

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure
Électronique

Laboratoire EIND
Salle R110

Alimentation linéaire

Réalisé par :

Nasser El-Ghandour
Etienne De Oliveira

A l'attention de :

Philippe Bovey
Serge Gavin

Dates :

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

Table des matières :

Alimentation linéaire	1
1 Cahier des charges	5
2 Première Partie.....	5
2.1 Schéma de principe	5
2.2 A. Détermination de la valeur des résistances R1 et R2.....	5
2.3 B. Calcul de la puissance maximale de sortie (puissance utile)	5
2.4 C. Calcul de la puissance fournie de l'entrée du montage	6
2.5 D. Calcul de la puissance dissipée dans le circuit LM317	6
2.6 E. Estimation de la température de la jonction du circuit LM317 sans refroidisseur.....	6
2.7 F. Simulation de la tension de Uout en fonction d'une charge RL (variant entre 30 et 1k Ω).....	6
2.7.1 Schéma de simulation.....	6
2.7.1.1 Méthode de simulation.....	6
2.7.2 Résultats	6
2.8 G. Simulation de la puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction de la charge RL.....	7
2.8.1 Schéma simulation.....	7
2.8.2 Résultats	7
2.9 H. Réalisation du montage sur plaque veroboard et réalisation des mesures demandé au point f et g	8
2.9.1 Schéma de mesure	8
2.9.1.1 Résultats des mesures, comme au point F.....	8
2.9.1.2 Résultats des mesures comme au point G	9
2.10 Comparaison mesure et simulation	9
3 Deuxième Partie.....	10
3.1 I. Schéma permettant de limiter le courant à 250 [mA] en utilisant le circuit LM317.....	10
3.2 Schéma de mesure.....	11
3.2.1 Schéma pour courant de 10 à 250mA.....	11
3.2.2 Schéma pour courant de 250mA à court-circuit	11
3.3 Résultats	12
3.3.1 Analyse	12
3.4 Schéma de mesure Point K.....	13
3.5 Résultat.....	13
3.6 L. Puissance dissipé LM317 au point K.....	14
3.7 M. Température de la jonction du circuit LM317 au point K	14
3.8 N. Puissance dissipé LM317 au point K en court-circuit.....	14
3.9 O. Température de la jonction du circuit LM317 en court-circuit	14
4 Conclusion	15
5 Annexe	16
5.1 Cahier des charges.....	16
5.2 Annexe partie 1	17
5.2.1 Point A.....	17
5.2.2 Point E	17
5.2.3 Simulation point f	17
5.2.3.1 DC transfer Characteristic.....	21
5.3 Liste du matériel.....	21
5.4 Datasheet LM317 régulatrice de courant	22
5.5 Face avant charge DC principal	22
5.6 Face avant module charge	23
5.7 Tableau résultat mesure courant avec DC load	24
5.8 Tableau résultat mesure courant avec potentiomètre	24

1 Cahier des charges

Voir annexe 5.1, de la page 16, pour le cahier des charges et voir annexe 5.3, de la page 21, pour la liste de matériel.

2 Première Partie

2.1 Schéma de principe

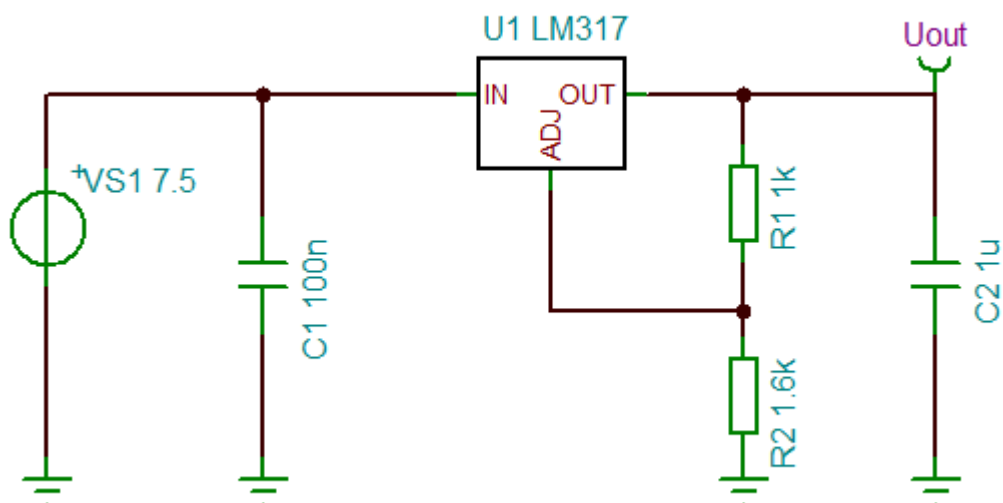


Figure 1 Schéma de principe point 1

2.2 A. Détermination de la valeur des résistances R1 et R2

R₁ définis à 1kΩ

U_{ref} = 1.25V page 7, datasheet du LM317 de chez ST. En annexe 5.2.1, de la page 17

I_{max} = 100mA donné dans la consigne.

