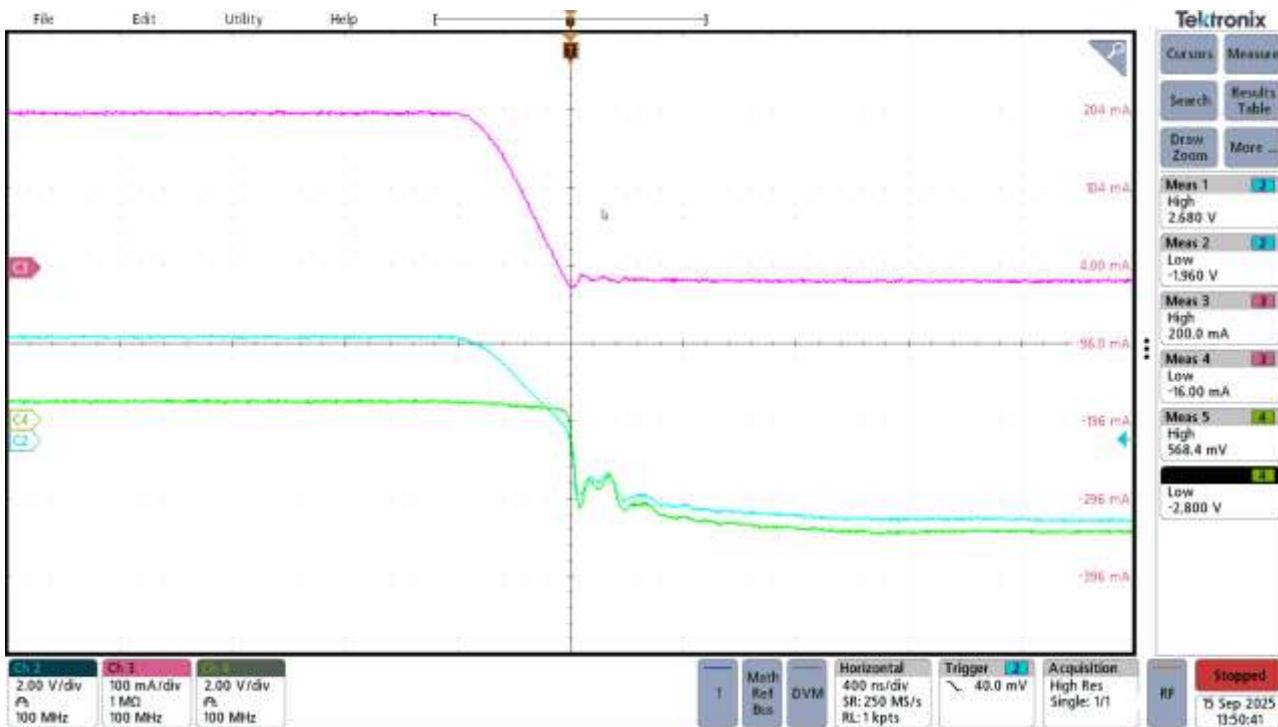


Figure 15 – Vue d'ensemble des signaux : courant sur la diode CH3, tension d'alimentation CH2, tension sur la diode CH1

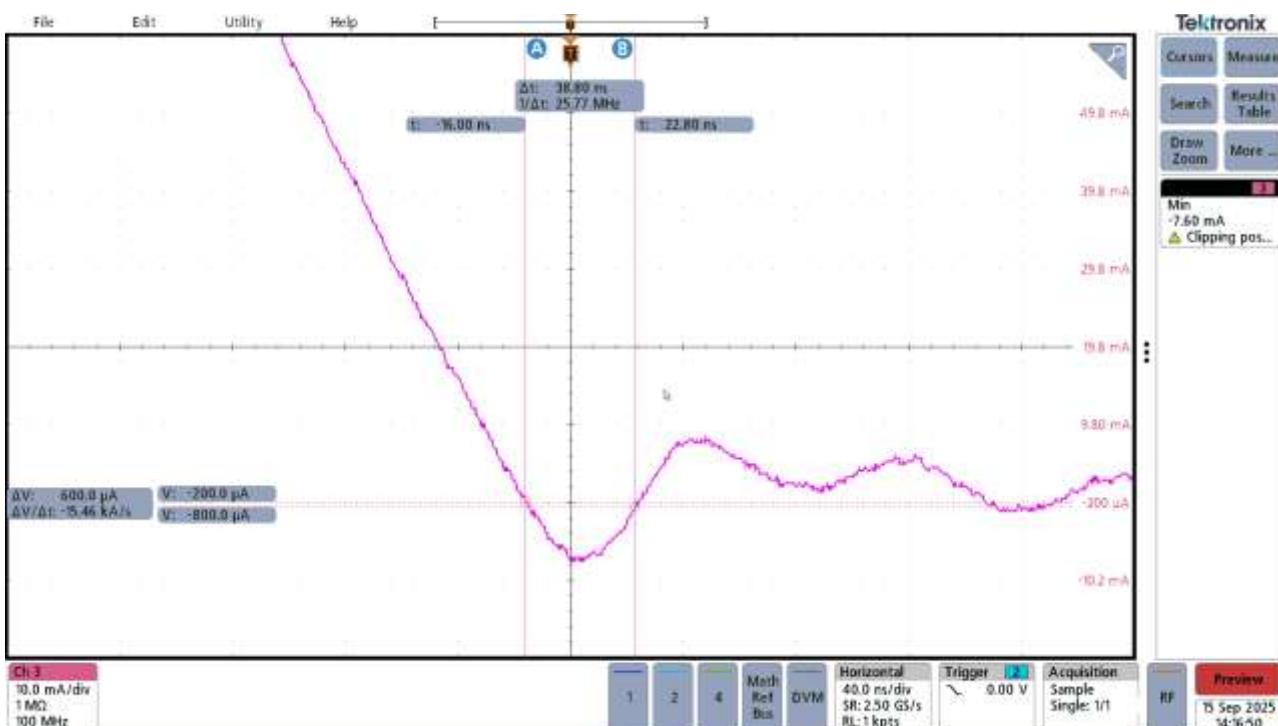


Figure 16 - Mesure du TRR

9 Sources

Méthode de la mesure du TRR:

[What is diode reverse recovery time \(trr\)? | Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation | Asia-English](https://toshiba.semicon-storage.com/documents/datasheet/What_is_diode_reverse_recovery_time_(trr).pdf)

Datasheet de la photodiode:

<https://www.we-online.com/en/components/products/WL-TDRW#1540031EA4590>

MPP:

https://fr.wikipedia.org/wiki/Rendement_d%27une_cellule_photovolta%C3%A9ique#Point_de_puissance_maximale

MPPT:

https://fr.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracker