

# TP1 LM317

## Rapport de laboratoire

---

### **Ecole supérieure**

Électronique  
EIND  
SLO2

---

## TP1 LM317

---

### **Réalisé par :**

Vitor Coelho  
Mathieu Bucher

### **A l'attention de :**

M. Gavin  
M. Bovey

### **Dates :**

Début du laboratoire : 20 novembre 2024  
Fin du laboratoire : 20 décembre 2024

## Table des matières

TP1 LM317 .....	1
1. Cahier des charges .....	3
2. Première partie .....	3
2.1. Calculs et estimation .....	3
2.1.1. a) Déterminer la valeur des résistances R1 et R2. ....	3
2.1.2. b) Calculez la puissance maximale de sortie.....	3
2.1.3. c) Calculez la puissance en entrée.....	3
2.1.4. d) Calculez la puissance dissipée .....	3
2.1.5. e) Calculez la puissance dissipée .....	3
2.2. Simulation .....	4
2.2.1. f) Simulez la tension de Uout en fonction d'une charge RL.....	4
2.2.2. g) Simulez la puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction de la charge RL.....	5
2.3. Mesures .....	6
3. Deuxième partie.....	8
3.1. Schéma.....	8
3.1.1. (l) Proposition de schéma de limitation de la sortie à 250mA.....	8
3.2. Calculs et estimation .....	8
3.3. Tension de sortie en fonction du courant de sortie.....	9
3.3.1. Schéma de mesures .....	9
3.3.2. Méthode de mesures.....	9
3.3.3. (j) Résultats .....	10
3.4. Courant de sortie en fonction de la variation de la tension de sortie.....	11
3.4.1. Schéma de mesures .....	11
3.4.2. Méthode de mesures.....	11
3.4.3. (k) Oscillogramme du courant de sortie en fonction de la variation de la tension en entrée.....	11
3.5. (l) Calculer la puissance dissipée dans le circuit LM317 aux conditions du point K.....	12
3.6. (m) Estimer la température de jonction du LM317 au point K.....	12
3.7. (n) Calcul de la puissance dissipée du LM317 avec la sortie en CC.....	12
3.8. (o) Estimer la température de jonction du LM317 avec la sortie en CC .....	12
4. Conclusion .....	13
5. Annexes.....	14
5.1. Liste de matériel.....	14
5.2. Maximum Ratings (LM317).....	14
5.3. Deuxième Partie.....	15
5.3.1. Valeur de référence limitateur de courant.....	15
5.3.2. Relevé des mesures point J .....	15
5.3.3. Tension Gate-Source .....	15

# 1. Cahier des charges

Réalisation d'une alimentation linéaire à l'aide d'un régulateur ajustable (LM317).

## 2. Première partie

### 2.1. Calculs et estimation

2.1.1. a) Déterminer la valeur des résistances R1 et R2.

Formule de base du régulateur :

$$V_{out} = 1.25 \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{adj} \cdot R2$$

$I_{adj}$  est négligeable car il vaut 100  $\mu A$ . Nous devons ensuite fixer une valeur pour R1, nous choisissons 240  $\Omega$ . Pour finir nous devons transformer la formule pour trouver R2 :

$$1. V_{out} = 1.25 \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

$$2. \frac{V_{out}}{1.25} = 1 + \frac{R2}{R1}$$

$$3. R2 = R1 \cdot \left(\frac{V_{out}}{1.25} - 1\right)$$

$$4. R2 = 240 \cdot \left(\frac{3.3}{1.25} - 1\right) = 393.6\Omega \rightarrow E12 \rightarrow \underline{390\Omega}$$

2.1.2. b) Calculez la puissance maximale de sortie

$$P_{out} = V_{out} \cdot I_{out} = 3.3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = \underline{330mW}$$

2.1.3. c) Calculez la puissance en entrée

$$P_{out} = V_{out} \cdot I_{out} = 7.5 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = \underline{750mW}$$

2.1.4. d) Calculez la puissance dissipée

$$P_{out} = P_{in} - P_{out} = 750 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - 330 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = \underline{420mW}$$

2.1.5. e) Calculez la puissance dissipée

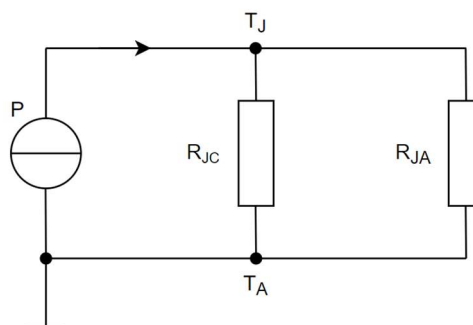


Figure 1 Schéma calculs de puissance

- $R_{ja} = 65^{\circ}\text{C}/\text{W}$
- $R_{jc} = 5^{\circ}\text{C}/\text{W}$

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ja}} + \frac{1}{R_{jc}}} = \frac{1}{\frac{1}{65} + \frac{1}{5}} = 4.64^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$T_j = T_A + (P_d \cdot R_0) = 35 + (0.42 \cdot 4.64) = 36.95^{\circ}\text{C}$$

## 2.2. Simulation

### 2.2.1. f) Simulez la tension de Uout en fonction d'une charge RL

En simulation, il nous était demandé de simuler et mesurer la tension Uout en fonction d'une charge variable RL de 30Ω à 1kΩ. Nous avons donc reproduit le schéma et ajouté les valeurs de résistance que nous avons calculé au *point a*).