$$U_s = U_{ref} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$U_s \cdot R_1 = U_{ref} \cdot (R_1 + R_2)$$

$$\frac{U_s \cdot R_1}{U_{ref}} = R_1 + R_2$$

$$\frac{U_s \cdot R_1}{U_{ref}} - R_1 = R_2 = \frac{3.3 \cdot 1k}{1.25} - 1k = 1.64k \Rightarrow 1.6 [k\Omega]$$

2.3 B. Calcul de la puissance maximale de sortie (puissance utile)

$$P_{out} = U_s \cdot I_{out} = 3.3 \cdot 100m = 330 [mW]$$

2.4 C. Calcul de la puissance fournie de l'entrée du montage

$$P_{in} = U_{in} \cdot I_{out} = 7.5 \cdot 100m = 750 [mW]$$

2.5 D. Calcul de la puissance dissipée dans le circuit LM317

$$P_{dis} = (U_{in} - U_s) \cdot I_{out} = (7.5 - 3.3) \cdot 100m = 420 [mW]$$

2.6 E. Estimation de la température de la jonction du circuit LM317 sans refroidisseur

$$T_j = T_{amb} + (P_{dis} \cdot R_{th J-A}) = 35 + (420m \cdot 50) = 35 + 21 = 56[^\circ C]$$

On peut voir par rapport aux datasheets que nous sommes bien en dessous de la valeur max $T_{op} = 125 [^\circ C]$ et que théoriquement nous pouvons utiliser le LM317 sans dissipateur.

Remarque : en annexe 5.2.2, de la page 17 à 18, pour voir les données de la datasheet du LM317 de chez ST.

2.7 F. Simulation de la tension de Uout en fonction d'une charge RL (variant entre 30 et 1kΩ)

2.7.1 Schéma de simulation

Voir schéma de principe point 2.1, de la page 5.

2.7.1.1 Méthode de simulation

Comme précisé dans le cahier, à l'entrée alimenter le circuit à 7.5V, et mettre un point de mesure à la sortie de notre régulateur LM317. Pour ressortir le graphe en fonction de la variation de la charge, Analyse → DC Analysis → DC Transfer Characteristic et voir annexe des valeurs à mettre au point 5.2.3.1, de la page 21.

2.7.2 Résultats

RL [Ω]	Uin [V]	Uout [V]	Iout [mA]
30	7.50	3.32	110.7
43	7.50	3.32	78.11
75	7.50	3.32	44.48
100	7.50	3.32	33.28
150	7.50	3.32	22.17
200	7.50	3.32	16.62
250	7.50	3.32	13.3
330	7.50	3.32	10.07
500	7.50	3.32	6.65
750	7.50	3.32	4.43
1000	7.50	3.32	3.32

Tableau 1 Résultats après variation d'une charge

Sur le Tableau 1, on peut voir que la tension de sortie qui reste stable à 3.32V lorsque la résistance varie de 30 à 1kΩ, cela démontre que le régulateur LM317 maintient une bonne tension, grâce à notre démarche faite au point A et à la rétroaction interne du LM317 qui va ajuster le courant en fonction de la charge.

Remarque : Les graphes avec les points de mesure en fonction de la charge sont en annexe au point 5.2.3, de la page 17 à 18.

2.8 G. Simulation de la puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction de la charge RL

2.8.1 Schéma simulation

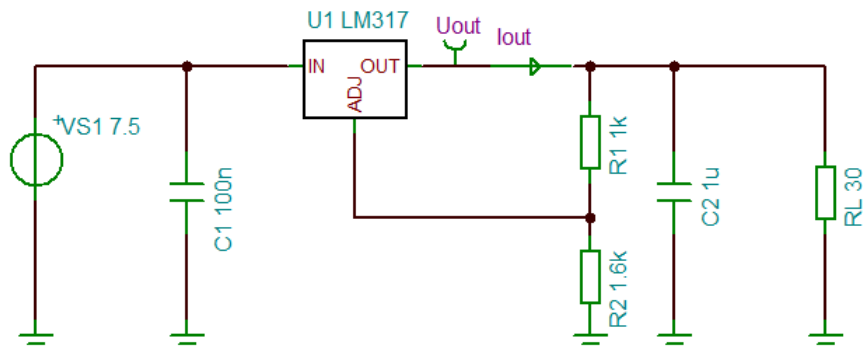


Figure 2 Schéma de mesure de la simulation du point G

Méthode de simulation :

Comme précisé dans le cahier, à l'entrée alimenter le circuit à 7.5V, mettre un point de mesure à en série pour le courant à la sortie du régulateur et mettre un autre pour la tension aussi à la sortie du régulateur LM317. Pour ressortir le graphe en fonction de la variation de la charge et qui va aussi ressortir la variation de la puissance dissipé, Analyse → DC Analysis → DC Transfer Characteristic et voir annexe des valeurs à mettre au point 5.2.3.1, de la page 21.

