

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure

Electronique

Laboratoire R112

TP diodes en commutation

Réalisé par :

Doleyres Timéo

Espinosa Dilan

A l'attention de :

Moreno J.

Bovey P.

Dates :

Début : 25.08.2025

Fin : 29.09.2025

1 Table des matières

2	Introduction	4
3	Analyse théorique	4
3.1	Dimensionnement de la résistance.....	4
3.2	Fréquence d'utilisation	4
3.3	Caractéristiques des diodes.....	4
4	Simulation	4
4.1	Schéma de mesure.....	4
4.2	Réglages de la simulation.....	4
4.3	Mesures.....	4
4.4	Tableau des Résultat.....	5
4.5	Effet du Duty Cycle	5
5	Mesures réelles	5
5.1	Questions :	5
5.2	Schéma de mesures	5
5.3	Liste d'appareils	5
5.4	Méthode de mesure.....	5
5.5	Mesures.....	6
5.6	Tableau de mesure	6
5.7	Analyses et comparaison	6
6	Mesure Additionnelle	7
6.1	Photorécepteur	7
6.1.1	Tension d'alimentation, courant, résistance	7
6.1.2	Liste d'appareils	7
6.1.3	Schéma de mesure.....	8
6.1.4	Méthode de mesures	8
6.1.5	Mesures photodiode	8
6.1.6	Tableau de mesures photodiode	8
6.2	Photovoltaïque	8
6.2.1	Tension d'alimentation, courant, résistance	8
6.2.2	Liste d'appareils	9
6.2.3	Schéma de mesures	9
6.2.4	Méthode de mesures	9

6.2.5	Mesures.....	10
6.2.6	Tableau de mesures panneau solaire	10
6.2.7	Max Power Point	10
6.3	Analyse des résultats, remarques et différence.....	10
7	Conclusion	11
8	Annexes.....	12
8.1	Fréquence d'utilisation	12
8.2	Caractéristiques des diodes.....	12
8.2.1	1N4004.....	12
8.2.2	1N4148.....	12
8.2.3	SB 2100E-G.....	13
8.3	Schéma de mesure simulation	13
8.3.1	1N4004.....	13
8.3.2	1N4148.....	13
8.3.3	SB 2100E-G.....	13
8.4	Mesures simulation	14
8.4.1	1N4004.....	14
8.4.2	1N4148.....	14
8.4.3	SB 2100E-G.....	14
8.5	Schéma de mesure réelles	15
8.5.1	1N4004	15
8.5.2	1N4148.....	15
8.5.3	SB 2100E-G.....	15
8.6	Mesures réelles	16
8.6.1	1N4004.....	16
8.6.2	1N4148.....	18
8.6.3	SB2100	19
8.6.4	Schéma de mesures Photodiode	20
8.6.5	Mesures Photodiode	21
8.6.6	Schéma de mesures panneau solaire.....	21
8.6.7	Mesures panneau solaire	22
8.6.8	Mesures MPP	23

2 Introduction

Afin de comprendre le fonctionnement et les différentes caractéristiques d'une diode, nous allons analyser le régime dynamique de celle-ci dans le but de simuler et de mesurer la tension, le courant et le Trr, afin de déterminer si les valeurs obtenues sont correctes.

3 Analyse théorique

[Voir caractéristiques des diodes dans Annexes](#)

3.1 Dimensionnement de la résistance

- Pour obtenir un courant de env. 200mA, on a fixé une tension de 10V, donc pour calculer la résistance nécessaire on a utilisé la loi d'Ohm.

$$R = \frac{U-U_d}{I} = \frac{10-0.7}{200 \cdot 10^{-3}} = 46.5\Omega \Rightarrow \text{Choix: } 40\Omega \text{ (4 resistances } 10\Omega)$$

En effet pour le choix de la résistance on a décidé de choisir 4 résistances de 10Ω chaque pour atteindre les 40Ω, et aussi pour nous aider à dissiper la puissance, car avec une seule résistance de 39Ω, la résistance devrait dissiper une puissance de :

$$P = \frac{(U-U_d)^2}{R} = \frac{(10-0.7)^2}{39} = 2.21\text{ W} \rightarrow \text{Puissance max résistance} = 0.6\text{W}$$

3.2 Fréquence d'utilisation

[Voir fréquence d'utilisation dans Annexes](#)

3.3 Caractéristiques des diodes

[Voir caractéristiques des diodes dans Annexes](#)

4 Simulation

4.1 Schéma de mesure

[Voir schéma de mesure simulation dans Annexes](#)

4.2 Réglages de la simulation

- Forme : Rectangulaire
- Amplitude : 10VPeak
- Offset : 0V DC
- Fréquence : 5kHz – Duty Cycle variable

4.3 Mesures

[Voir mesures simulation dans Annexes](#)

4.4 Tableau des Résultat

/ duty cylce	50%			
Nom caractéristique	1N4004	1N4148	SB2100	Unité
Uj (Comm On)	828.51m	828.51m	433.57m	V
Uj (Comm Off)	-10	-10	-10	V
Ur (Comm On)	9.17	9.15	9.57	V
Ur (Comm Off)	-16.72m	-40.4m	-29.92m	V
Id	229.29m	228.83m	239.16m	A
Ir Max	-413p	-1.01n	-746u	A
trr	3.12u	16.19n	19.03n	s

4.5 Effet du Duty Cycle

Pour la diode de signal **1N4148** et la Schottky **SB2100E-G**, il n'y aura normalement pas de différence notable. En revanche, pour la 1N4004, si la durée du duty cycle est inférieure au temps de recouvrement inverse (T_{rr}) de la diode, celle-ci n'aura pas le temps de bloquer correctement le courant.

5 Mesures réelles

5.1 Questions :

Lors du montage à quoi devez-vous faire attention ?

Le courant dans le montage, la puissance que les résistances peuvent supporter, pas inverser la polarité (+ et -) et prendre la bonne diode pour la mesure indiquée.

5.2 Schéma de mesures

[Voir schéma de mesures réelles](#)

5.3 Liste d'appareils

Désignation	Model de l'appareil	N° d'appareil
G1	TOE 7741	R112-06
P1	Tektronix ND034	R112-06

5.4 Méthode de mesure

Réglages de l'oscilloscope

Connecter Ch.1 sur l'entrée du signal.

Connecter CH.3 sur l'Anode de la diode.

Connecter CH.4 avec une sonde de courant sur une borne de la résistance.

Réglages du trigger :

Trigger sur CH.1 à env. 0V, flanc descendant

Réglages du générateur de fonctions :

Régler le générateur des fonctions a une fréquence de 5KHz avec une amplitude de 20VPP.

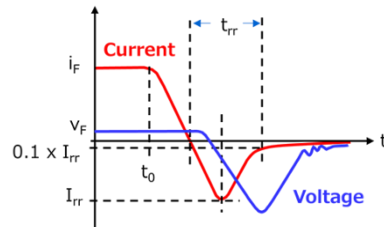
Réglage de la sonde de courant :

Avant de commencer une mesure avec la sonde de courant, il faut bien faire attention a que notre sonde soit bien calibrée, pour cela il faut brancher la sonde à l'oscilloscope et rien bracher sur la pince de la sonde, ensuite il faut appuyer sur la touche « Zero ».

Une fois la sonde soit bien calibrée on pourra passer à la mesure de courant.

Mesure T_{rr} :

Pour mesurer le T_{rr} , beaucoup des méthodes ont été retrouvés, cependant nous avons décidé d'utiliser la méthode de [mesure du \$T_{rr}\$ de chez Toshiba.](#)



Cette décision a été pris car la méthode de mesure de Toshiba nous semblait la plus cohérente pour cette mesure.