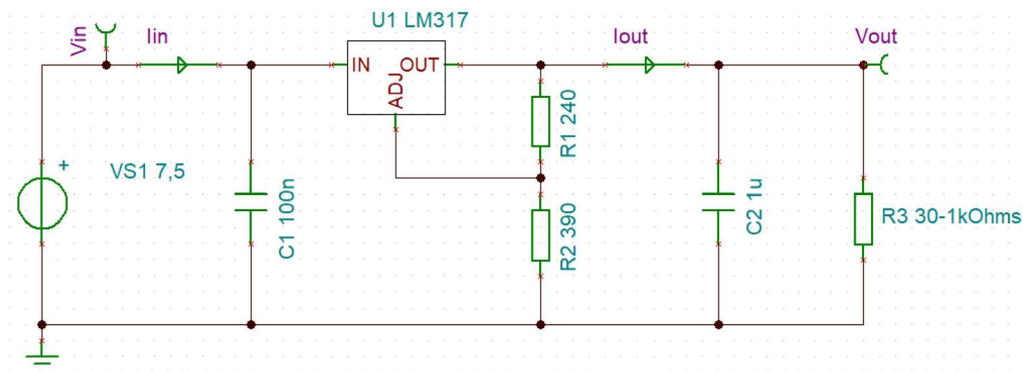


Figure 2 Schéma de simulation sur Tina

Nous nous retrouvons donc avec ce schéma, nous pouvons maintenant lancer la simulation avec *Analysis* → *DC Analysis* → *DC Transfer Characteristic*. Dans le *DC Transfer Characteristic* nous pouvons sélectionner la résistance R3 et paramétrer sa valeur de résistance.

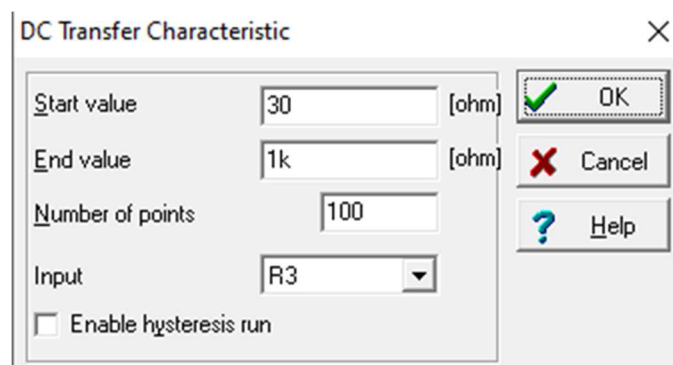


Figure 3 Configuration DC Transfer Characteristic

Maintenant nous pouvons visualiser la tension Uout en fonction de la charge R3 variant de 30Ω à 1kΩ :

Voici un screen de ce que nous pouvons mesurer en simulation :