2.8.2 Résultats

RL [Ω]	Uin [V]	Uout [V]	Iout [mA]	PdisReg [mW]
30	7.50	3.32	110.7	462.73
43	7.50	3.32	78.11	326.50
75	7.50	3.32	44.48	185.93
100	7.50	3.32	33.28	139.11
150	7.50	3.32	22.17	92.67
200	7.50	3.32	16.62	69.47
250	7.50	3.32	13.3	55.59
330	7.50	3.32	10.07	42.09
500	7.50	3.32	6.65	27.80
750	7.50	3.32	4.43	18.52
1000	7.50	3.32	3.32	13.88

Tableau 2 Puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction RL

Sur le Tableau 2, on peut voir que la puissance dissipée par le régulateur diminue en fonction de la charge (RL) qui augmente. Cela s'explique par le fait que la puissance dissipée est donnée par cette relation :

$$P_{dis} = (V_{in} - V_{out}) * I_{out}$$

Lorsque RL augmente, le courant I_{out} diminue, ce qui réduit la puissance dissipée. Il faut faire attention, parce que l'excès de tension est converti en chaleur.

Remarque : Les graphes avec les points de mesure en fonction de la charge sont en annexe au point 5.2.2, de la page 17.

2.9 H. Réalisation du montage sur plaque veroboard et réalisation des mesures demandé au point f et g

2.9.1 Schéma de mesure

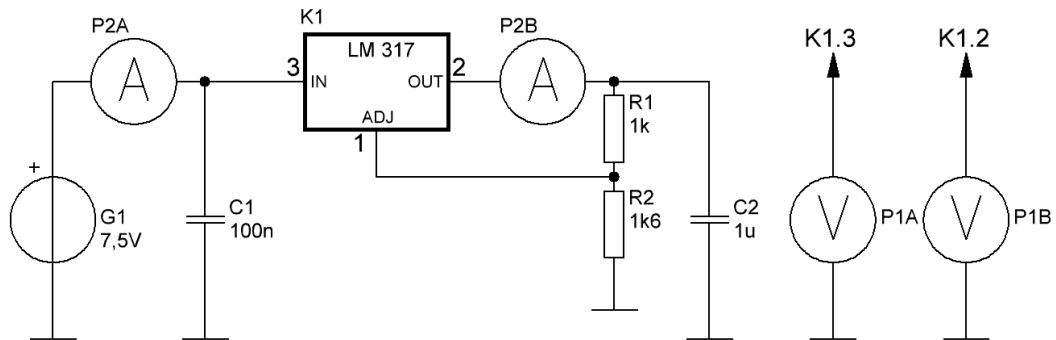


Figure 3 Schéma de mesure point H

Méthode de mesure :

On a connecté l'ampèremètre P2A en série avec l'alimentation pour mesurer le courant d'entrée, P2B en série avec la sortie pour mesurer le courant de charge, P1A en parallèle à l'entrée pour mesurer V_{in} , et P1B en parallèle à la sortie pour V_{out} . La résistance de charge (R_L) qui sera variée de $30\ \Omega$ à $1\ k\Omega$. Il faut alimenter en $7,5\ V$ et on relève les mesures de courant et de tension pour chaque valeur de R_L .

2.9.1.1 Résultats des mesures, comme au point F

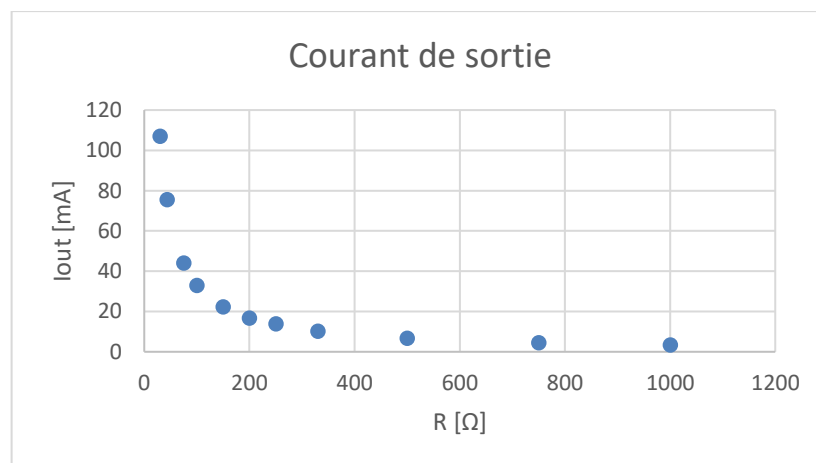


Figure 4 résultats du courant mesuré par rapport à une charge

Même remarque que pour le point F, on peut voir sur Figure 4, que la tension de sortie qui reste stable à $3.34\ V$ (voir tableau au point Tableau 3, de la page 9) lorsque la résistance varie de 30 à $1\ k\Omega$, cela démontre que le régulateur LM317 maintient une bonne tension, grâce à notre démarche faite au point A et à la rétroaction interne du LM317 qui va ajuster le courant en fonction de la charge.

