

# TP1 Alimentation Linéaire

## Rapport de laboratoire

---

**Ecole supérieure**

Électronique  
EIND  
SLO2

---

## TP1 Alimentation Linéaire

---

**Réalisé par :**

Nicolas Besson  
Tassilo Choulat

**A l'attention de :**

Professeur M. Gavin  
Professeur M. Bovey

**Dates :**

Début du laboratoire : 20.11.2024  
Fin du laboratoire : 20.12.2024

## Table des matières

TP1 Alimentation Linéaire .....	1
1. Introduction .....	4
2. Première partie.....	4
2.1. Point a.....	4
2.2. Point b.....	4
2.3. Point c.....	4
2.4. Point d.....	5
2.5. Point e.....	5
2.6. Point f.....	5
2.7. Point g.....	6
2.8. Liste de matériel.....	7
2.9. Point h.....	7
2.9.1. Schéma de mesure .....	7
2.9.2. Méthode de mesure .....	7
2.9.3. Résultats .....	7
3. Deuxième partie .....	8
3.1. Point i.....	8
3.2. Point j.....	8
3.2.1. Schéma de mesure .....	8
3.2.2. Méthode de mesure .....	9
3.2.3. Résultats .....	9
3.3. Point k.....	10
3.3.1. Schéma de mesure .....	10
3.3.2. Méthode de mesure .....	10
3.3.3. Résultats .....	10
3.4. Point l.....	11
3.5. Point m.....	11
3.6. Point n.....	11
3.7. Point o.....	11
4. Conclusion .....	12
5. Annexes .....	13
5.1. Resistance Thermique .....	13
5.2. Tension de référence .....	13
5.3. Simulation DC en fonction de la charge.....	13
5.4. Points de mesure simulation .....	14
5.5. Points de mesure .....	15

5.6.	Mesures point K .....	15
------	-----------------------	----

# 1.Introduction

Dans ce rapport, nous ferons la conception d'une alimentation linéaire basée sur le régulateur LM317. À travers des calculs, des simulations et des mesures, nous analyserons son comportement dans différentes configurations.

## 2.Première partie

### 2.1. Point a

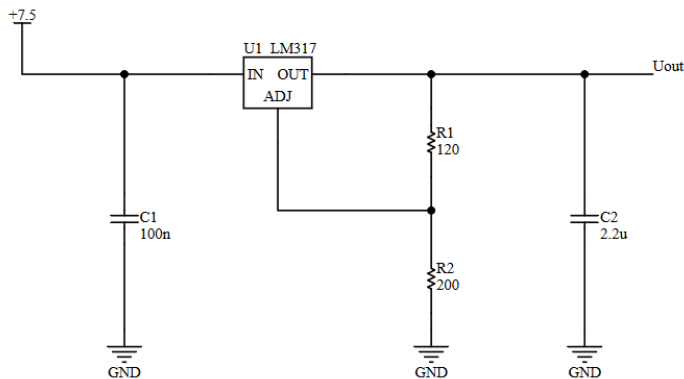


Figure 1 schéma de principe

Pour calculer les valeurs de résistance nous avons dans un premier temps chercher la tension entre la patte « ADJ » et « Out » est de 1.25V (annexe Tension de référence). Nous avons choisi le résistance R1 de façon empirique en prenant une valeur de 120Ω. Nous avons donc pu calculer le courant dans cette dernière.

$$I_{R1} = I_{R2} = \frac{U_{REF}}{R_1} = \frac{1.25}{120} = 10.41mA$$

$$R_2 = \frac{U_{out} - U_{REF}}{I_{R2}} = \frac{3.3 - 1.25}{10.41} = 196.92\Omega \Rightarrow 200\Omega \text{ Serie E24}$$

### 2.2. Point b

Selon les informations données nous dans les cahiers des charges, nous avons un courant max à respecter de 100mA pour une tension de sortie max de 3.3V

$$P_{outmax} = U_{out} * I_{outmax} = 3.3 * 0.1 = 0.33W$$

### 2.3. Point c

Pour calculer la puissance d'entrée nous devons connaître  $I_{in}$ . Dans les LM317 le courant d'entrée est la somme du courant de sortie et du courant de la pin « ADJ ».

$$I_{ADJmax} = 100\mu A$$

$$I_{inmax} = I_{outmax} + I_{ADJmax} = 100 + 0.1 = 100.1mA$$

$$P_{inmax} = U_{in} * I_{inmax} = 7.5 * 0.1001 = 0.750W$$

## 2.4. Point d

Pour le calcul de la puissance dissipée, il suffit de faire une soustraction de la puissance d'entrée et la puissance de sortie.

$$P_{Dissmax} = P_{inmax} - P_{outmax} = 0.750 - 0.33 = 0.42W$$

## 2.5. Point e

La résistance thermique de la jonction jusqu'à l'air ambiant est de 50°C/W (valeur du datasheet voir annexe (résistance thermique)). Pour mesurer la tension de la jonction nous faisons le calcul suivant.

$$\theta_j = (R_{thja} * P_{Dissmax}) + \theta_{Amb} = (50 * 0.42) + 35 = 56^\circ C$$

## 2.6. Point f

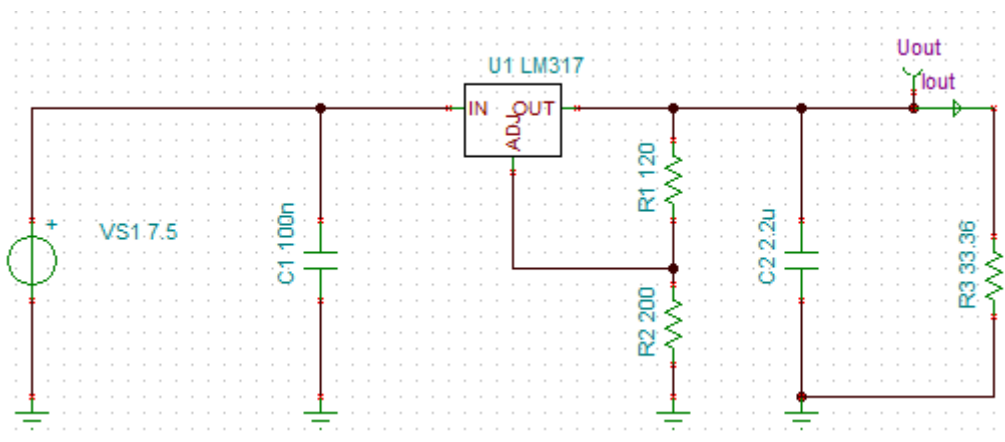


Figure 2 Schéma de simulation

Pour effectuer cette simulation, nous avons dans un premier temps utilisé l'outil «DC Transfer Characteristic» nous permettant de tracer les courbes de courant et tension de sortie.