5.5 Mesures

[Voir Mesures Réelles dans Annexes](#)

5.6 Tableau de mesure

/ duty cylce	50%			
Nom caractéristique	1N4004	1N4148	SB2100	Unité
Uj (Comm On)	800m	700m	359.4m	V
Uj (Comm Off)	-10.4	-10.5	-10.55	V
Ur (Comm On)	9.272	9.4	9.8	V
Ur (Comm Off)	-15.55	0	0	mV
Id	261.2m	255m	252m	A
Ir Max	48.66m	21m	8m	A
trr	5.312u	indéterminé	indéterminé	s

5.7 Analyses et comparaison

[Tableau de comparaisons](#)

Diode	1N4004	1N4148	SB2100
Trr Fabr. [ns]	1500	4	<500
Trr Sim. [ns]	3120	16.19	19.03
Erreur relative [ns]	1620	12.19	Indéterm.
Erreur en [%]	48.08	24.71	Indéterm.

Diode	1N4004	1N4148	SB2100
Trr Sim. [ns]	3120	16.19	19.03
Trr Réel [ns]	5312	Indéterm.	Indéterm.
Erreur relative [ns]	2192	Indéterm.	Indéterm.
Erreur en [%]	58.73	Indéterm.	Indéterm.

J. Par suite des mesures effectuées, nous pouvons constater que le T_{rr} réel et celui qui est maqué dans la fiche technique n'est pas pareil et que d'autre ne pouvait être mesuré.

Celui-ci peut être du a plusieurs facteurs :

- La pente du signal carrée (slew rate) qui est fourni par le générateur de fonctions n'est pas suffisamment raide pour que la diode n'arrive pas à bloquer.
- L'oscilloscope n'arrive pas à échantillonner a des temps très petits car ça dépasse 5x l'échantillonnage de l'oscilloscope.

La forme du courant mesuré est totalement semblable à celle présentée dans la donnée, car les T_{rr} des différentes diodes font qu'elles prennent plus ou moins de temps à se mettre à bloquer dans le sens reverse, de ce fait, pendant le temps du T_{rr} , la diode laisse passer une partie du courant en reverse.

K. Comme décrit dans la question précédente, notre générateur de fréquences ainsi que notre oscilloscope perturbent la mesure et nous génère des résultats inexacts par rapport aux données mentionnées dans la fiche technique.

6 Mesure Additionnelle

6.1 Photorécepteur

6.1.1 Tension d'alimentation, courant, résistance

Dans la datasheet les valeurs maximums sont :

Tension reverse : **30V**

Puissance : **150mW**

Nous avons donc choisi :

Tension alimentation **10V**

Resistance : **10k Ω**

Ce qui donne au maximum en puissance :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{10'000} = \mathbf{1mA} \quad P = U * I = 10 * 0.001 = \mathbf{10mW}$$

6.1.2 Liste d'appareils

Désignation	Nom de l'appareil	Numéro d'identifiant
G1	Lab. Power supply DC Gwinstek GPS-3303	SLO.00.02.14
P1	Oscilloscope Tektronix MDO34	SLO1.04.00.46
P2	Ampèremètre Gwinstek GDM-396	SLO1.00.04.19
D1	Photodiode	INL-3APD80

6.1.3 Schéma de mesure

[Voir schéma de mesure Photodiode](#)

6.1.4 Méthode de mesures

1. Contrôler que la tension de sortie sur G1 soit bien à 10V.
2. Connecter P2 en série et sélectionner le mode μA .
3. Connecter P1 avec les paramètres suivants pour la mesure avec la lumière ambiante et obscurité totale :
 - a) Connecter Ch.1 sur l'Anode de D1 en mode DC à 10mV / div.
 - b) Trigger en mode auto, sur Ch1.
4. Alimenter le circuit sur 10V avec G1.
5. Déconnecter l'alimentation G1 pour reparamétrer P1.
6. Connecter P1 avec les paramètres suivants pour la mesure avec le flash sur la photodiode :
 - a) Connecter Ch.1 sur l'anode de D1 en mode DC à 2v/Div.
 - b) Trigger en mode normal sur Ch.1 à 400mV sur le flanc montant.
7. Alimenter le circuit sur 10V avec G1.

6.1.5 Mesures photodiode

[Voir mesure photodiode](#)

6.1.6 Tableau de mesures photodiode

Photodiode	Courant [μA]	Tension
Pénombre	0	-1.241 mV
Éclairage ambiant	0.5	4.253 mV
Éclairage Max	972	8.905 V

6.2 Photovoltaïque

6.2.1 Tension d'alimentation, courant, résistance

Dans la datasheet les valeurs maximums sont :

Tension de sortie max : 5.5V

Courant maximum : 100mA

Nous avons donc choisi :

Resistance : **1k Ω**

Ce qui donne au maximum, une puissance de sortie de :

$$I = \frac{U_{Max}}{R} = \frac{5.5}{1'000} = 5.5mA$$

$$P = U * I = 5.5 * 0.0055 = 30.25mW$$

6.2.2 Liste d'appareils

Désignation	Nom de l'appareil	Numéro d'identifiant
P1	Oscilloscope Tektronix MDO34	SLO1.04.00.46
P2	Ampèremètre Gwinstek GDM-396	SLO1.00.04.19
D1	Panneau solaire	313070004

6.2.3 Schéma de mesures

[Voir schéma de mesures panneau solaire](#)

6.2.4 Méthode de mesures

6.2.4.1 Fonctionnement normal

- **Le but de cette mesure est de voir la tension en fonction de la quantité de lumière émise sur le panneau solaire.**
1. Placer une charge de 1k Ω en parallèle avec le panneau photovoltaïque.
 2. Brancher l'oscilloscope (P1) avec les paramètres suivants :
 - a. CH.1 sur la brache positive du panneau photovoltaïque.
 - b. Trigger en mode automatique.
 3. Placer l'ampèremètre sur (P2) en série avec la charge.
 4. Mesurer la tension aux bornes du panneau photovoltaïque avec les conditions de lumière suivants :
 - a. Panneau photovoltaïque en pénombre.
 - b. Panneau photovoltaïque avec la lumière ambiante.
 - c. Panneau solaire avec la lumière (Flash de téléphone directement sur le panneau).

6.2.4.2 MPP

- Le but de cette mesure est de trouver le **MPP (Maximum power point)**, à l'aide des différentes charges.
1. Placer une charge en parallèle avec le panneau photovoltaïque.
 2. Connecter l'ampèremètre (P2) en série avec la charge
 3. Connecter l'oscilloscope (P1) en parallèle à la charge avec les réglages suivants :
 - a. Ch.1 sur la branche positive du panneau solaire (D1).
 - b. Trigger en mode automatique.
 4. Placer la lumière le plus proche du panneau solaire.
Attention, la lumière doit être à la même distance pour toutes les mesures avec les différentes charges.
 5. Faire la mesure avec les charges indique ci-dessus :

Nb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Valeur [Ω]	100	150	220	330	470	680	1000	1500	3300	10'000	15'000	22'000	33000	47000