2.9.1.2 Résultats des mesures comme au point G

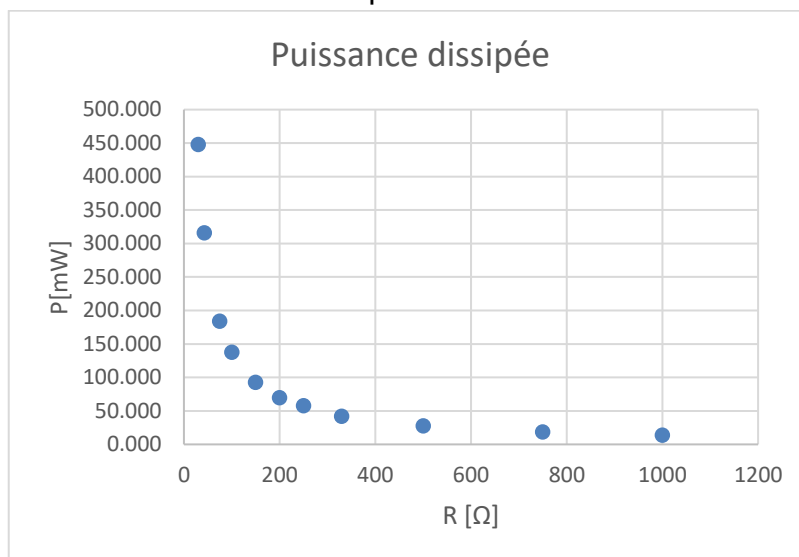


Figure 5 résultats de la puissance dissipée mesuré par rapport à une charge

Même remarque que pour le point G, on peut voir sur la Figure 5, que la puissance dissipée par le régulateur diminue en fonction de la charge (RL) qui augmente.

Remarque : le tableau des résultats se trouve au points Tableau 3, de la page 9.

2.10 Comparaison mesure et simulation

Partie mesurée du point G						Partie simulation du point F et H			
RL [Ω]	Uin [V]	Iin [mA]	Uout [V]	Iout [mA]	PdisReg [mW]	Uin [V]	Uout [V]	Iout [mA]	PdisReg [mW]
30	7,53	2,9	3,34	107	448,330	7,50	3,32	110,7	462,73
43	7,53	2,9	3,34	75,5	316,345	7,50	3,32	78,11	326,50
75	7,53	2,9	3,34	44	184,360	7,50	3,32	44,48	185,93
100	7,53	2,9	3,34	32,87	137,725	7,50	3,32	33,28	139,11
150	7,53	2,9	3,34	22,17	92,892	7,50	3,32	22,17	92,67
x200	7,53	2,9	3,34	16,68	69,889	7,50	3,32	16,62	69,47
250	7,53	2,9	3,34	13,88	58,157	7,50	3,32	13,3	55,59
330	7,53	2,9	3,34	10,11	42,361	7,50	3,32	10,07	42,09
500	7,53	2,9	3,34	6,68	27,989	7,50	3,32	6,65	27,80
750	7,53	2,9	3,34	4,46	18,687	7,50	3,32	4,43	18,52
1000	7,53	2,9	3,34	3,36	14,078	7,50	3,32	3,32	13,88

Tableau 3 Comparaison mesure et simulation

Les résultats mesurés et simulés montrent une très bonne cohérence, avec des différences mineures qui peuvent être dû aux tolérances des composants, aux imprécisions des instruments de mesure et aux conditions réelles de fonctionnement. La tension de sortie (Uout) reste stable à environ 3,34V dans les mesures et 3,32 V dans les simulations. Concernant le courant de sortie (Iout), les valeurs mesurées et simulées sont très proches, avec des écarts faibles, par exemple 107 mA mesuré contre 110,7 mA simulé pour une charge de 30 Ω, ces variations restant dans des marges acceptables. Enfin, la puissance dissipée dans le régulateur (PdisReg) est légèrement inférieure dans les mesures par rapport aux simulations, comme 448,33 mW mesuré contre 462,62 mW simulé pour une charge de 30 Ω, ce qui peut s'expliquer par les pertes thermiques ou les différences dans les caractéristiques réelles des composants. Ces résultats en simulation et mesure, confirment que le régulateur LM317 offre une tension de sortie stable.

3 Deuxième Partie

3.1 I. Schéma permettant de limiter le courant à 250 [mA] en utilisant le circuit LM317

En se basant à la datasheet, voir annexe 5.4, de la page 11 nous pouvons voir le schéma de base pour pouvoir réguler le courant et son calcul :