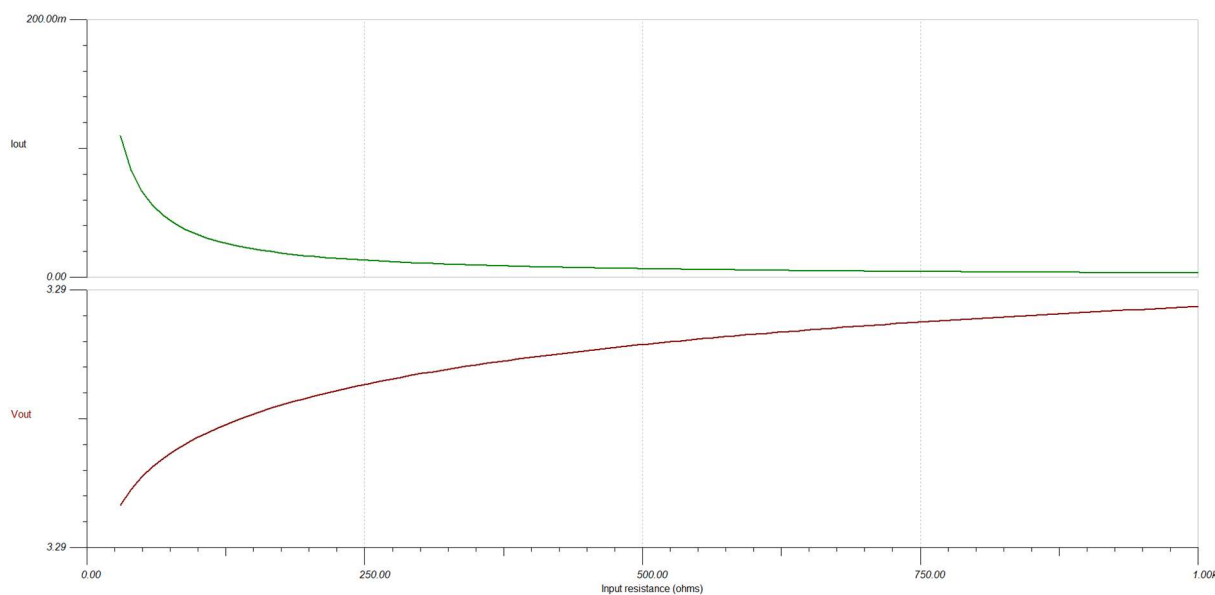


Figure 4 Vue d'ensemble de la simulation

Nous avons ensuite pris nos mesures avec les mêmes valeurs de résistance que celle en réalité :

RL [Ω]	Uin [V]	Iin [mA]	Uout [V]	Iout [mA]
36,2	7,5	97,88	3,29	92,63
239,8	7,5	18,99	3,29	13,74
560	7,5	11,13	3,29	5,88
747	7,5	9,66	3,29	4,41
1000	7,5	8,54	3,29	3,29

Tableau 1 Résultats des mesures en simulation

Nous observons bien que la tension de sortie a été dimensionné correctement car elle reste toujours 3.29V et nous ne dépassons pas les 100mA de consommation de courant.

### 2.2.2. g) Simulez la puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction de la charge RL

Etant donné que sur Tina, la manière pour mesurer la puissance dissipée était assez compliqué, nous avons préféré utiliser les valeurs que nous avons obtenus et calculer la puissance avec  $U_{in/out} \cdot I_{in/out}$ .

Pin [mW]	Pout [mW]	Pd [mW]
734	304	429
142	45.2	97.2
83.4	19.3	64.1
72.4	14.5	57.9
64	10.8	53.2

Tableau 2 Puissance dissipé par le LM317 en simulation

Nous pouvons observer que la puissance dissipée maximale en simulation respecte celle que nous avons calculé au point 2.1.2. La dissipation est supérieure de 9mW ce qui est largement acceptable.

### 2.3. Mesures

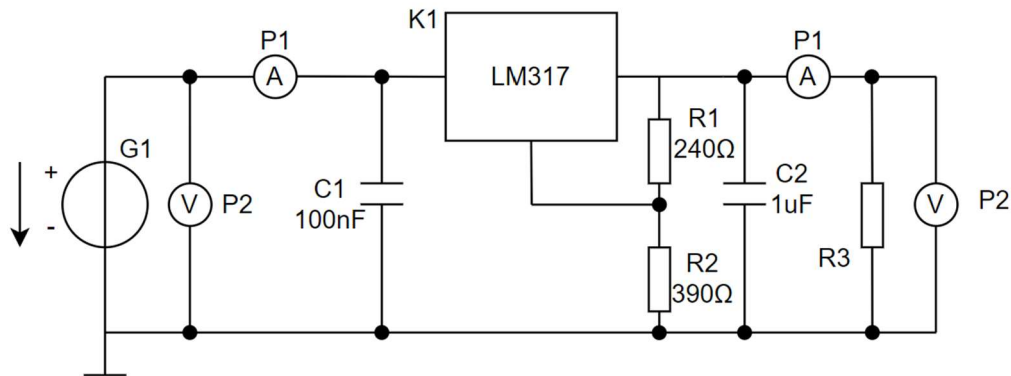


Figure 5 Schéma de mesure partie 1

Voici la marche à suivre que nous avons suivi pour effectuer ses mesures :

1. Montez le circuit sur une platine de test, puis câblez les appareils de mesure selon le schéma.
2. Alimentez le circuit en 7,5 V. Branchez l'ampèremètre (P1) et le voltmètre (P2) à l'entrée pour mesurer le courant et la tension à chaque remplacement de résistance.
3. Ensuite, recâblez l'ampèremètre entre la sortie et la charge, et le voltmètre (P2) entre la sortie et la masse.
4. Reprenez les mesures de courant et de tension en changeant la résistance à chaque fois.