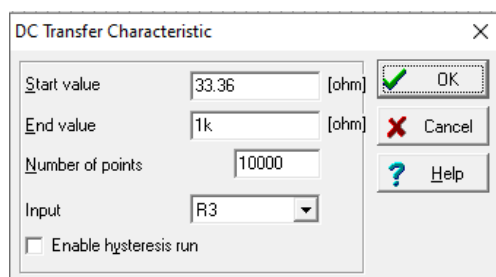


Figure 3 Paramètre « DC Transfer Characteristic »

Pour réaliser cette simulation, nous avons fait varier la résistance de charge (R3) entre 33,36 Ω et 1 kΩ. La valeur initiale de 33,36 Ω a été choisie, car elle permet d'obtenir exactement, 100 mA de courant de sortie, comme demandé dans le cahier des charges. Cette valeur a été déterminée grâce à la simulation. Initialement, nous avons fixé R3 à 30 Ω, mais cela avait pour cause un courant supérieur à 100 mA. Nous avons donc ajusté la résistance et mesuré précisément le point où le courant atteignait 100 mA, soit à 33,36 Ω.

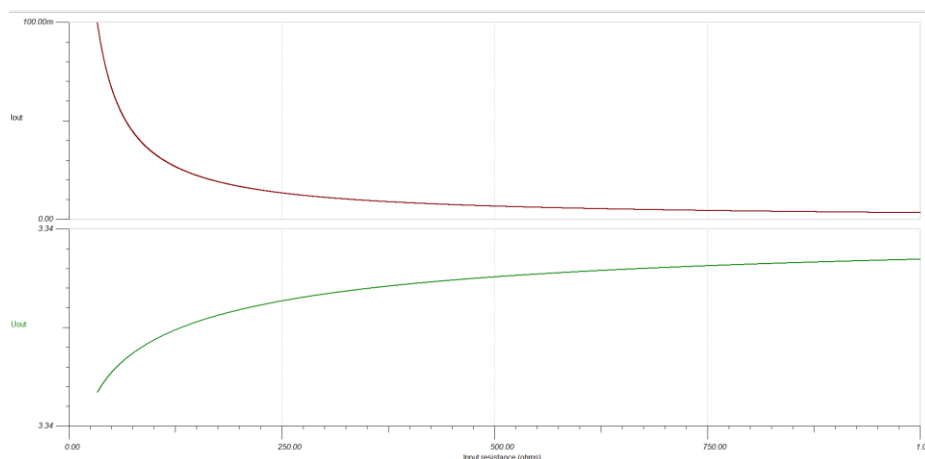


Figure 4 simulation de  $I_{out}$  et de  $U_{out}$  en fonction de  $R_{ch}$

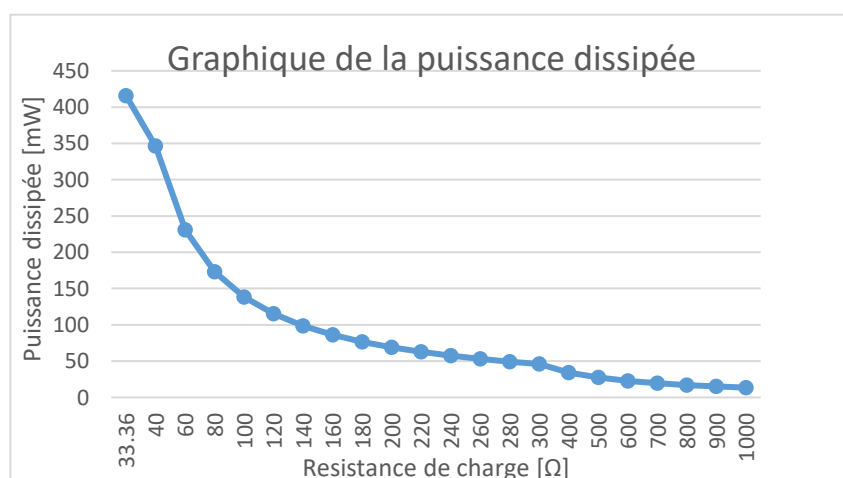
On observe sur la courbe verte que la tension de sortie varie légèrement de quelques millivolts, mais reste globalement autour de 3.34V, quelle que soit la valeur de la charge. En revanche, le courant de sortie diminue à mesure que la charge augmente. Cela est tout à fait logique et conforme à la loi d'Ohm.

## 2.7. Point g

Pour effectuer cette partie nous avons pris 22 points en faisant varier la résistance de charge, nous avons utilisé l'outil (calculate nodal voltage) voir l'annexe 5.3. Les points qui nous intéressaient pour mesurer la puissance dissipée étaient :

- La tension de sortie
- Le courant de sortie
- Le courant de la pâte ADJ

À partir de ces différentes informations, nous pouvions calculer le courant d'entrée en tenant compte de  $(I_{out} + I_{ADJmax})$ . Ensuite, nous avons déterminé la puissance d'entrée en multipliant la tension d'entrée, fixée à 7,5 V, par le courant d'entrée. Pour calculer la puissance de sortie, il suffit de multiplier la tension de sortie par le courant de sortie. Une fois ces informations obtenues, il suffit de soustraire la puissance de sortie ( $P_{out}$ ) à la puissance d'entrée ( $P_{in}$ ).



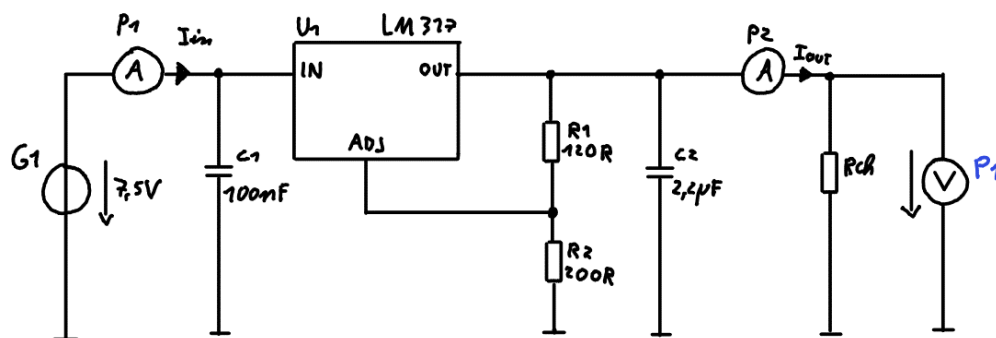
Le graphique nous montre la plus ou moins la même tendance qu'au point f. En effet plus la résistance augmente plus la puissance diminue. Cela rejoint ce qui est dit au point f, la résistance augmente donc le courant diminue ce qui signifie que la puissance aussi.