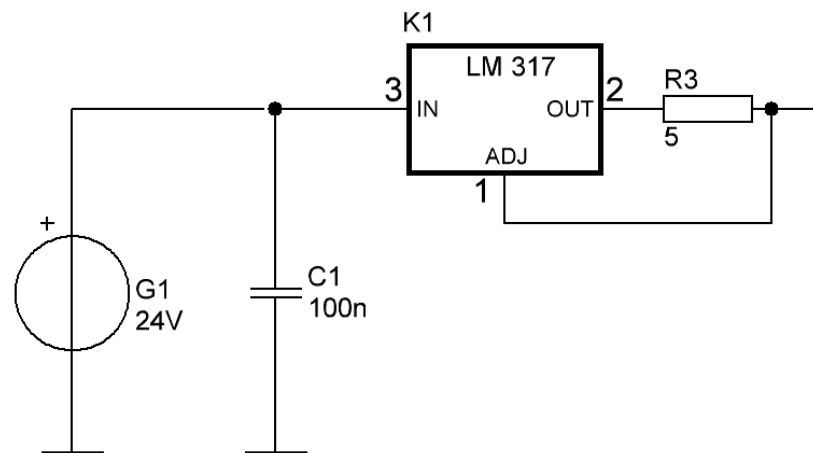


Figure 6 Schéma de principe

$$I_{R3} = \left(\frac{V_{REF}}{R3} \right) + I_{ADJ}$$

Avec la datasheet, nous avons V_{REF} , I_{ADJ} (voir annexe 5.2) et nous voulons un courant de sortie limité à 250 [mA] = I_{R3} :

$$V_{REF} = 1.25 \text{ [V]}$$

$$I_{ADJ} = 50 \text{ [uA]} \text{ (négligeable)}$$

$$R3 = \frac{V_{REF}}{I_{R3}} = \frac{1.25}{250m} = 5 \text{ [\Omega]}$$

$$P_{R3} = 0.25^2 \cdot 5 = 0,3125 \text{ [W]}$$

Une résistance de 0.6 [W] du stock est suffisante pour le montage.

3.2 Schéma de mesure

3.2.1 Schéma pour courant de 10 à 250mA

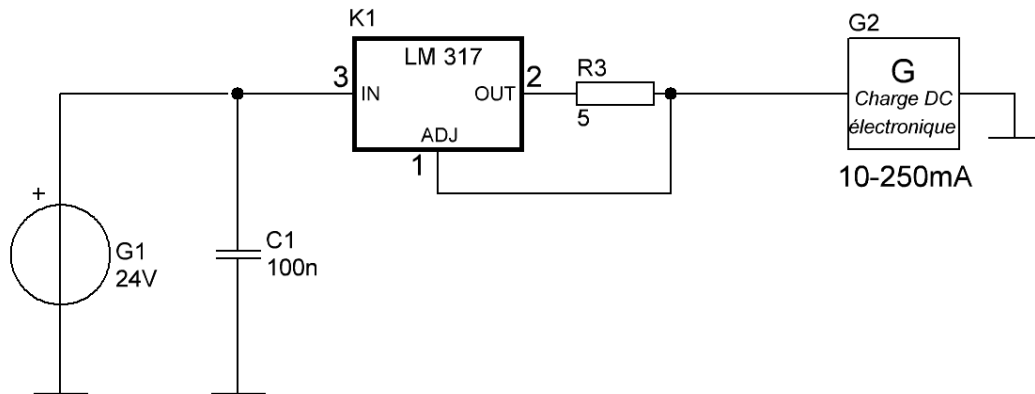


Figure 7 Schéma de mesure point I

3.2.2 Schéma pour courant de 250mA à court-circuit

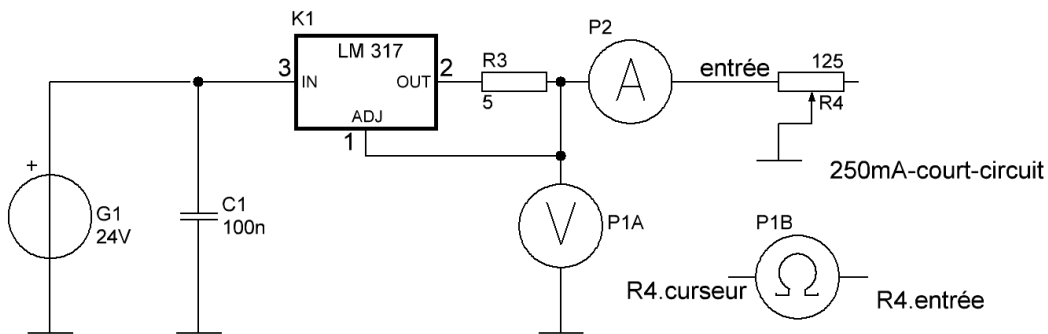


Figure 8 Schéma de mesure point I

Méthode de mesure :

Pour le premier schéma :

1. Réaliser le schéma avec la charge
2. Alimenter le montage en 24V
3. Régler la charge DC en mode **CC** (Constant Current) avec le bouton **Func** (voir annexe 5.5)
4. Mettre sur le canal correspondant avec le bouton **CHAN** (voir annexe 5.5). Dans notre cas le 1
5. Régler sur la terminaison de droite (L) à l'aide du bouton **R/L** (voir annexe 5.6) et activer la charge avec le bouton **LOAD** (voir annexe 5.6)
6. Ensuite à l'aide du pavé numérique régler le courant de sortie de 10 à 250 mA par saut de 10mA. Activer la charge avec le bouton **LOAD** (voir annexe 5.5)
7. Relever la tension et le courant afficher sur le display du module de charge. (Voir annexe 5.6)

Avec ces mesures nous voulons observer la tension en fonction du courant. Pour réaliser des mesures en court-circuit, nous les réalisons avec un potentiomètre de puissance. Pour la raison qu'une charge électronique ne fait que de tirer un courant. Le courant maximum à la sortie du montage est 250mA. Alors si je règle la charge, à plus de 250mA il ne va rien se passer. Cependant avec un potentiomètre on peut réellement faire un court-circuit, la tension chutera de plus en plus mais le courant restera \pm stable. Plus la résistance sera faible.