Les mesures que nous avons effectuées ont été réalisées avec les mêmes valeurs qu'en simulation :

RL [Ω]	Uin [V]	Iin [mA]	Uout [V]	Iout [mA]
36.2	7,57	97,7	3,288	87,9
239.8	7,61	18,95	3,285	13,59
560	7,61	10,90	3,281	5,73
747	7,61	9,65	3,260	4,34
1000	7,61	8,56	3,259	3,26

Tableau 3 Résultats des mesures réels

Nous obtenons une tension de sortie légèrement en dessous de 3,3V qui varie entre 3,288 et 3,259 V lorsque nous augmentons la charge. La légère baisse de la tension de sortie comparé à celle attendu de 3,3V s'explique par la tolérance du régulateur des résistances que nous avons utilisées. Tout d'abord, les résistances utilisées sont des valeurs arrondies à une valeur de série E24.

La tension que nous sommes censé obtenir avec ces valeurs est d'environ 3,281V. De plus avec une tolérance de 1% cette valeur peut varier de 3,24V à 3,32V. Ensuite, la dissipation thermique du régulateur peut exercer une influence plus la charge devient importante. Par exemple, avec la résistance de 36,2Ω, la puissance dissipée est de 450mW.

Nous pouvons dire que ces différences de tension sont acceptables et confirment que le régulateur abaisse la tension d'entrée correctement.

Le courant de sortie ne dépasse pas les 100mA en simulation et en réalité. Nous pouvons observer que le courant obtenu en mesures est similaire à celui obtenu lors de la simulation et divergent de 0,03 mA à 4,73mA. Cela provient en partie de la tension  $U_{out}$  qui n'est pas autant stable.

Pin [mW]	Pout [mW]	Pd [mW]
739	289	450
144	44.6	99.5
82.9	18.8	64.1
73.4	14.1	59.2
65.1	10.6	54.5

*Tableau 4 Puissance dissipée en pratique*

Nous avons recalculé la puissance dissipée avec nos mesures réelles et nous pouvons remarquer qu'elles sont légèrement supérieures aux valeurs que nous avons calculé pour la simulation. Etant donné que la tension  $U_{out}$  n'est pas autant stable qu'en simulation, cela crée certaines divergences au niveau de la puissance. Nous remarquons une légère différence de 21 mW en pratique pour le cas le plus proche de la simulation où  $U_{out}$  vaut 2,288. Nous remarquons que nos valeurs réelles sont supérieures de 30 mW, cela provient de l'échauffement du LM317 et de la tension d'entrée qui diverge.

## 3. Deuxième partie

### 3.1. Schéma

#### 3.1.1. (I) Proposition de schéma de limitation de la sortie à 250mA

Voici le schéma que nous avons décidé d'utiliser permettant de limiter le courant de sortie à 250 mA.

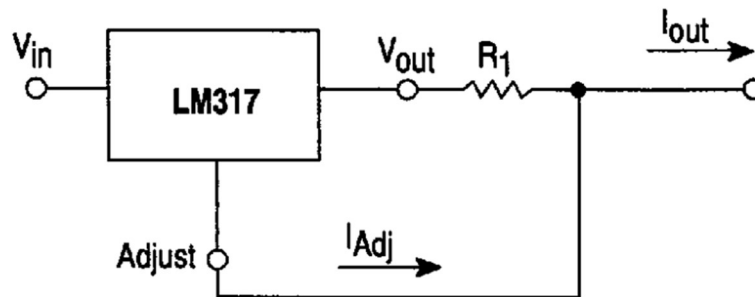


Figure 6 Schéma de limitation de courant

Analyse : Nous avons choisi ce schéma (directement trouvé sous la datasheet du fabricant) car lorsque la demande d'un courant est supérieure à 250mA, la tension de sortie va chuter pour maintenir le courant limité par la résistance R1. A tenir compte qu'on cas de court-circuit, cet effet aura également une conséquence au niveau de l'énergie qui se dissipera plus sous forme de chaleur aux bornes du LM317.

### 3.2. Calculs et estimation

\*Etant donné que le point suivant envisage d'utiliser la sortie en court-circuit, nous avons décidé de faire les calculs suivants :

*Calcul pour la puissance dissipée aux bornes du LM317 lorsque  $V_{out} = 0V$  (court-circuit) et  $V_{in} = 24 V$  (donnée) :*

$$P_{D(LM317)} = (V_{in} - V_{out}) * I_{lim}$$

$$= 24 * 0,25 = 6W$$

Remarque : Nous constatons que notre LM317 chauffera beaucoup étant donné que nous n'avons pas utilisé un dissipateur thermique. Ceci ne tient pas compte des conditions de la résistance thermique du LM317 et est donc un simple calcul estimatif.

*Calcul de la résistance dans le but de limiter notre sortie à 250mA :*

$$R_1 = \frac{V_{REF}}{I_{lim}} = \frac{1.25}{0.25} = 5\Omega$$

Principe de la formule : Cette formule provient du datasheet, son principe se base sur le fait que le LM317 est un régulateur de tension ajustable et nous allons l'utiliser comme limiteur de courant en exploitant sa capacité à maintenir une tension constante entre la sortie ( $V_{out}$ ) et Adjust. Pour ceci une valeur de référence est donnée par le fabricant (voir annexe 5.3.1, page 15).