## 2.8. Liste de matériel

Désignateur	Marque	Type	Caractéristique	N°d'inventaire
G1	GWinsek	GPC-3030DQ	Alimentation 30V 3A	ES.SLO2.00.00.120
P1	GWinsek	GDM-396	Ampèremètre	ES.SLO2.00.00.95
P2	GWinsek	GDM-396	Ampèremètre	ES.SLO2.00.00.94
P1	GWinsek	GDM-396	Voltmètre	ES.SLO2.00.00.95
P3	Tektronix	RTB2004	Oscilloscope	ES.SLO2.05.01.03
G2	Agilent	33500B series	Générateur de fonction	ES.SLO2.00.00.132
U2	GWinsek	PEL-2002A	Charge programmable	ES.SLO2.00.02.60

## 2.9. Point h

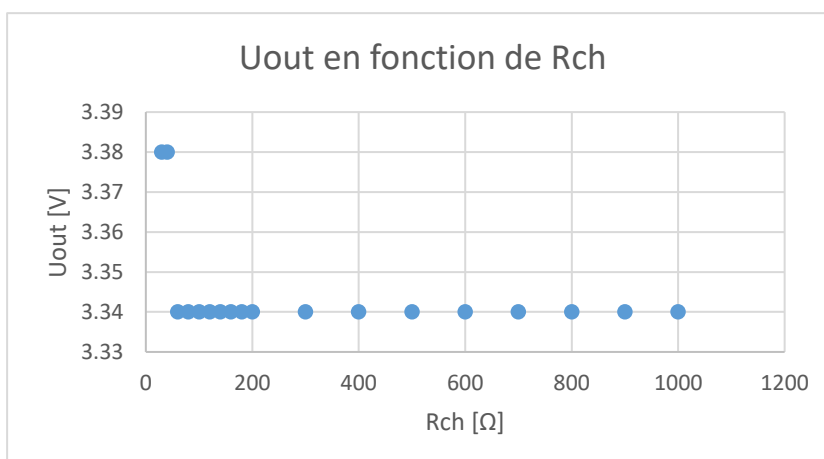
### 2.9.1. Schéma de mesure



### 2.9.2. Méthode de mesure

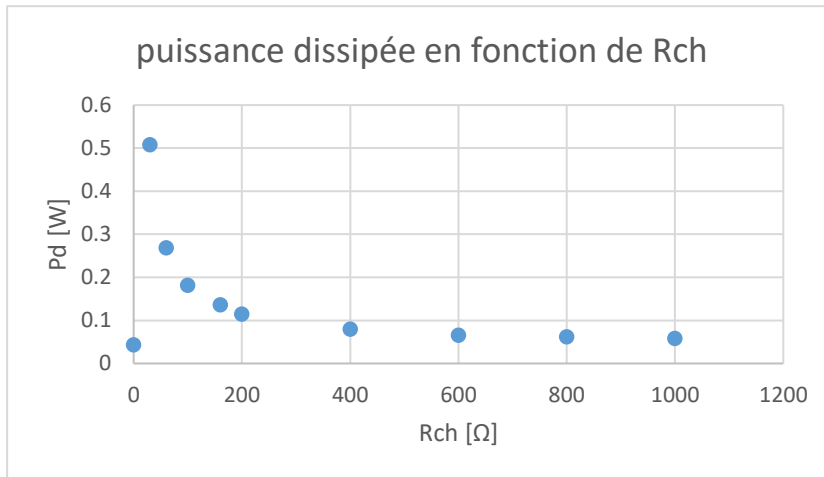
Une fois le circuit sous tension, changer la charge pour relever la tension et les courants. La mesure de la tension et du courant n'est pas faite simultanément car nous n'avons que 2 multimètres.

### 2.9.3. Résultats



Remarque : On peut voir que la tension est extrêmement stable, étant donné que nous avons une variation de seulement 40mV max. C'est un résultat plutôt logique, les régulateurs linéaires sont connus pour être très stables et plutôt immunisés à la variation de charge. La mesure le prouve bien.

Uout [V]	Rch [Ω]
3.38	À vide
3.38	30
3.38	40
3.34	60
3.34	80
3.34	100
3.34	120
3.34	140
3.34	160
3.34	180
3.34	200
3.34	300
3.34	400
3.34	500
3.34	600
3.34	700
3.34	800
3.34	900
3.34	1000



Puissance dissipée [W]	Résistance de charge [Ω]
0.0430318	À vide
0.508038	30
0.268074	60
0.181628	100
0.1363238	160
0.1143942	200
0.0797396	400
0.0657784	600
0.0619096	800
0.0581498	1000

Remarque :

Ici, on remarque que la puissance dissipée par le régulateur diminue fortement en dessous de 200Ω. Après ça, la dissipation est plutôt faible. Les points de mesure du courant sont disponibles en annexe 5.5 p.14.

Calcul de la puissance :

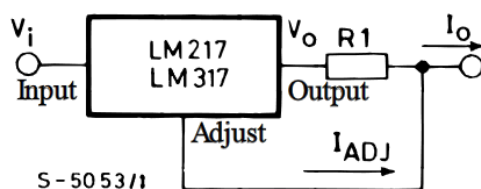
$$P_d = P_{in} - P_{out} = (U_{in} \cdot I_{in}) - (U_{out} \cdot I_{out})$$

## 3. Deuxième partie

### 3.1. Point i

Pour limiter le courant à 250mA, il y a un montage proposé dans la datasheet du lm317 :

Figure 9. Current regulator



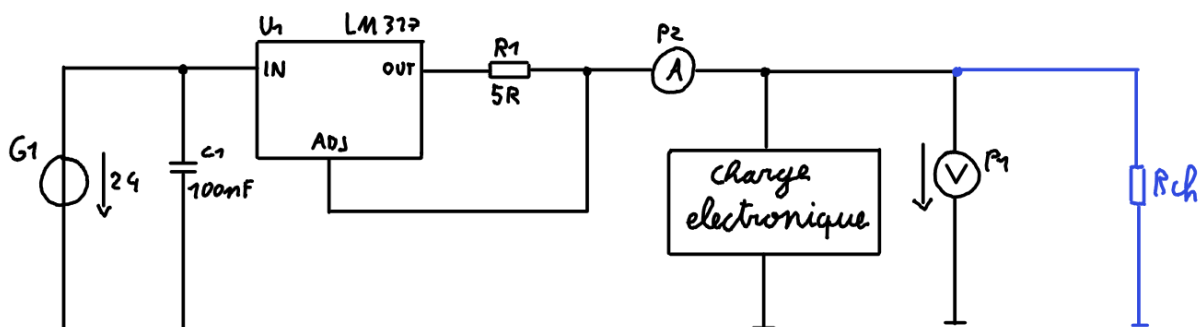
On peut calculer la valeur de la résistance R1 avec :

$$R_1 = \frac{V_{ref}}{I_{limit}} = \frac{1,25}{250 \cdot 10^{-3}} = 5\Omega$$

Étant donné que nous n'avons pas de 5Ω dans le tiroir, nous connectons deux résistances de 10Ω en parallèle.