Pour le deuxième schéma :

1. Enlever la charge DC
2. Mettre le voltmètre, l'ampèremètre ainsi que le potentiomètre. Suivant le schéma
3. Commencer par trouver avec le curseur et l'ampèremètre, le point où l'on obtient 250mA.
4. Mesurer la valeur du pot avec l'ohmmètre en retirant le potentiomètre du circuit
5. Ensuite faire baisser le curseur du potentiomètre, prendre plusieurs points.
6. Pour chacun de ces points mesurer la résistance du potentiomètre.

Avec ces mesures nous attendons de voir la tension chuter, plus résistance diminue.

3.3 Résultats

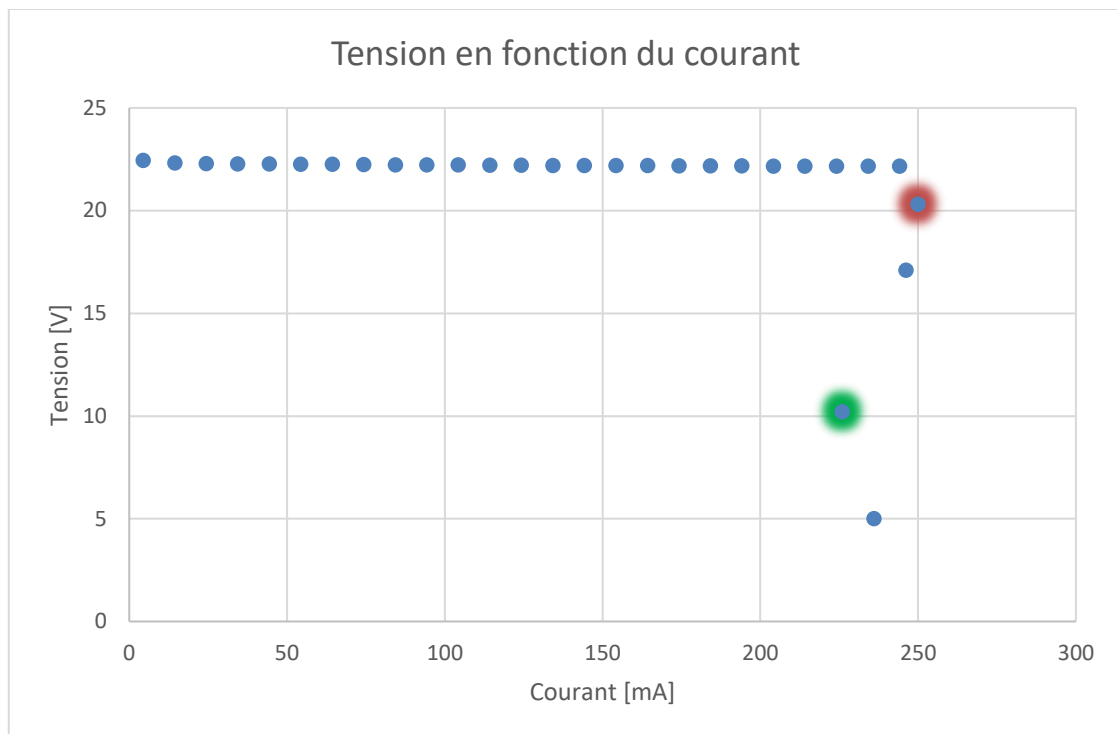


Figure 9 Graphique mesure tension fct. courant

3.3.1 Analyse

Nous pouvons constater sur ce graphique que, jusqu'avant le point surligné en rouge, la tension reste assez stable. Si l'on compare la tension à 4,4 mA et celle à 250 mA, nous constatons une différence de 290 mV ($22,45 - 22,16 = 0,29$ V), voir tableau des valeurs en annexe 5.7. En revanche, à partir du point en rouge, nous voyons que la tension chute assez rapidement. Ceci peut s'expliquer par le fait que le régulateur, en mode courant constant, fait tout pour garder le même courant à la sortie. Indépendamment de la variation de la charge, il adapte la tension de sortie pour réussir à garder le courant en sortie.

Nous pouvons aussi constater que, lorsque la résistance diminue de moitié, le courant chute de 24 mA ($250 \text{ mA} - 226 \text{ mA} = 24 \text{ mA}$), voir tableau des résultats en annexe 5.8. Cela s'explique par le fait que, plus il doit compenser le courant, plus il va chauffer. Alors, il limite la tension de sortie et le courant pour éviter de surchauffer.