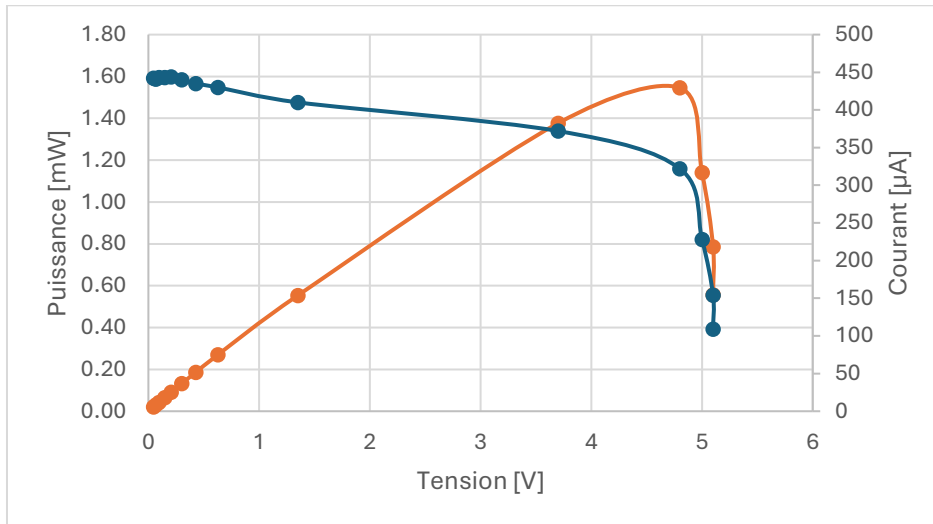
6.2.5 Mesures

[Voir mesures panneau solaire](#)

6.2.6 Tableau de mesures panneau solaire

Photovoltaïque	Courant [μ A]	Tension
Pénombre	1.8	3mV
Éclairage ambiant	83.7	85mV
Éclairage Max	1061	1.1V

6.2.7 Max Power Point



6.3 Analyse des résultats, remarques et différence

La différence entre les deux schémas est que l'un a besoin d'une alimentation pour fonctionner correctement, tandis que l'autre produit sa propre énergie.

Même si une photodiode génère un peu de courant, celui-ci reste insuffisant pour être utilisé directement.

Le principe reste assez similaire pour les deux composants, mais chacun est optimisé pour accomplir au mieux son rôle.

Pour la photodiode :

On peut observer que plus l'intensité lumineuse est élevée, plus la photodiode laisse passer de courant.

On remarque également une tension négative lorsque la photodiode est dans la pénombre, causée par le courant d'obscurité (*dark current*), comme indiqué dans la datasheet.

Pour le panneau photovoltaïque :

On constate une augmentation du courant lorsque l'intensité lumineuse augmente.

Nos tests de luminosité ont été effectués avec une résistance de **1 k Ω** , et les mesures du MPP ont été réalisées à une luminosité fixe, correspondant à la luminosité maximale des premières mesures. À partir du graphique, on peut déterminer que la puissance maximale pour cette intensité lumineuse est de 1,55 mW, obtenue avec une résistance de **15 k Ω** .

7 Conclusion

Concernant la partie diodes (1N4004, 1N4148, SB2100E-G), on observe que le choix de la diode dépend fortement de l'application :

- **1N4004** : il s'agit d'une diode de redressement lente, avec un temps de recouvrement inverse (T_{rr}) très élevé. Elle n'est donc pas adaptée aux applications en haute fréquence, mais convient plutôt aux applications de puissance, car elle supporte une tension inverse d'environ 400 V et un courant forward de 200 mA.
- **1N4148** : cette diode rapide peut être utilisée dans des applications à fréquences moyennes (kHz) et jusqu'au début de la haute fréquence (MHz), grâce à un T_{rr} beaucoup plus faible que celui de la 1N4004.
- **SB2100E-G** : cette diode est particulièrement adaptée aux applications en haute fréquence, car elle présente un T_{rr} très faible ainsi qu'une chute de tension basse car c'est une diode Schottky.

Concernant la photodiode :

- Avec la photodiode **INL-3APD80**, nous avons constaté qu'à mesure que l'intensité lumineuse augmentait, elle conduisait de mieux en mieux et sa chute de tension diminuait.
- Avec le panneau photovoltaïque, nous avons observé qu'il génère bien une tension lorsqu'il est exposé à la lumière. Cette tension est instable, car la distance entre la source lumineuse et le panneau n'est pas constante. Pour exploiter au mieux ses caractéristiques, on peut utiliser un circuit **MPPT** (*Maximum Power Point Tracking*) afin de suivre et d'extraire la puissance maximale et un convertisseur **buck-boost** pour obtenir une tension stable et réglable.

T. Deluyres



8 Annexes

8.1 Fréquence d'utilisation

1N4004

Utilisation entre 50 et 60Hz.

Car cette diode est utilisée dans le système de redressement du réseau et dans les alimentations. Elle sera assez mauvaise pour redresser des signaux HF car elles possèdent un T_{rr} de 1.5 μ s.

1N4148

Applications en HF (1MHz à env. 50MHz).

Cette diode contient un T_{rr} de 4 ns, qui est assez pour des fréquences qui ont une période d'environ : 3x plus petit au temps de recovery time.

SB2100E-G

Malheureusement un « **recovery time** » pour cette diode nous n'avons pas pu être trouvé dans le fiches techniques.

Cependant dans la même datasheet, la diode est considérée comme une Schottky « high frequency inverter ».

Donc on peut l'utiliser pour des fréquences d'entre 1MHz à 100 MHz.

8.2 Caractéristiques des diodes

8.2.1 1N4004

Nom caractéristique	Valeur	Unité
U_j	0.8	V
I_f	200	mA
U_r	400	V
I_r	0.5	μ A
t_{rr}	1500	ns

8.2.2 1N4148

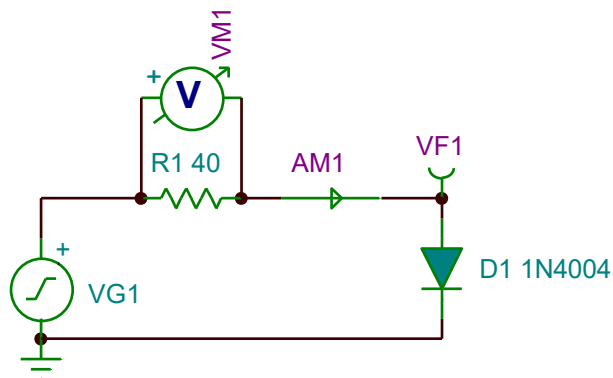
Nom caractéristique	Valeur	Unité
U_j	0.72	V
I_f	100	mA
U_r	75	V
I_r	25	nA
t_{rr}	4	ns

8.2.3 SB 2100E-G

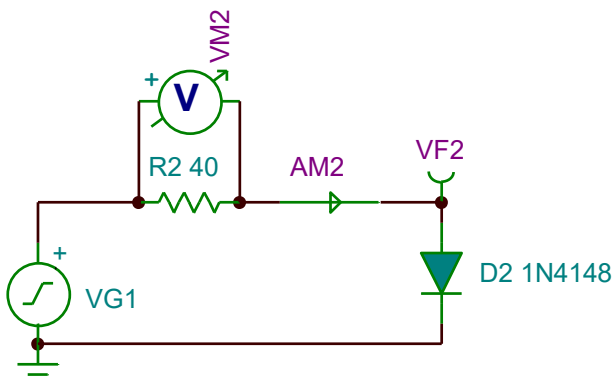
Nom caractéristique	Valeur	Unité
U_j	0.25	V
I_f	30	mA
U_r	100	V
I_r	0.5	mA
t_{rr}	< 500	ns