### 3.3. Tension de sortie en fonction du courant de sortie

#### 3.3.1. Schéma de mesures

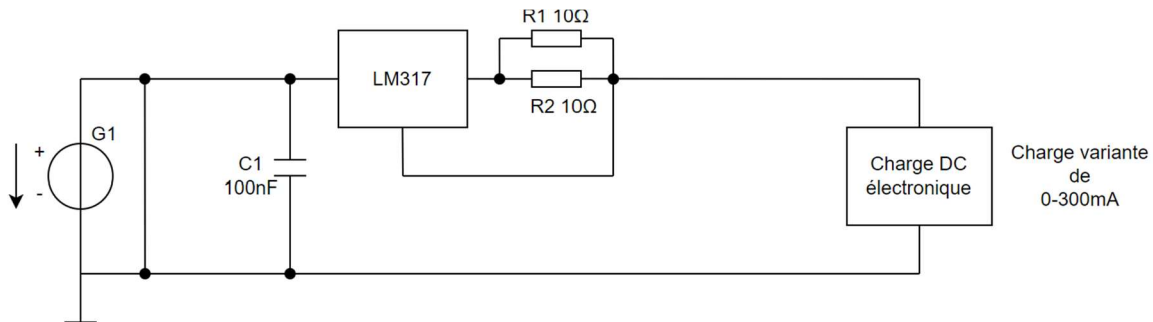


Figure 7 Schéma de mesure pour tension de sortie en fonction du courant de sortie

#### 3.3.2. Méthode de mesures

Afin d'effectuer ces mesures, nous avons utilisé une charge électronique DC. Nous l'avons utilisé en mode courant constant, ce qui permet de définir et stabiliser un courant précis pour tester notre LM317 en sortie.

Paramètres de la charge DC :

- Variation par pas de  $\Delta 10 \text{ mA}$
- Allant d'un cas d'un court-circuit jusqu'à 300mA (*définie par les auteurs de ce rapport*) afin de tester notre limitation de courant lors d'une demande supérieure à 250mA.

Voici la marche à suivre que nous avons suivi pour effectuer ses mesures :

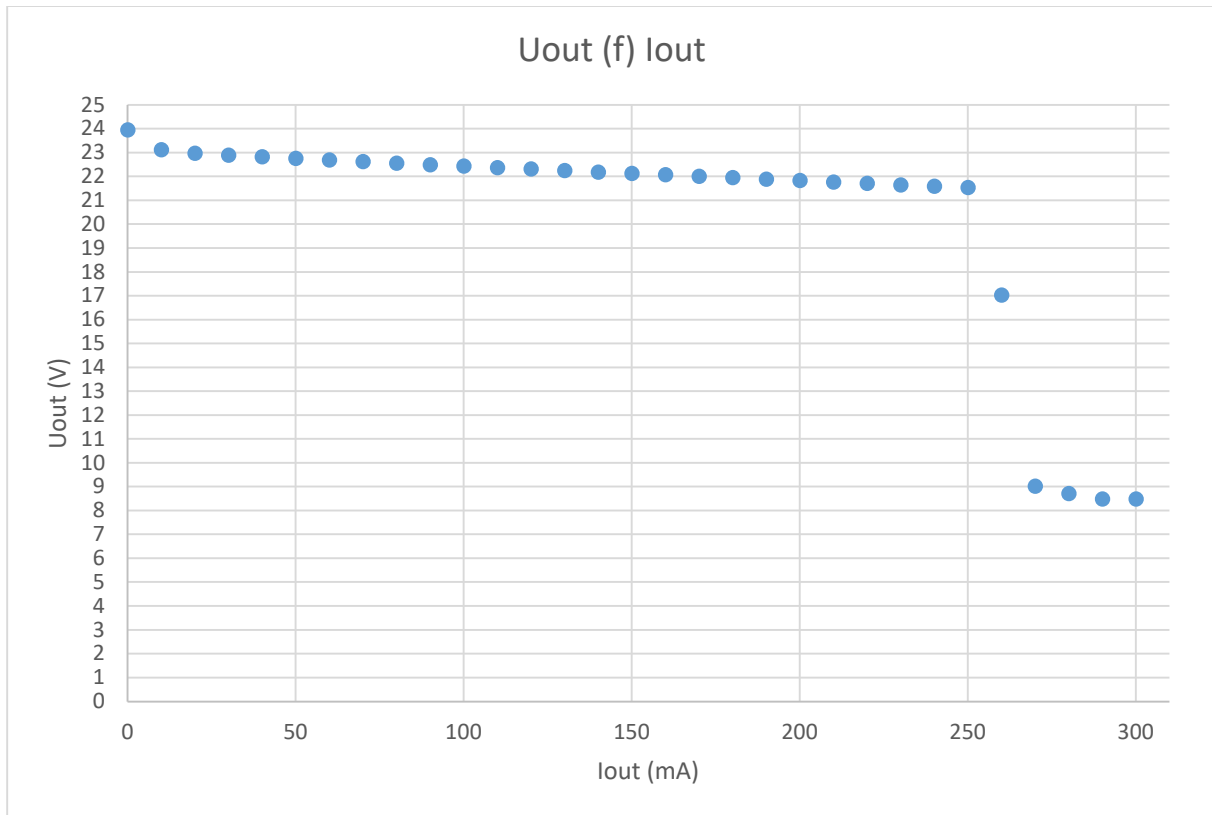
1. Effectuer le montage sur une platine de test.
2. Câbler les appareils de mesures comme sur le schéma.
3. Utiliser la \*charge afin de relever les mesures de courant et tension dans le but de calculer la puissance par la suite.