### 3.2. Point j

#### 3.2.1. Schéma de mesure



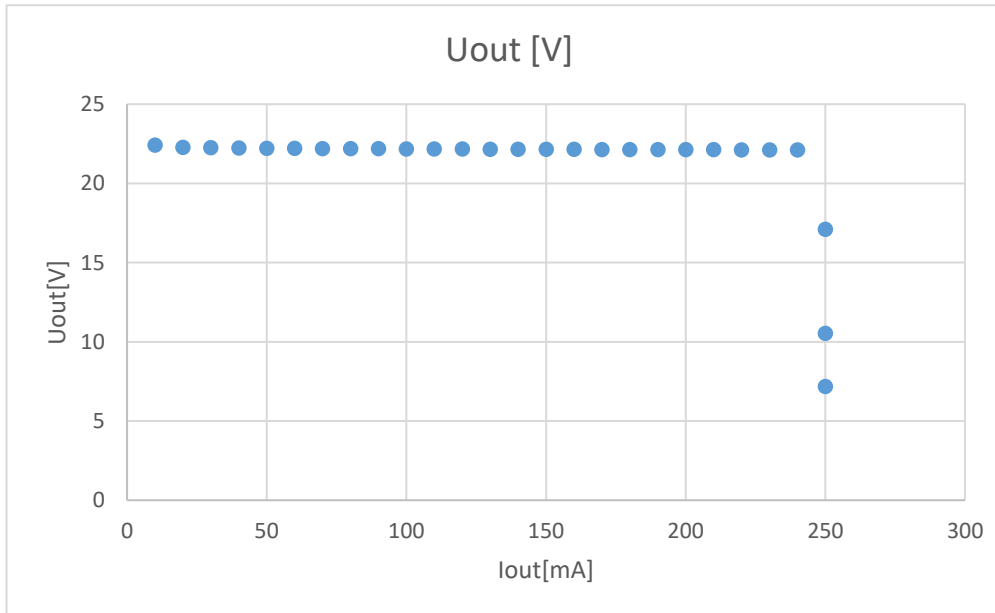


### 3.2.2. Méthode de mesure

Relever la tension à la sortie en réglant le courant sur la charge programmable.

En second temps, connecter une résistance de puissance pour démontrer que la tension chute quand la valeur de la charge diminue. Le courant doit rester constant à 250mA.

### 3.2.3. Résultats



Remarques :

Ici, on remarque que la tension est relativement stable de 10mA à 240mA. Là où cette mesure devient intéressante, c'est quand le courant atteint la limite de 250mA, tout comme une alimentation de laboratoire le régulateur va réduire la tension à sa sortie pour maintenir un courant de 250mA malgré la diminution de la charge.

Les points de mesure en **bleu** ont été mesurés avec une résistance de puissance et non pas avec la charge programmable. Etant donné que le courant ne peut pas dépasser 250mA, on peut en déduire que le régulateur se comporte comme une source de courant. La charge programmable en est aussi une mais négative étant donné que l'on règle un courant qui doit être tiré de notre montage.

Étant donné que la loi de Kirchhoff nous interdit de connecter deux sources de courant en série, nous avons donc choisi d'utiliser une résistance de puissance à la place pour mettre en évidence la réaction du régulateur à un dépassement de la limite de courant.

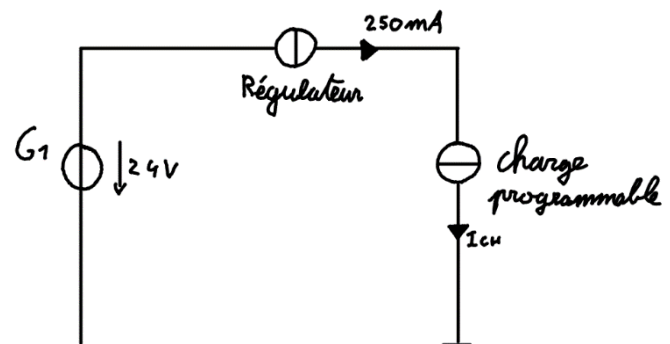
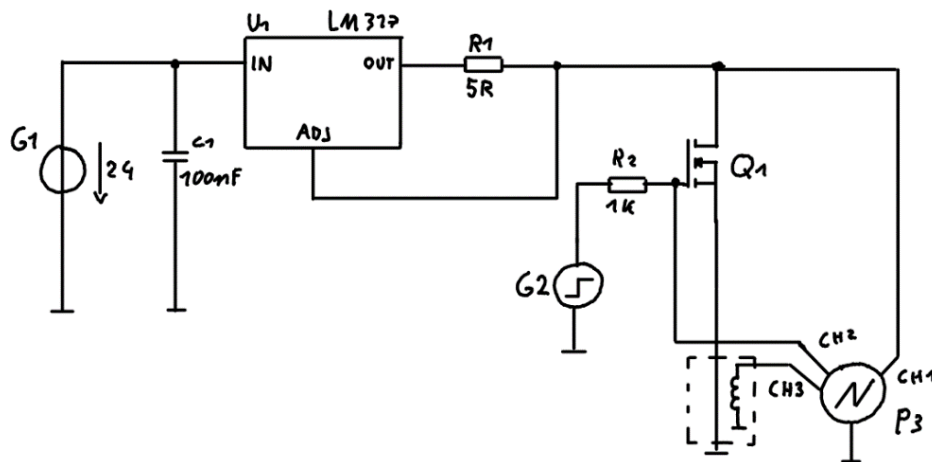


Figure 5 deux sources de courant en série (INTERDIT)

### 3.3. Point k

### 3.3.1. Schéma de mesure



### Réglage de P3 :

Trigger : CH2

Flanc : montant

Sonde :