8.3 Schéma de mesure simulation

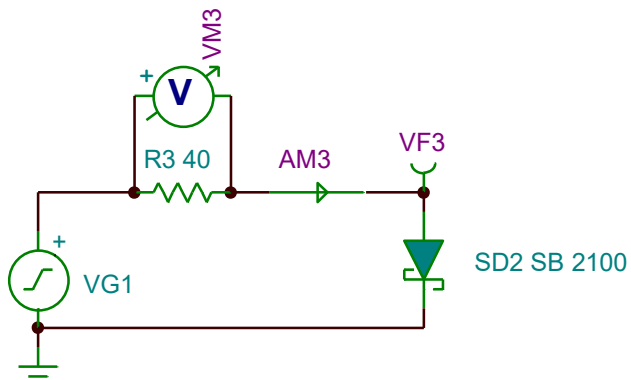
8.3.1 1N4004



8.3.2 1N4148

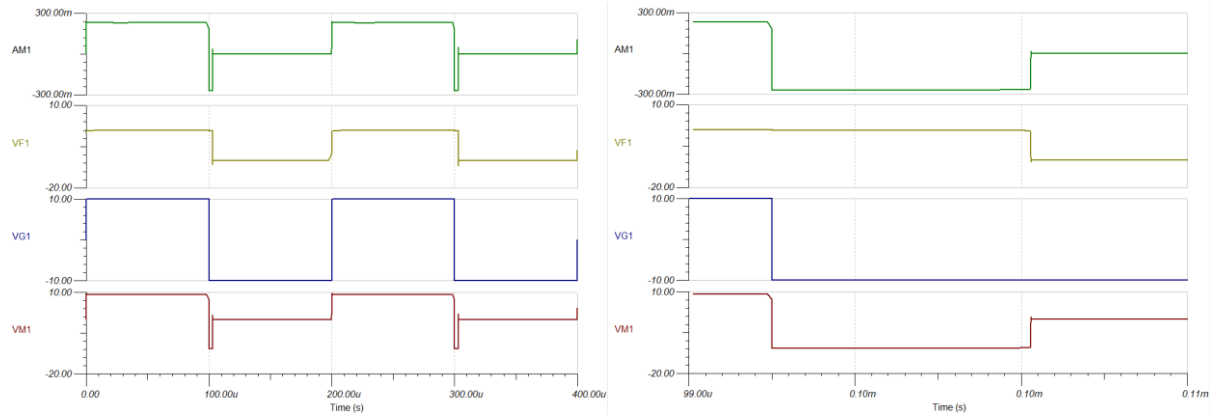


8.3.3 SB 2100E-G

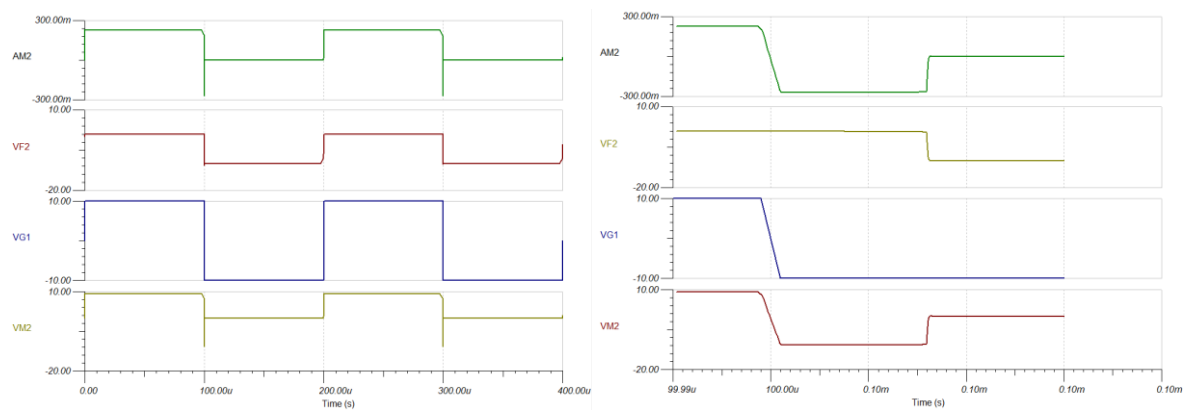


8.4 Mesures simulation

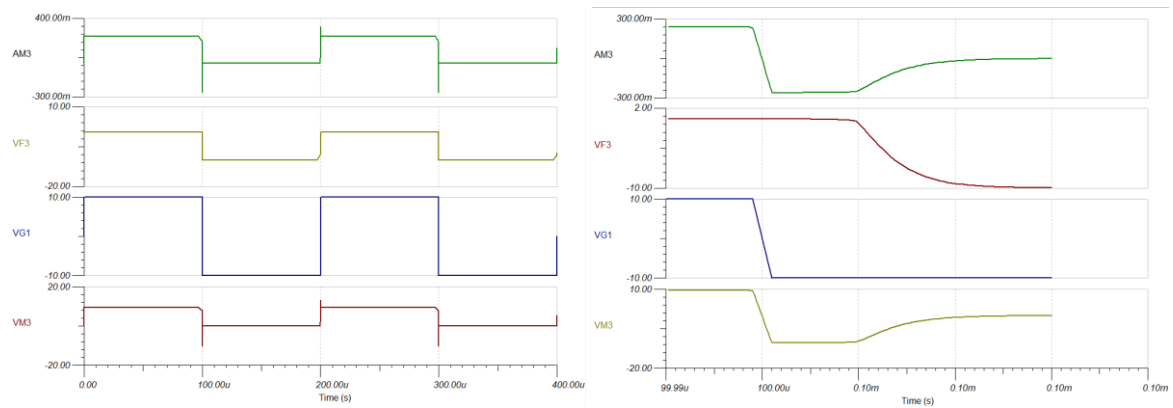
8.4.1 1N4004



8.4.2 1N4148