3.4 Schéma de mesure Point K

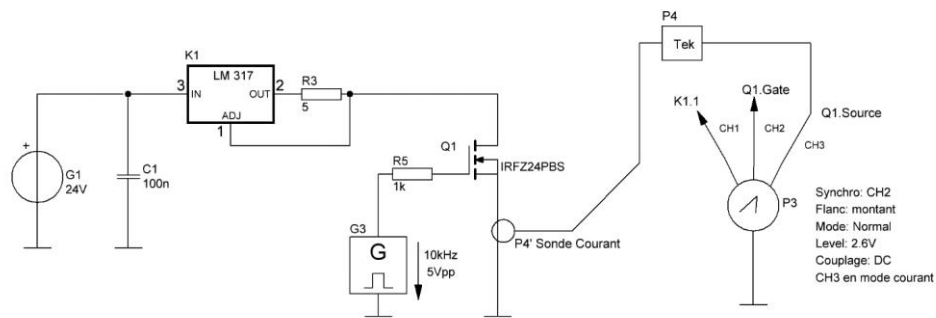


Figure 10 Schéma de mesure point K

Méthode de mesure :

On a branché le canal CH1 à l'ADJ du régulateur (K1), CH2 à la Gate du MOSFET, et on le canal CH3, avec une sonde de courant, on a mesuré la source du MOSFET. On a configuré le générateur de signal (G3) pour envoyer un signal carré avec une fréquence de 10 kHz, avec une amplitude réglée à 5 V crête à crête. Ce signal sera appliqué directement sur la Gate du MOSFET. Ensuite, on a ajusté l'oscilloscope pour se synchroniser sur le canal CH2 (le signal de la porte) avec un déclenchement sur flanc montant à 2,6 V, en mode DC.

3.5 Résultat

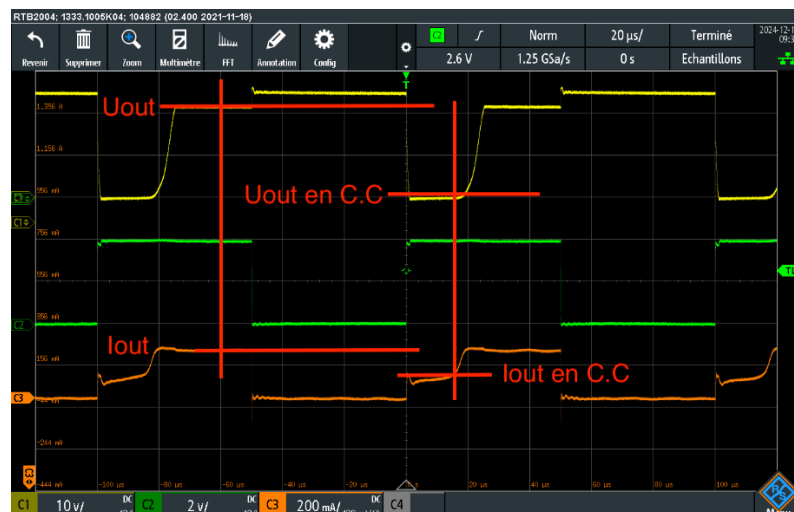


Figure 11 Oscillogramme point K

Augmentation de la tension de sortie liée à la surchauffe (CH1) : Lorsque le LM317 est soumis à une forte chaleur due à une dissipation excessive, la protection thermique intégrée s'active. Ce mécanisme provoque une baisse de la tension de dropout (la différence de tension entre l'entrée et la sortie du régulateur) afin de limiter la puissance dissipée. Ce processus peut temporairement entraîner une légère hausse de la tension de sortie.

Réponse du courant de sortie lors de la commutation du MOSFET (CH3) : Lorsqu'on active le MOSFET, le courant de sortie est censé atteindre rapidement 250 mA. Toutefois, vu que le régulateur était déjà un peu chaud, on peut voir qu'il limite directement le courant et qu'on n'atteint pas tout de suite les 250 mA. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce comportement : le régulateur pourrait déjà être chaud, ce qui ralentit sa réponse, ou il pourrait y avoir une baisse momentanée de l'alimentation lors de la commutation rapide. Ces observations mettent en lumière certaines limites du LM317 face à des variations de charge brusques, notamment lorsque le MOSFET engendre des commutations fréquentes à une certaine fréquence.

Les calculs suivants sont basés sur les valeurs mesurées au point précédent.