CH1/2 → 10X

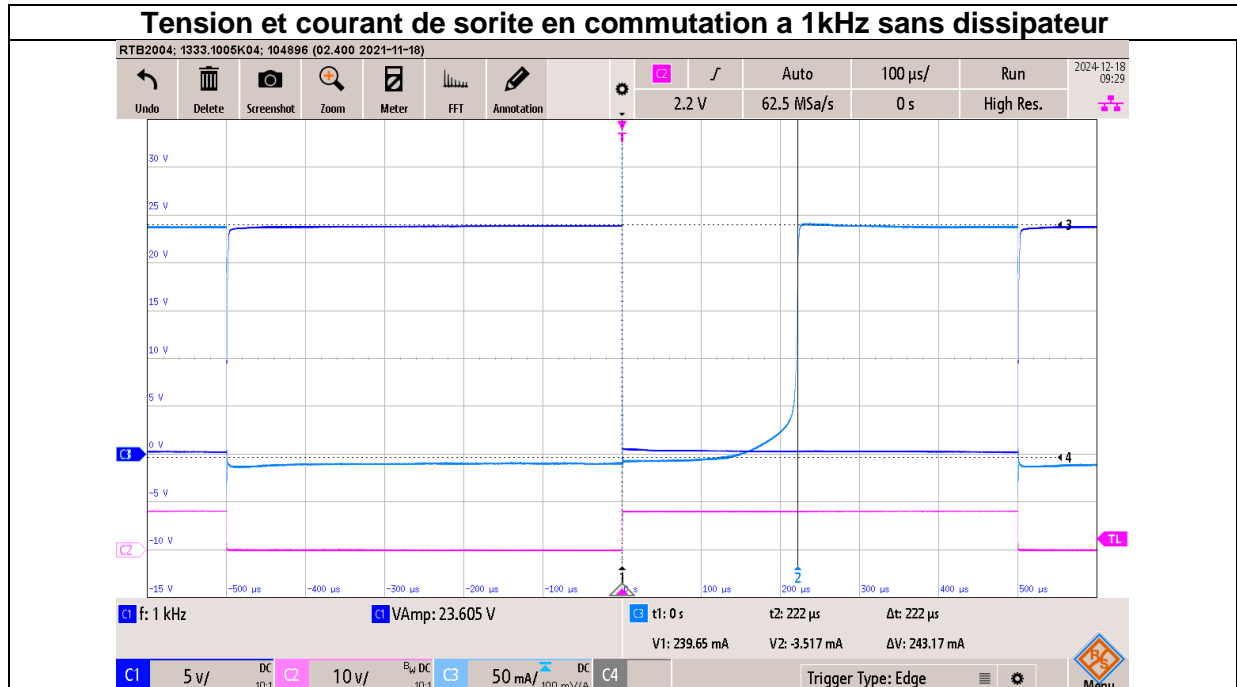
CH3 100mV/A

**Réglage de G2 :** Fréquence = 1kHz / Amplitude = 6Vpp / Offset = 3V

### 3.3.2. Méthode de mesure

Pour mesurer correctement le courant, il faut faire attention à placer la sonde de courant dans le bon sens. Avant de mettre en route le circuit, il faut calibrer la sonde de courant en alignant le signal avec le 0A sur l'échelle verticale.

### 3.3.3. Résultats



CH1 représente la tension à la sortie du régulateur, CH2 représente la commande de la grille du transistor, CH3 représente le courant à la sortie du montage.

Ici, quand transistor court-circuite la sortie du régulateur, il met 222 $\mu$ s à limiter le courant.

La raison de ce délai est la température du régulateur, comme vu dans la mesure en annexe 5.6 p14, en fixant un dissipateur au régulateur, ce délai descend à 81 $\mu$ s.

On peut aussi voir qu'il limite le courant à 243mA comme calculer précédemment.

Des mesures des transitions son en annexe 5.6 p15.

### 3.4. Point l

Dans un premier temps nous calculons la puissance de notre montage en Circuit-Ouvert. Nous avons mesuré la tension en circuit ouvert (voir annexe Mesure point K).

$$P_{diss\ C-O} = (U_{in} - U_{out}) * I_{out} = (24 - 23.73) * 0 = 0W$$

Nous avons ensuite mesuré la tension au moment de l'ouverture du MOSFET. La tension de sortie est égale à 0V à ce moment.

$$P_{diss\ C-C} = (U_{in} - U_{out}) * I_{out} = (24 - 0) * 0.248 = 5.95W$$

Pour calculer la puissance dissipée nous avons additionnée les deux puissances mesurées dans les calculs précédant diviser par deux. Nous divisons par 2 car il y a un rapport cyclique de 50% (\*0,5 = \*1/2).

$$P_{diss-K} = \frac{P_{diss\ C-O} + P_{diss\ C-C}}{2} = \frac{0 + 5.95}{2} = 2.976W$$

### 3.5. Point m

Pour calculer la température de jonction. Nous utilisons la valeur de la résistance thermique utilisé au point au point e à laquelle nous multiplions par la puissance dissipée calculer au point précédent.

$$\theta_j = (R_{thja} * P_{diss-K}) + \theta_{amb} = (50 * 2.976) + 20 = 168.8^{\circ}C$$

### 3.6. Point n

Dans cette partie nous reprenons le calcul effectué au point l.

$$P_{diss\ C-C} = (U_{in} - U_{out}) * I_{out} = (24 - 0) * 0.248 = 5.95W$$

### 3.7. Point o

Pour mesurer la température de jonction, nous avons multiplié la puissance dissipée en court-circuit par la résistance thermique, puis ajouté la température ambiante, en supposant qu'elle était de 20 °C.

$$\theta_j = (R_{thja} * P_{diss\ C-C}) + \theta_{amb} = (50 * 5.95) + 20 = 317.5^{\circ}C$$

## 4. Conclusion

Dans la première partie, nous avons dimensionné les résistances pour une alimentation linéaire afin d'obtenir une tension de sortie de 3,30 [V]. Nous avons également calculé les différentes puissances du circuit : une puissance de sortie maximale de 330 [mW], une puissance d'entrée de 750 [mW] et une puissance dissipée de 420 [mW].

Lors de la simulation, nous avons pu constater que la tension de sortie ne bouge pas, peu importe la résistance de charge mise. Cela prouve la précision du montage. Nous n'avons pas exactement 3,30V mais 3,34V, car nous avons utilisé des résistances de la série E24 dû au fait que c'est celle qui ont été utilisées dans la mesure.

Pour ce qui est de la mesure, la tension est aussi très stable, peu importe la charge. Il est important de noter que la puissance dissipée par le régulateur vient principalement de la quantité de tension que nous voulons abaisser. Cela dit, plus la charge est faible, plus le régulateur dissipe.

Pour la mesure de la deuxième partie de ce TP, il est important de préciser que la sortie du montage devient la patte « ADJ » et non pas la patte « OUTPUT ». Dans cette partie des mesures, le régulateur n'abaisse pas la tension mais limite le courant en fonction de la résistance R1 dimensionnée. La tension chute bien quand le courant serait censé dépasser 250mA.