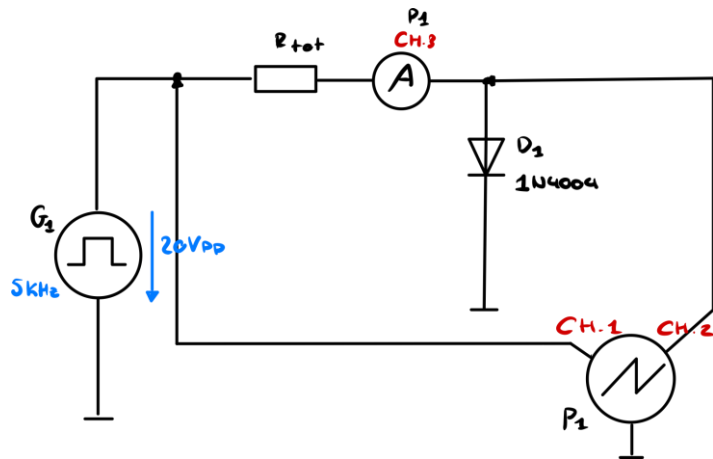


8.4.3 SB 2100E-G

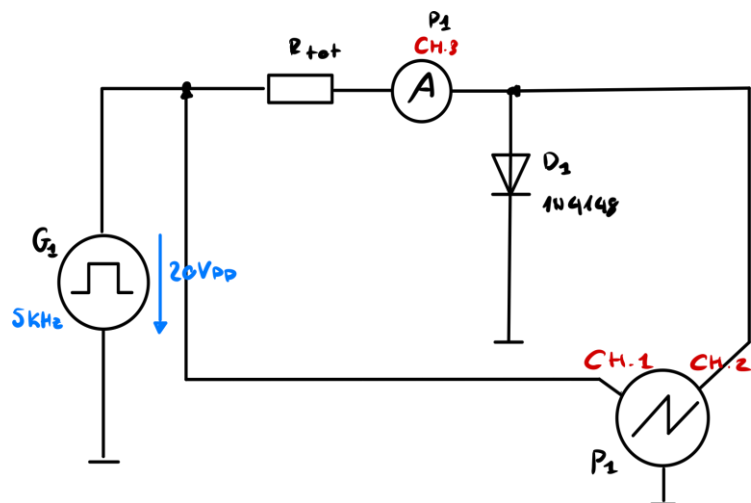


8.5 Schéma de mesure réelles

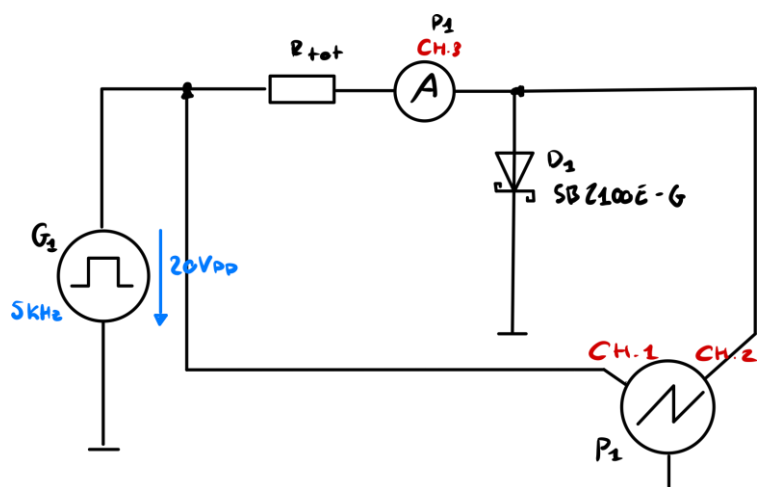
8.5.1 1N4004



8.5.2 1N4148

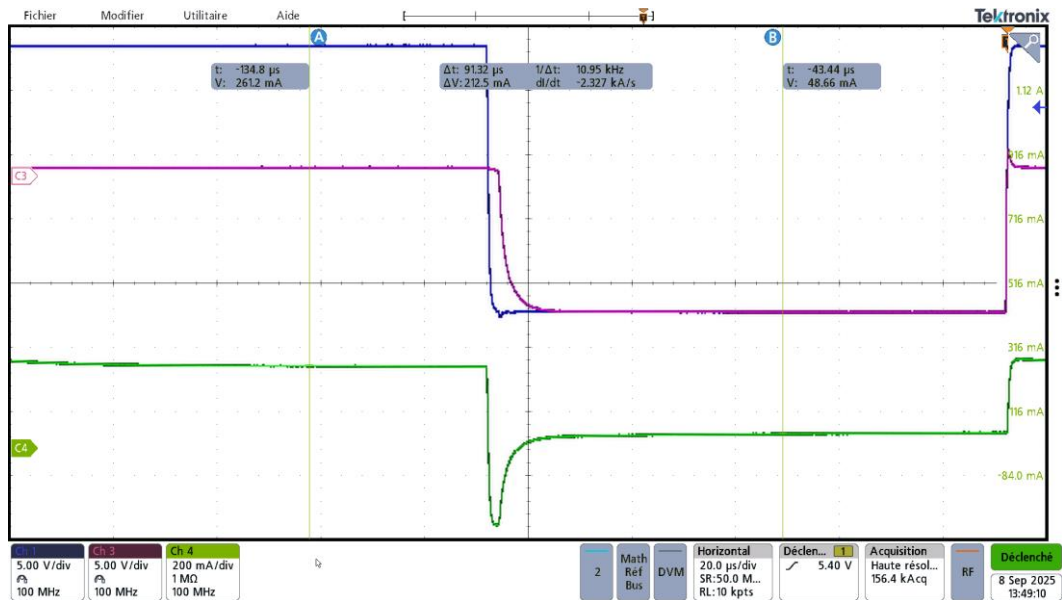


8.5.3 SB 2100E-G

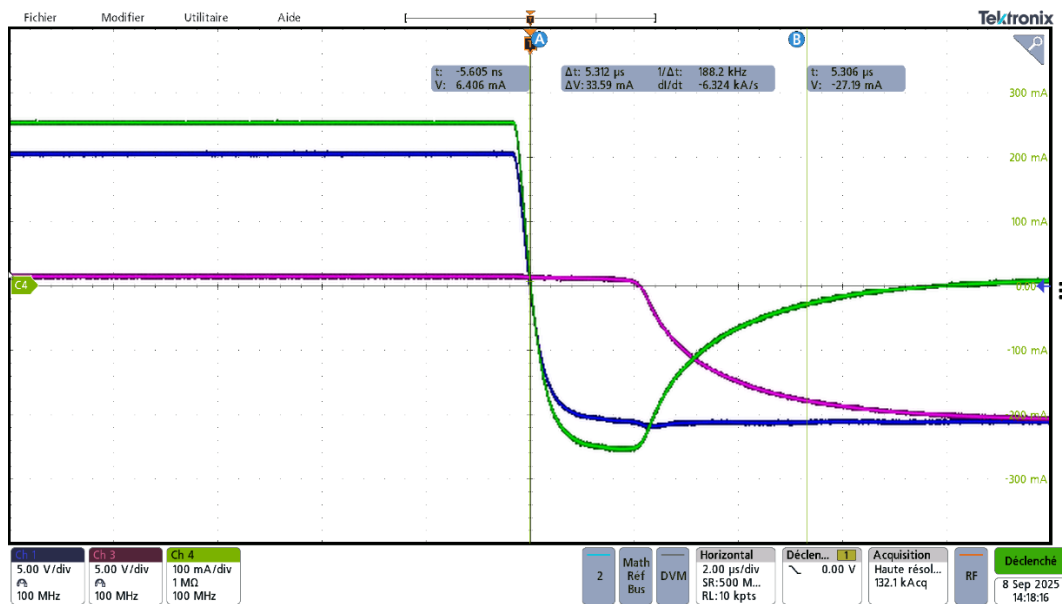


8.6.1 1N4004