Note : Nous avons décidé de ne placer aucun condensateur en sortie afin d'éviter le court-circuit ce qui pourrait éventuellement fausser nos mesures.

\*Charge : Nous avons utilisé l'affichage de notre charge afin de faire le relevé des mesures au point suivant. Nous avons cherché et notre charge est équipé de capteur de mesures (ADC's) précis pour le courant et tension. De plus, les résultats que nous avons obtenus par la suite sont fiables et corresponde aux spéculations.

### 3.3.3. (j) Résultats

Voici le graphique que nous avons réalisé qui représente la tension de sortie en fonction du courant de sortie :



Graphique 1 Uout [V] en fct de Iout [mA]

Les valeurs relevées lors des mesures se trouvent sous forme de tableau en annexe 5.3.2, page 15.

**Analyse :** Nous constatons que, lorsque le courant de sortie augmente progressivement, la tension de sortie reste stable autour de 22-24V. Au-delà de 250mA, la tension de sortie diminue drastiquement, ce qui correspond à la limitation de courant du régulateur. En effet, lorsque le courant de sortie est de 250mA, le régulateur atteint sa limite maximale, et sa tension chute pour protéger le circuit. Ceci est en accord à ce que nous avons estimé au point 2.1.1 de ce rapport.

**Remarque :** Nous constatons également grâce aux mesures relevées que la puissance maximale avant que le régulateur rentre en mode protection qui est donné par :

$$P_{D(max)} = V_{out} * I_{out} = 21.536 * 0.2442 = 5.26W$$

### 3.4. Courant de sortie en fonction de la variation de la tension de sortie

#### 3.4.1. Schéma de mesures

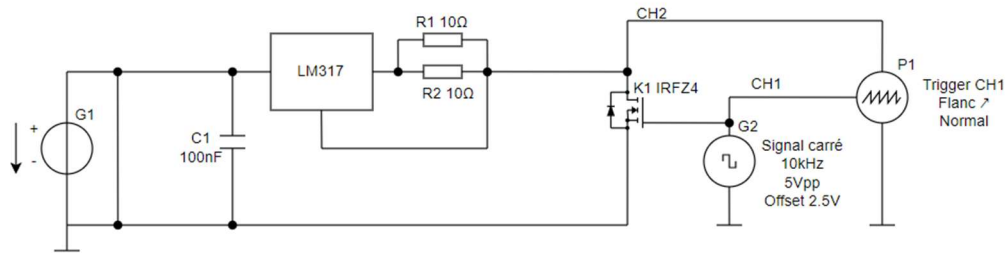


Figure 8 Schéma de mesure pour le point k)

#### 3.4.2. Méthode de mesures

Afin de mesurer notre courant de sortie en fonction de la variation de la tension de sortie, nous avons effectué les mesures comme ceci :

1. Réaliser ce montage sur un breadboard.
2. Envoyer un signal carré +5Vpp avec un rapport cyclique de 50% à une fréquence de 10kHz sur la grille du MOSFET.
3. Régler l'offset à 2.5V afin de faire un décalage de notre signal vers le 0V en DC.
4. Utiliser P1 afin de mesurer la tension et le courant en sortie.

Note : Afin de mesurer la réaction du courant à notre signal de commande, nous avons utilisé une sonde de courant. Notre signal de commande ne doit pas dépasser +20V en DC, car autrement nous endommageons notre MOSFET, voir annexe 5.3.3, page 15.

#### 3.4.3. (k) Oscillogramme du courant de sortie en fonction de la variation de la tension en entrée



Figure 9 Iout en fct de ΔUout

Analyse : Lorsque le signal jaune (*commande du MOSFET*) est au niveau bas (*logique = 0V*), le MOSFET agit comme un interrupteur ouvert, empêchant ainsi tout courant de circuler dans le circuit, ce qui explique la valeur nulle du signal vert (*courant*).

À l'inverse, lorsque le signal de commande passe au niveau haut (*logique = 10V*), la grille du MOSFET est polarisée, le MOSFET devient conducteur, et le courant augmente jusqu'à atteindre la limitation de courant fixée par notre type d'utilisation, soit 254,89 mA.