Pour la mesure du point K, nous avons dû descendre la fréquence de commutation du transistor pour mieux mettre en évidence la réaction du régulateur. Nous avons observé que la température du régulateur joue beaucoup sur le temps qu'il prend à limiter le courant. Nous avons ensuite essayé de le fixer à un dissipateur, le résultat est positif, car il prend moins de temps à limiter le courant. En dimensionnant un dissipateur adapté, ce temps peut être réduit à l'ordre de la nanoseconde.

Avec les valeurs mesurées au point K, nous avons calculé une estimation de la température de jonction à 168,8 °C. La température de jonction du LM317, en situation de « court-circuit », est de 317,5 °C. Même avec un PWM, la température du régulateur est trop élevée, si nous voulions utiliser le lm317 pour limiter le courant, il deviendrait obligatoire de dimensionner un dissipateur thermique.

Lausanne, le 20.12.2024

Nicolas Besson  
Tassilo Choulat

## 5. Annexes

### 5.1. Resistance Thermique

Table 2. Thermal data

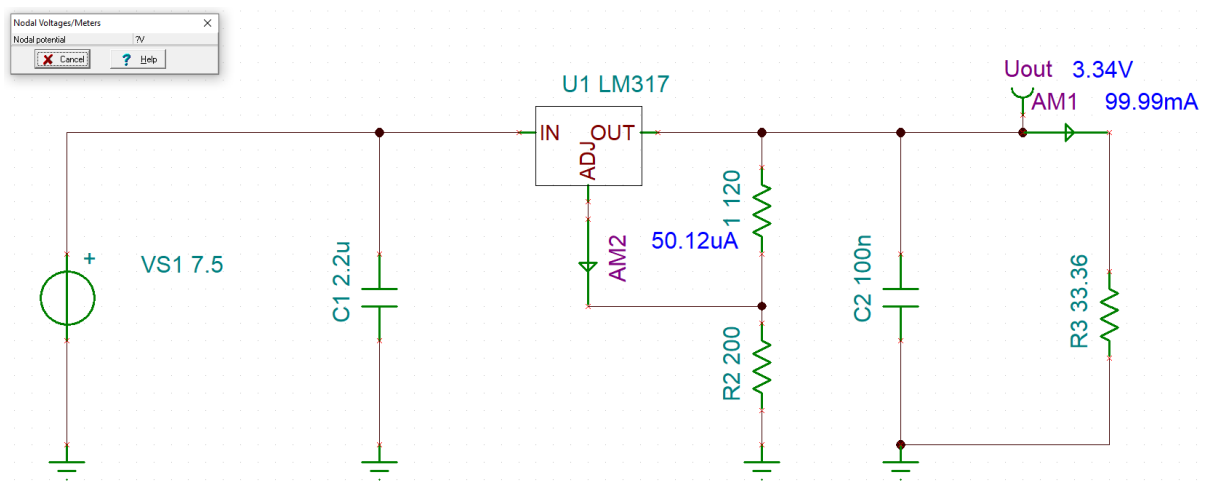
Symbol	Parameter	D <sup>2</sup> PAK	TO-220	TO-220FP	SOT223	Unit
$R_{thJA}$	Thermal resistance junction-ambient	62.5	50	60	110	°C/W
$R_{thJC}$	Thermal resistance junction-case	3	5	5	15	°C/W

### 5.2. Tension de référence

Table 4. Electrical characteristics for LM317

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$\Delta V_O$	Line regulation	$V_I - V_O = 3 \text{ to } 40 \text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.01 0.02	0.04 0.07	%/V
$\Delta V_O$	Load regulation	$V_O \leq 5 \text{ V}$ $I_O = 10 \text{ mA to } I_{MAX}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		5 20	25 70	mV
		$V_O \geq 5 \text{ V}$ $I_O = 10 \text{ mA to } I_{MAX}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.1 0.3	0.5 1.5	%
$I_{ADJ}$	Adjustment pin current			50	100	$\mu\text{A}$
$\Delta I_{ADJ}$	Adjustment pin current	$V_I - V_O = 2.5 \text{ to } 40 \text{ V}$ $I_O = 10 \text{ mA to } I_{MAX}$		0.2	5	$\mu\text{A}$
$V_{REF}$	Reference voltage (between pin 3 and pin 1)	$V_I - V_O = 2.5 \text{ to } 40 \text{ V}$ $I_O = 10 \text{ mA to } I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.2	1.25	1.3	V
$\Delta V_O/V_O$	Output voltage temperature stability			1		%
$I_{O(min)}$	Minimum load current	$V_I - V_O = 40 \text{ V}$		3.5	10	mA
$I_{O(max)}$	Maximum load current	$V_I - V_O \leq 15 \text{ V}, P_D < P_{MAX}$ $V_I - V_O = 40 \text{ V}, P_D < P_{MAX}, T_J = 25^\circ\text{C}$	1.5 0.4	2.2		A
eN	Output noise voltage (percentage of $V_O$ )	$B = 10 \text{ Hz to } 100 \text{ kHz}, T_J = 25^\circ\text{C}$		0.003		%
SVR	Supply voltage rejection <sup>(1)</sup>	$T_J = 25^\circ\text{C}, f = 120 \text{ Hz}$		65 66		dB
		$C_{ADJ} = 0$ $C_{ADJ} = 10 \mu\text{F}$				