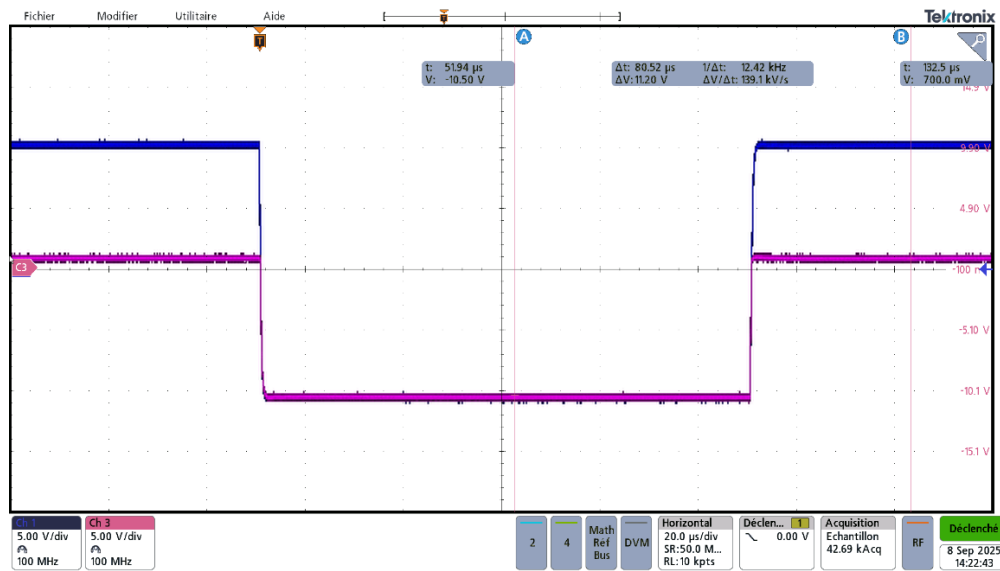


Mesure du courant I_d et $I_r \text{ max}$

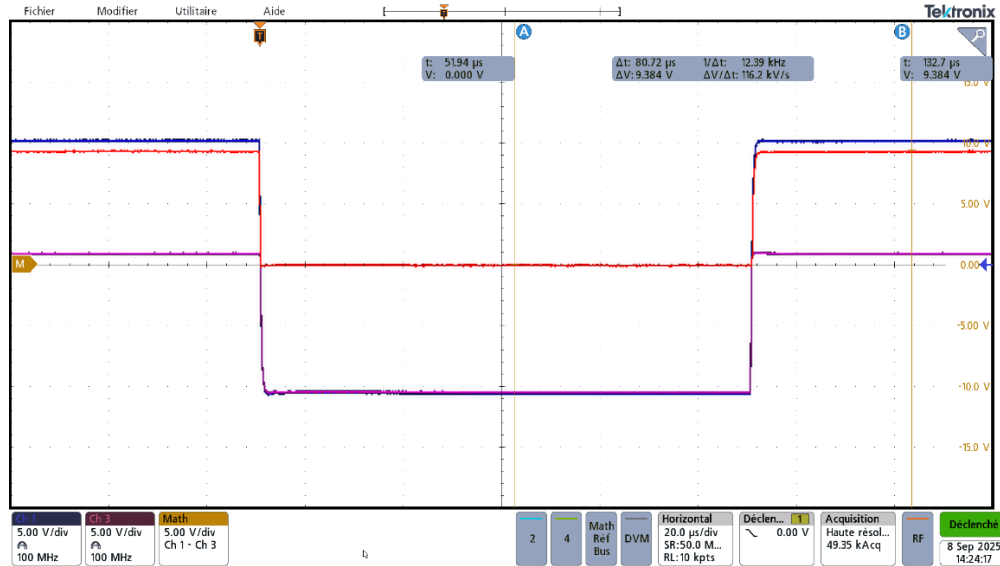


Mesure du T_{rr} selon la methode de Toshiba

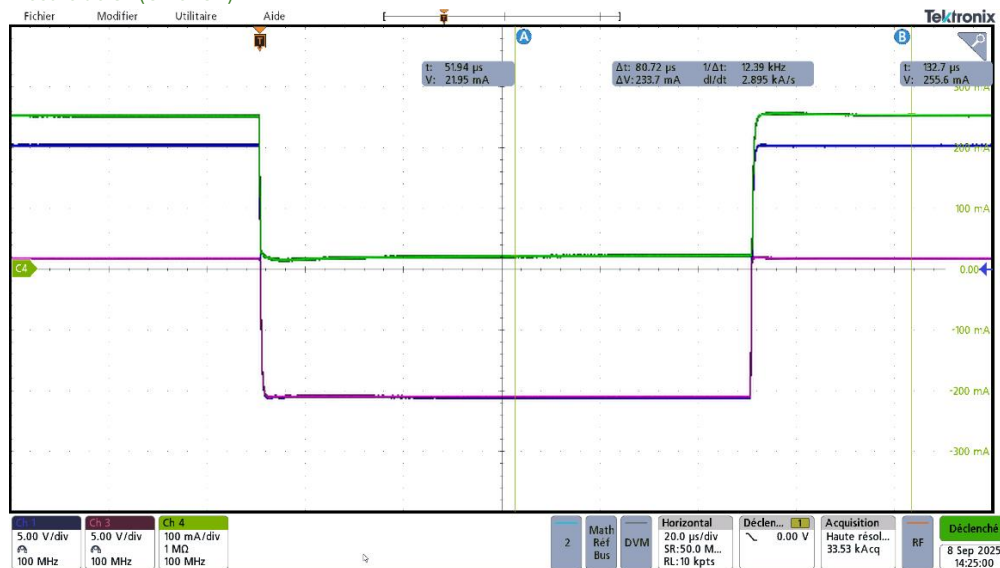
8.6.2 1N4148



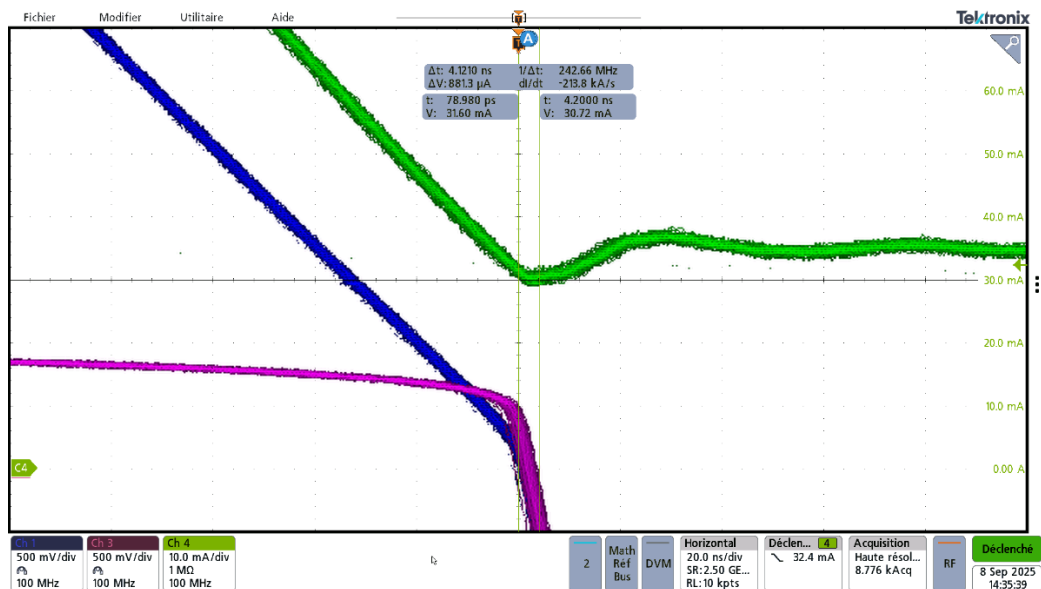
Mesure de U_j (On et Off)



Mesure de U_R (On et Off)