Nous avons également observé que la dissipation de puissance devenant trop élevée, le LM317 coupe temporairement le courant pour éviter un sur-échauffement.

### 3.5. (l) Calculer la puissance dissipée dans le circuit LM317 aux conditions du point K

Calcul pour la puissance dissipée lorsque nous sommes en circuit-ouvert :

$$P_{D\_LM317 (circuit ouvert)} = (U_{IN} - U_{OUT}) * I_{OU} = (24 - 23,949) * 0 = 0 W$$

$U_{OUT}$  = Relevé de la mesure au point K lorsque  $I_{out} = 0mA$ .

Calcul pour la puissance dissipée lorsque nous sommes en court-circuit :

$$P_{D\_LM317 (court-circuit)} = (U_{IN} - U_{OUT}) * I_{OUT} = (24 - 0) * 254,89 * 10^{-3} = 6,12 W$$

Etant donné de notre rapport cyclique de 50% sur la commande du MOSFET, nous devons donc réaliser le calcul suivant pour avoir la puissance dissipée réelle aux bornes du LM317 :

$$P_{D\_LM317} = \frac{P_{D\_LM317 (circuit ouvert)} + P_{D\_LM317 (court-circuit)}}{2} = \frac{0 + 6,12}{2} = 3,06 W$$

### 3.6. (m) Estimer la température de jonction du LM317 au point K

$$\theta_J = P_{D\_LM317} * R_J + \theta_{Ambient} = 3,06 * 65 + 35 = 233,9^{\circ}C$$

$R_J = 65^{\circ} \frac{C}{W}$  ; selon datasheet en annexe 5.2, page 14.

### 3.7. (n) Calcul de la puissance dissipée du LM317 avec la sortie en CC

*Cette mesure est réalisée au point 2.5 (l).* Si la sortie du LM317 reste constamment court-circuitée, la puissance dissipée sera théoriquement de 6,12 W. Cependant, en tenant compte du rapport cyclique de 50 %, la puissance réelle sera divisée par deux, ce qui correspond au double de la valeur obtenue au point (l).

### 3.8. (o) Estimer la température de jonction du LM317 avec la sortie en CC

$$\theta_{J\_CC} = P_{D\_LM317\_CC} * R_J + \theta_{Ambient} = 6,12 * 65 + 35 = 432,6^{\circ}C$$

Observations : Nous remarquons que la température de jonction calculée dépasse largement la limite de 125°C selon les valeurs maximales du datasheet en annexe 5.2, page 14. Ceci démontre notre coupure de courant observée lors de la mesure. Cette protection garantira que le LM317 ne fonctionne pas normalement lors des conditions destructives

## 4. Conclusion

Lors de ce travail pratique, nous avons commencé par dimensionner l'abaisseur de tension pour obtenir une tension de 3.3V. Après cela, nous avons calculer les puissances dissipées au maximum sur le régulateur. Nous pouvons ensuite réaliser une simulation de ce montage, afin d'obtenir les valeurs de courant et de tension. Grâce à ces valeurs nous sommes en mesure de calculer la puissance dissipée en simulation.

Ensuite, nous avons réalisé les mesures avec les mêmes résistances qu'en simulation. Nous remarquons que les valeurs obtenues en simulation et en pratique sont similaires, avec une différence de courant de 0,03mA pour la résistance de 39,6Ω à 4,74mA pour une résistance de 1kΩ.

Pour les puissances dissipées, nous avons des valeurs légèrement supérieures à ce qui était attendu. C'est normal car il faut prendre en compte l'échauffement et l'impact des composants sur le circuit.

Les résultats obtenus lors de la deuxième partie confirment les spéculations et les attentes concernant le régulateur LM317. Nous l'avons testé en tant que limiteur de courant, en exploitant sa capacité à maintenir une tension constante entre Vout et Adjust. Nous avons observé que notre régulateur atteint sa limite à 250mA. Jusqu'à cette valeur, la tension de sortie reste stable autour de 22-23V, démontrant l'efficacité du montage. Au-delà de cette limite, le régulateur active sa protection interne, provoquant une chute de tension, ce qui protège le circuit contre les « surcharges ».

Lors de l'utilisation d'un signal de commande pour piloter un MOSFET, nous avons confirmé que le LM317 rentre en mode protection thermique et limiteur de courant. Lorsque le signal de commande est au niveau bas (logique = 0V), le MOSFET agit comme un interrupteur ouvert, empêchant tout courant de circuler. Au contraire, lorsque le signal passe au niveau haut (logique = 10V), le MOSFET devient conducteur, et le courant augmente jusqu'à atteindre notre limite fixée, soit 254,89mA. Cette protection permet au LM317 de couper temporairement le courant et le faire augmenter progressivement jusqu'à ce qu'il constate une surcharge.