### 5.3. Simulation DC en fonction de la charge



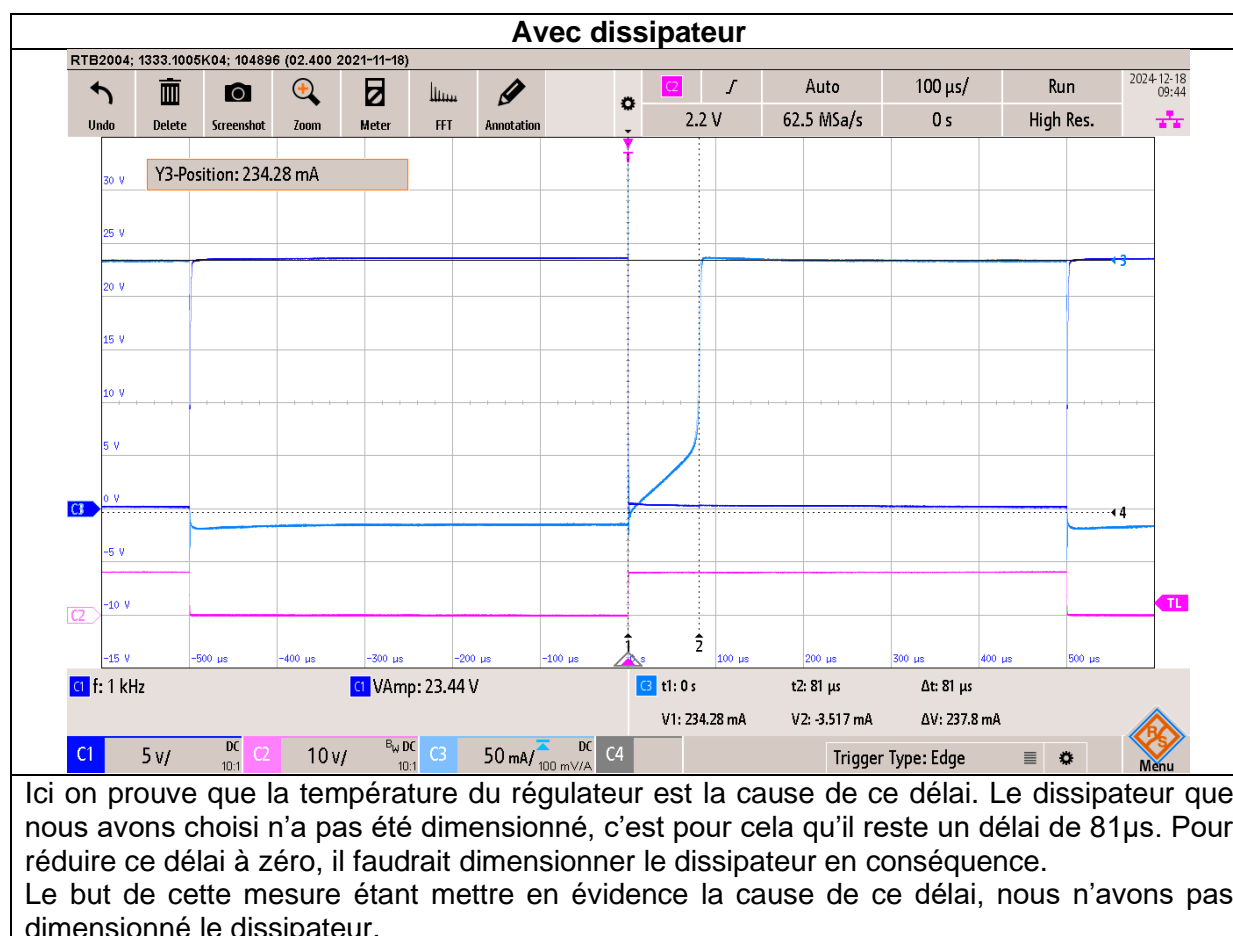
## 5.4. Points de mesure simulation

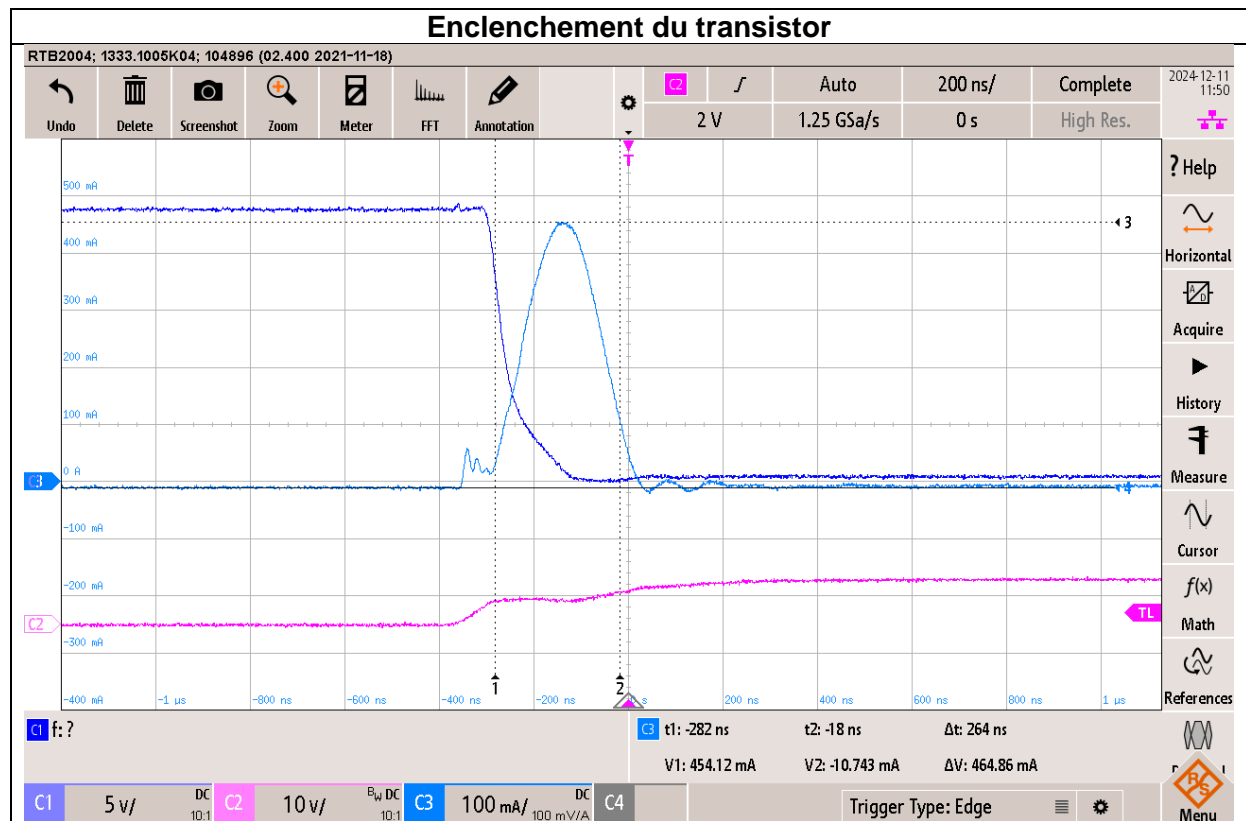
Simulations								
Rch[Ω]	Uin[V]	Uout[V]	Iin[mA]	Iadj[mA]	Iout[mA]	Pin[mW]	Pout[mW]	Pdiss[mW]
33.36	7.5	3.34	100.04	0.05	99.99	749.55	333.9666	415.5834
40	7.5	3.34	83.44	0.05	83.39	625.05	278.5226	346.5274
60	7.5	3.34	55.65	0.05	55.6	416.625	185.704	230.921
80	7.5	3.34	41.75	0.05	41.7	312.375	139.278	173.097
100	7.5	3.34	33.41	0.05	33.36	249.825	111.4224	138.4026
120	7.5	3.34	27.85	0.05	27.8	208.125	92.852	115.273
140	7.5	3.34	23.88	0.05	23.83	178.35	79.5922	98.7578
160	7.5	3.34	20.9	0.05	20.85	156	69.639	86.361
180	7.5	3.34	18.58	0.05	18.53	138.6	61.8902	76.7098
200	7.5	3.34	16.73	0.05	16.68	124.725	55.7112	69.0138
220	7.5	3.34	15.21	0.05	15.16	113.325	50.6344	62.6906
240	7.5	3.34	13.95	0.05	13.9	103.875	46.426	57.449
260	7.5	3.34	12.88	0.05	12.83	95.85	42.8522	52.9978
280	7.5	3.34	11.96	0.05	11.91	88.95	39.7794	49.1706
300	7.5	3.34	11.17	0.05	11.12	83.025	37.1408	45.8842
400	7.5	3.34	8.39	0.05	8.34	62.175	27.8556	34.3194
500	7.5	3.34	6.72	0.05	6.67	49.65	22.2778	27.3722
600	7.5	3.34	5.61	0.05	5.56	41.325	18.5704	22.7546
700	7.5	3.34	4.82	0.05	4.77	35.4	15.9318	19.4682
800	7.5	3.34	4.22	0.05	4.17	30.9	13.9278	16.9722
900	7.5	3.34	3.76	0.05	3.71	27.45	12.3914	15.0586
1000	7.5	3.34	3.39	0.05	3.34	24.675	11.1556	13.5194