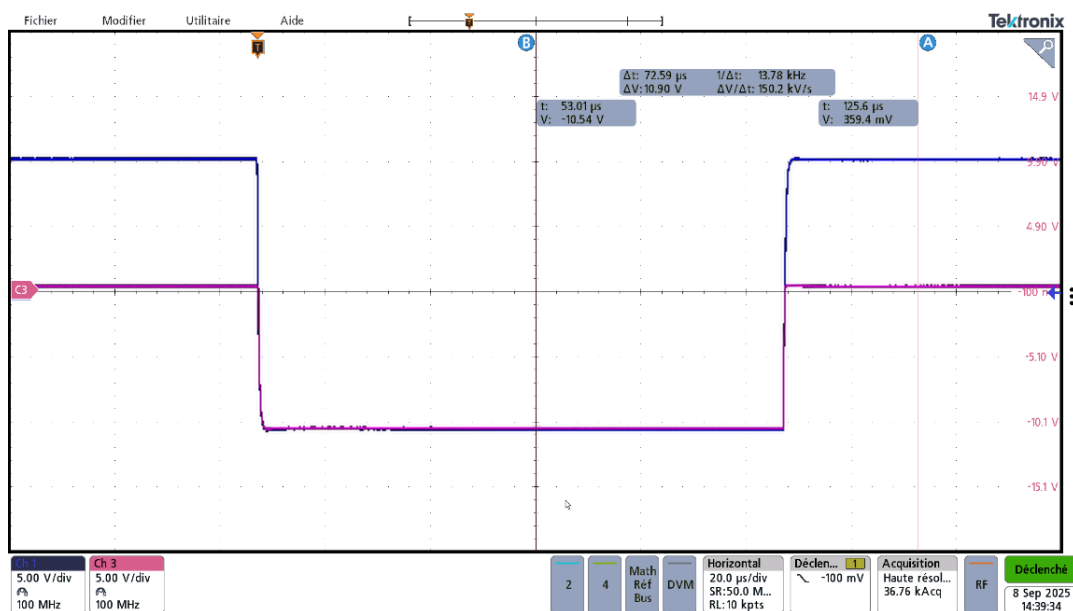


Mesure du courant I_d et I_r max

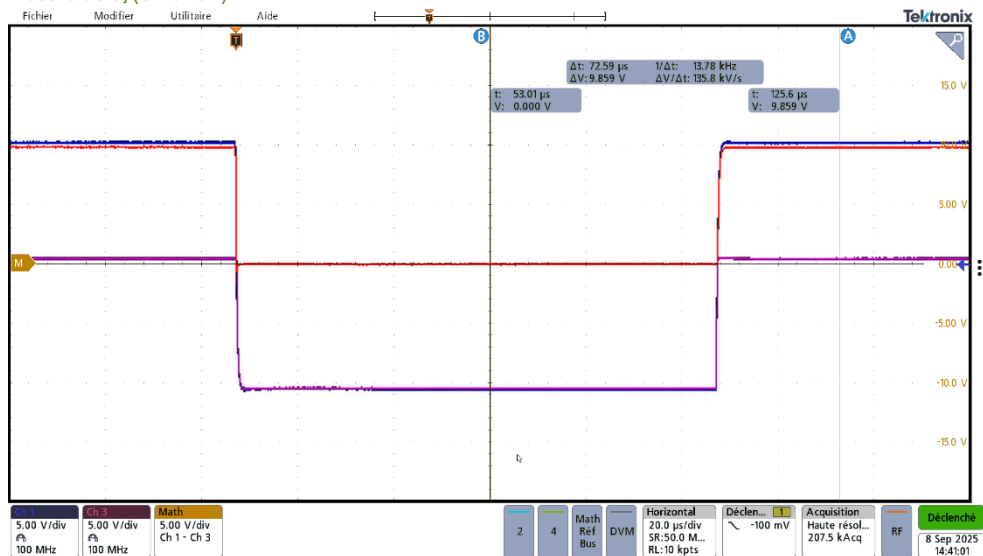


Mesure du Trr selon la methode de Toshiba

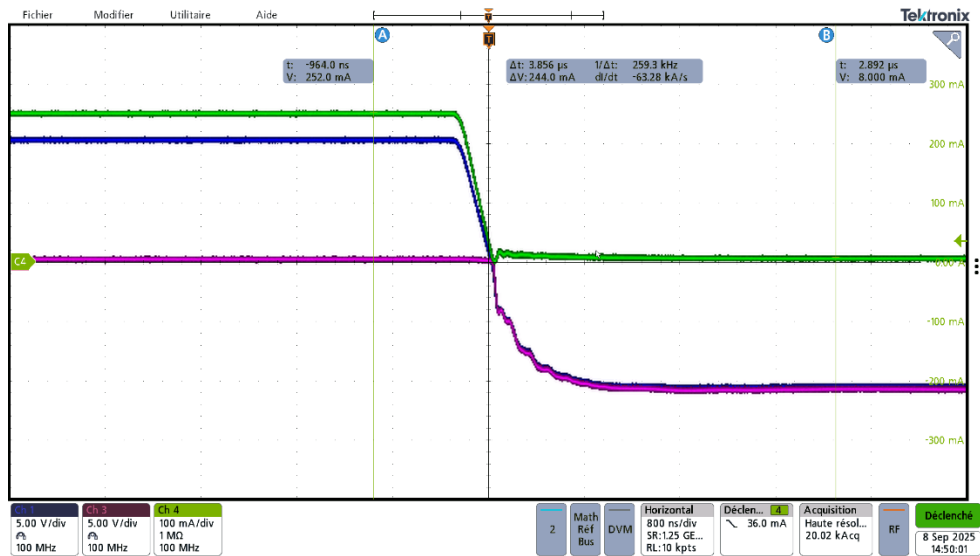
8.6.3 SB2100



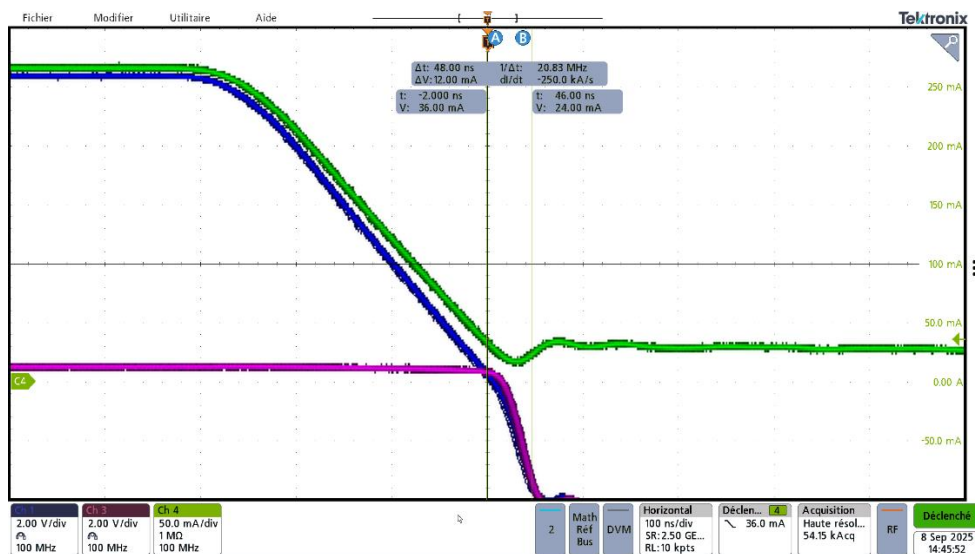
Mesure de Uj (On et Off)



Mesure de Ur (On et Off)