Pour conclure, nous avons déterminé que la puissance dissipée par le LM317 varie selon les conditions de fonctionnement. En mode court-circuit avec un rapport cyclique de 50%, la puissance dissipée est de 3,06W, et la température de jonction calculée atteint 233,9°C sans dissipateur thermique. En cas de court-circuit constant, la puissance dissipée s'élève à 6,12W, avec une température de jonction « élevée » de 432,6°C, bien au-delà de la limite dans la datasheet. Ces résultats indiquent l'importance d'utiliser un dissipateur thermique pour le LM317 dans les conditions de fonctionnement que nous avons utilisées pour ce rapport d'électronique industrielle.

Lausanne, le 20.12.2024

Signatures :

## 5. Annexes

### 5.1. Liste de matériel

Désignation	Marque	Type	Caractéristiques	N° d'inventaire
P1-P2	GWINSTEK	GDM-396	Multimètre	ES.SLO2.00.00.78
G1	GWINSTEK	0-30V 0-3A	Alimentation laboratoire DC	ES.SLO2.00.00.29
G2	Keysight	33500B	Générateur de fonctions	ES.SLO2.00.00.133
R1-R2	-	Résistance	240,390 ohms +/-5%	
P1 (2 <sup>ème</sup> partie)	Rohde&Schwarz	RTB2004	Oscilloscope	ES.SLO2.05.01.10.02
R1-R2 (2 <sup>ème</sup> partie)		Résistance	10 ohms +/-5%	-
-	LM317 (motorola)	Régulateur	Régulateur à tension ajustable	-
K1	YRFZ24	Transistor	MOSFET (N)	-
C1	-	Condensateur	100nF +/-20%	-
C2	-	Condensateur	1uF +/-20%	-

### 5.2. Maximum Ratings (LM317)

Voici le tableau des valeurs maximales admises par le LM317 de chez MOTOROLA.

Rating	Symbol	Value	Unit
Input–Output Voltage Differential	$V_I - V_O$	40	Vdc
Power Dissipation			
Case 221A $T_A = +25^\circ\text{C}$ Thermal Resistance, Junction–to–Ambient Thermal Resistance, Junction–to–Case	$P_D$ $\theta_{JA}$ $\theta_{JC}$	Internally Limited 65 5.0	W $^\circ\text{C/W}$ $^\circ\text{C/W}$
Case 936 (D <sup>2</sup> PAK) $T_A = +25^\circ\text{C}$ Thermal Resistance, Junction–to–Ambient Thermal Resistance, Junction–to–Case	$P_D$ $\theta_{JA}$ $\theta_{JC}$	Internally Limited 70 5.0	W $^\circ\text{C/W}$ $^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature Range	$T_J$	–40 to +125	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	–65 to +150	$^\circ\text{C}$

Figure 10 Valeurs maximales admises

### 5.3. Deuxième Partie

#### 5.3.1. Valeur de référence limitateur de courant

Voici la valeur de référence (1.25V) qui nous est indiqué dans le datasheet avec l'explication en lien avec notre montage.

##### Basic Circuit Operation

The LM317 is a 3-terminal floating regulator. In operation, the LM317 develops and maintains a nominal **1.25 V** reference ( $V_{ref}$ ) between its output and adjustment terminals.

$$I_{out} = \left( \frac{V_{ref}}{R_1} \right) + I_{Adj}$$

$$= \frac{1.25 \text{ V}}{R_1}$$

#### 5.3.2. Relevé des mesures point J

Voici le tableau des mesures relevées :

Charge [mA]	Uout [V]	Iout [mA]
0	23,949	0
10	23,117	4,5
20	22,972	14,5
30	22,891	24,4
40	22,821	34,4
50	22,754	44,4
60	22,687	54,4
70	22,623	64,4
80	22,558	74,4
90	22,494	84,4
100	22,431	94,3
110	22,369	104,4
120	22,31	114,4
130	22,249	124,4
140	22,186	134,4
150	22,128	144,2

Charge [mA]	Uout [V]	Iout [mA]
160	22,066	154,2
170	22,006	164,3
180	21,945	174,2
190	21,886	184,2
200	21,825	194,2
210	21,764	204,2
220	21,705	214,2
230	21,646	224,2
240	21,593	234,2
250	21,536	244,2
260	17,034	160,3
270	9,023	159,9
280	8,707	139,4
290	8,487	138,2
300	8,487	136,3

Tableau 4 Relevé des mesures (point J)

#### 5.3.3. Tension Gate-Source

Voici l'image retirée du datasheet du fabricant du YRFZ24 de la valeur maximale admissible sur la grille du MOSFET.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_C = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)			
PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-source voltage	$V_{DS}$	60	V
Gate-source voltage	$V_{GS}$	<b><math>\pm 20</math></b>	

Figure 11 Tension maximale de la grille MOSFET