## 5.5. Points de mesure

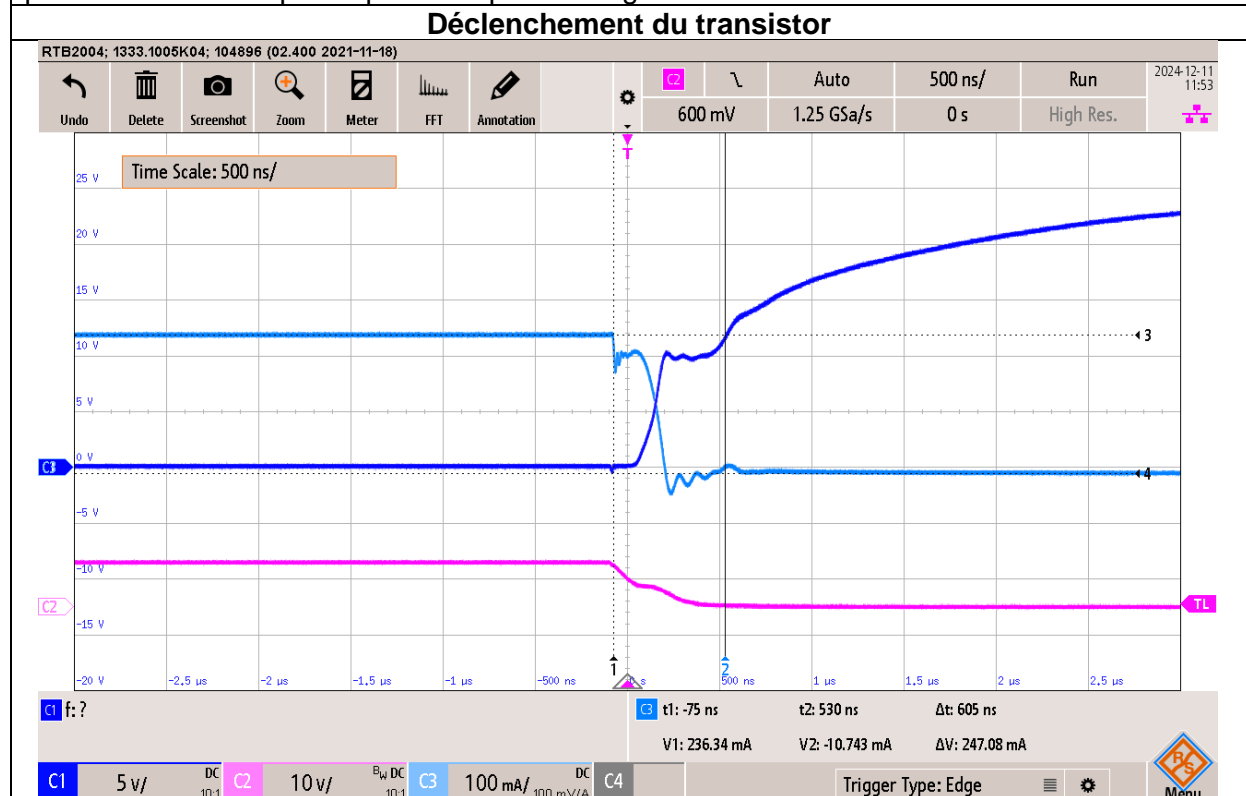
Uin [V]	Pin [W]	Iin [mA]	Rch [ $\Omega$ ]	Uout [V]	Iout [mA]	Pout [W]	Pd [W]
7.5	0.07815	10.42	0	3.38	10.39	0.0351182	0.0430318
7.5	0.92175	122.9	30	3.38	122.4	0.413712	0.508038
7.5			40	3.38			
7.5	0.4815	64.2	60	3.34	63.9	0.213426	0.268074
7.5			80	3.34			
7.5	0.32625	43.5	100	3.34	43.3	0.144622	0.181628
7.5			120	3.34			
7.5			140	3.34			
7.5	0.245475	32.73	160	3.34	32.68	0.1091512	0.1363238
7.5			180	3.34			
7.5	0.204975	27.33	200	3.34	27.12	0.0905808	0.1143942
7.5			300	3.34			
7.5	0.1434	19.12	400	3.34	19.06	0.0636604	0.0797396
7.5			500	3.34			
7.5	0.11835	15.78	600	3.34	15.74	0.0525716	0.0657784
7.5			700	3.34			
7.5	0.111375	14.85	800	3.34	14.81	0.0494654	0.0619096
7.5			900	3.34			
7.5	0.104175	13.89	1000	3.34	13.78	0.0460252	0.0581498

## 5.6. Mesures point K





Ici on peut voir qu'il y a une forte demande de courant durant 264ns, la cause de ce pic pourrait être une capacité parasite qui se chargerait d'où la forte demande de courant.



Ici on peut voir que le système mets 605ns à changer d'état. Ce délai peut venir de la commutation du transistor MosFet qui n'est peut-être pas parfaite. En changeant la valeur de la résistance de grille, on pourrait réduire le temps de charge et de décharge de la grille donc le temps de commutation, cela tirerait cependant plus de courant sur G3.