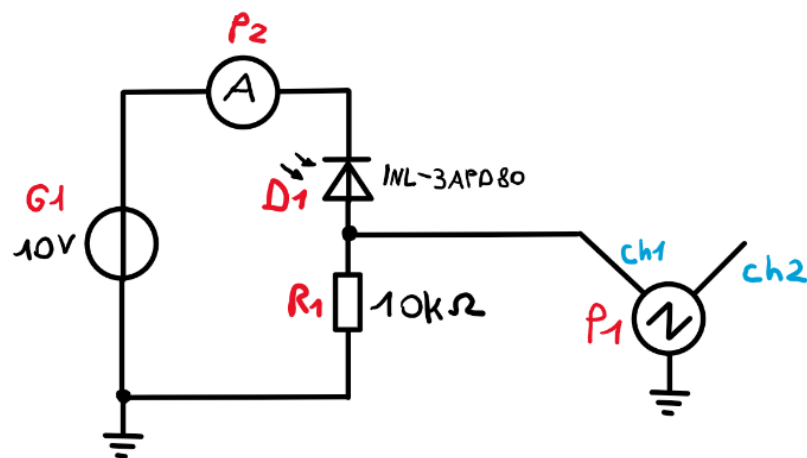


Mesure du courant I_d et I_r max

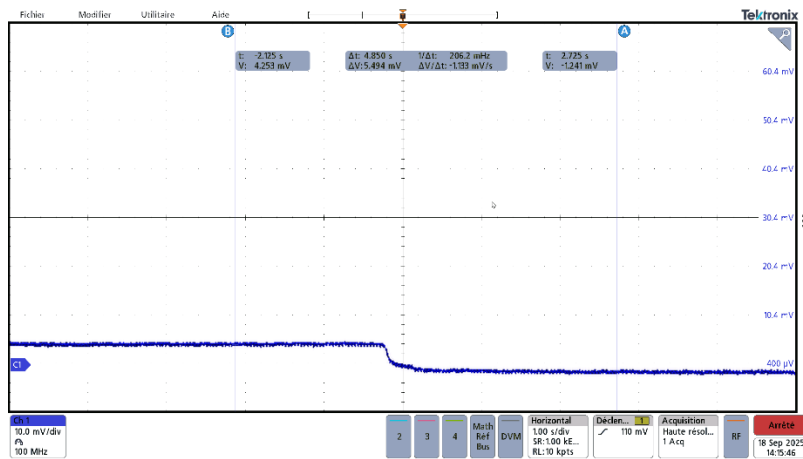


Mesure du T_{rr} selon la methode de Toshiba

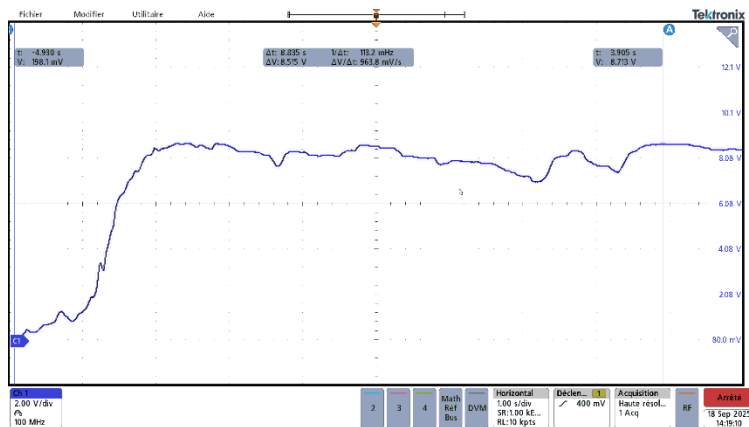
8.6.4 Schéma de mesures Photodiode



8.6.5 Mesures Photodiode



Mesure de tension en penombre et a lumière ambiante



Mesure de tension avec lumière maximal

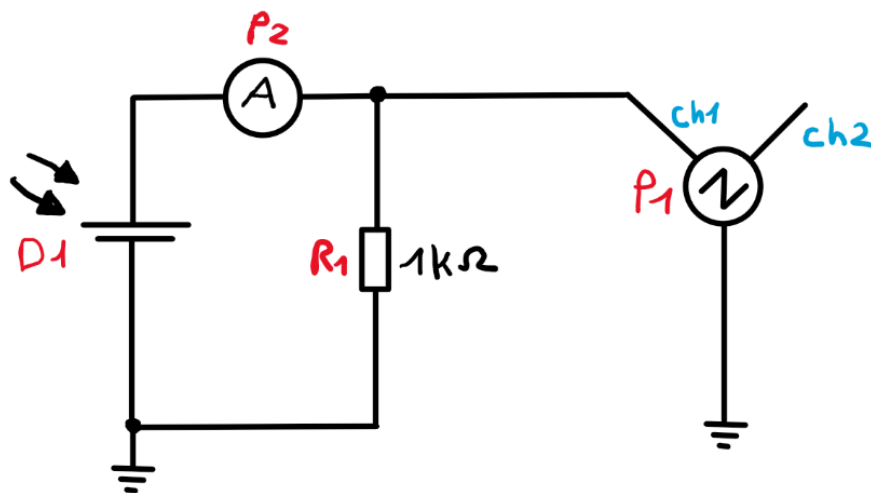


Mesure de courant penombre

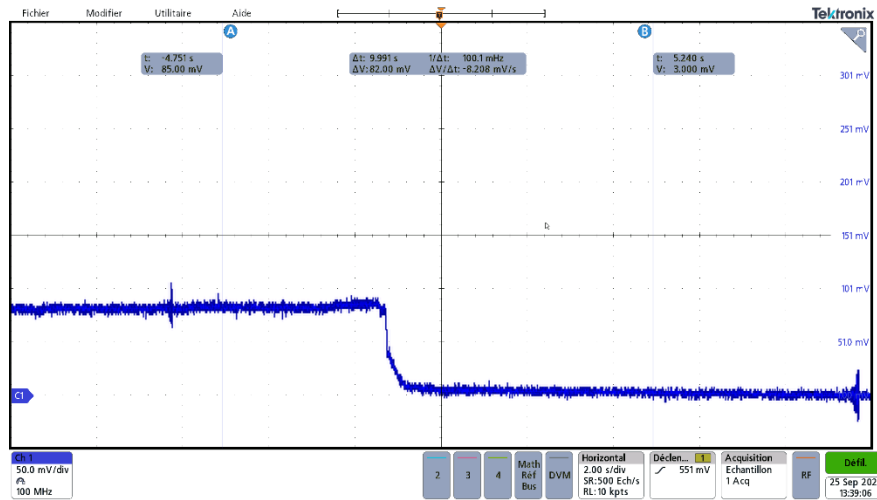
Mesure de courant lumière ambiante

Mesure de courant luminosité max

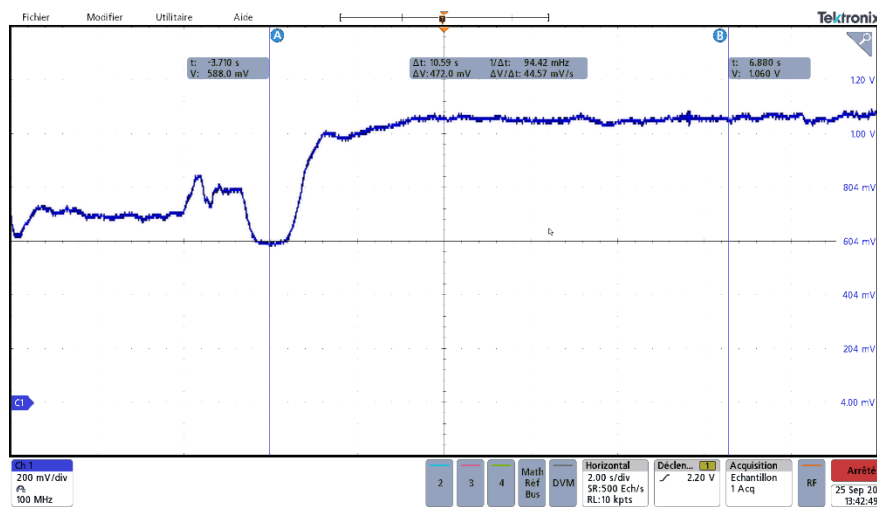
8.6.6 Schéma de mesures panneau solaire



8.6.7 Mesures panneau solaire



Mesure de tension en penombre et a lumière ambiante



Mesure de tension avec lumière maximal



Mesure de courant penombre

Mesure de courant lumière ambiante

Mesure de courant luminosité max

8.6.8 Mesures MPP

Nb	Résistance	Courant [μA]	Tension [V]	Puissance [W]	Puissance[mW]
1	100	442	0.046	0.000020332	0.02
2	150	441	0.066	0.000029106	0.03
3	220	443	0.096	0.000042528	0.04
4	330	443	0.147	0.000065121	0.07
5	470	444	0.205	0.00009102	0.09
6	680	440	0.3	0.000132	0.13
7	1000	435	0.428	0.00018618	0.19
8	1500	430	0.628	0.00027004	0.27
9	3300	410	1.35	0.0005535	0.55
10	10000	372	3.7	0.0013764	1.38
11	15000	322	4.8	0.0015456	1.55
12	22000	228	5	0.00114	1.14
13	33000	154	5.1	0.0007854	0.79
14	47000	109	5.1	0.0005559	0.56