3.6 L. Puissance dissipé LM317 au point K

$$P_{dis} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I_{out} = (24 - 22) \cdot 240m = 480 [mW]$$

3.7 M. Température de la jonction du circuit LM317 au point K

$$T_j = T_{amb} + (P_{dis} \cdot R_{th J-A}) = 35 + (480m \cdot 50) = 35 + 24 = 59[^\circ C]$$

3.8 N. Puissance dissipé LM317 au point K en court-circuit

$$P_{dis} = (U_{in} - U_s) \cdot I_{out} = (24 - 0) \cdot 120m = 2.88 [W]$$

3.9 O. Température de la jonction du circuit LM317 en court-circuit

$$T_j = T_{amb} + (P_{dis} \cdot R_{th J-A}) = 35 + (2.88 \cdot 50) = 35 + 144 = 179[^\circ C]$$

4 Conclusion

Dans la première partie du rapport, on a pu vérifier que le régulateur LM317 fonctionnait correctement dans une configuration linéaire. Avec les simulations et les mesures, on a obtenu une tension de sortie stable d'environ 3,34 V, même quand la charge variait entre 30 Ω et 1 k Ω . Ces résultats montrent que le régulateur peut bien effectuer son travail, grâce à son système de rétroaction interne. On a aussi regardé la puissance dissipée, qui diminue logiquement quand la résistance de charge augmente, ce qui colle avec la théorie.

Enfin, les écarts mineurs entre les simulations et les mesures confirment que les tests et la modélisation sont précis, ce qui prouve que la méthode qu'on a suivie est efficace.

Dans la deuxième partie du rapport, on a pu mettre en évidence les capacités et les limites du régulateur LM317 lorsqu'il est utilisé en mode limitation de courant. Ce composant s'est révélé capable de maintenir un courant de sortie stable de 250 mA dans différentes conditions. Les relevés effectués montrent une légère baisse de tension lorsque la charge augmente, un comportement attendu pour une régulation en mode courant constant. Cela dit, on constate également que la dissipation thermique et la température interne du régulateur augmentent nettement en cas de charges élevées ou de court-circuit. Cette observation souligne l'importance d'une bonne gestion thermique et de mécanismes de protection adaptés pour garantir son fonctionnement optimal.

Lausanne, le 20 décembre 2024

Signatures :



5 Annexe

5.1 Cahier des charges

COURS D'ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE

RÉALISATION D'UNE ALIMENTATION LINEAIRE

SCHÉMA

PREMIÈRE PARTIE

DONNÉE

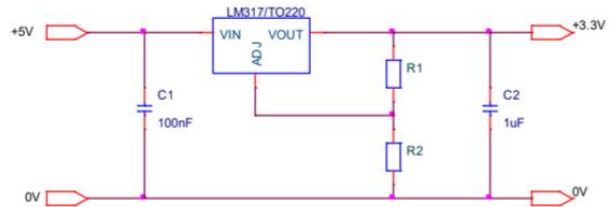
Datasheet du circuit LM317

Tension d'entrée : 7.5 V

Tension de sortie : 3.3 V

Courant maximum de sortie : 100 mA

Température maximale : 35 °C



ON DEMANDE

- Déterminez la valeur des résistances R1 et R2.
- Calculez la puissance maximale de sortie (puissance utile).
- Calculez la puissance fournie à l'entrée du montage.
- Calculez la puissance dissipée dans le circuit LM317.
- Estimez la température de la jonction du circuit LM317 sans refroidisseur.
- Simulez la tension de Uout en fonction d'une charge RL (variant entre 300 et 1kΩ)
- Simulez la puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction de la charge RL
- Réalisez ce montage sur plaque d'expérimentation et réaliser les mesures demandées au point f) et g)

DEUXIÈME PARTIE

DONNÉE

Datasheet du circuit LM317

Tension d'entrée : 24 V

Courant maximum de sortie : 250 mA

Température maximale : 35°C

ON DEMANDE

- Proposer un schéma permettant de limiter le courant à 250 mA en utilisant le circuit LM317.
- Tracer la courbe représentant **la tension de sortie en fonction du courant sortie** variant par pas de 10 mA jusqu'au courant de court-circuit de la sortie.
- Tracer l'oscillogramme du **courant de sortie en fonction de la variation de la tension de sortie de 0** (court-circuit) à 24V (circuit ouvert) à une **fréquence de 10 kHz** et un **rapport cyclique de 50%**. Utiliser un générateur pour piloter un transistor MOSFET comme élément de court-circuit. Il s'agit en fait d'observer la limitation de courant en utilisant un MOSFET en commutation à la sortie.
- Calculer la puissance dissipée dans le circuit LM317 aux conditions de fonctionnement du point k).
- Estimer la température de la jonction du circuit LM317 sans refroidisseur, aux conditions de fonctionnement du point k).
- Calculer la puissance dissipée dans le circuit LM317 avec la sortie court-circuitée.
- Estimer la température de la jonction du circuit LM317 sans refroidisseur, avec la sortie court-circuitée.

RÉDIGER UN RAPPORT

Il est demandé :

- Votre rapport doit contenir au maximum 5 pages, apprenez à être concis.
- Répondez aux points a) à l) demandés ci-dessus.

Temps alloué : 3 séances de labo

Fera l'objet d'une note.

5.2 Annexe partie 1

5.2.1 Point A

V_{REF}	Reference voltage (between pin 3 and pin 1)	$V_I - V_O = 2.5 \text{ to } 40 \text{ V}$ $I_O = 10 \text{ mA to } 500 \text{ mA}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.2	1.25	1.3	V
-----------	---	--	-----	------	-----	---

5.2.2 Point E

2 Maximum ratings

Table 1. Absolute maximum ratings

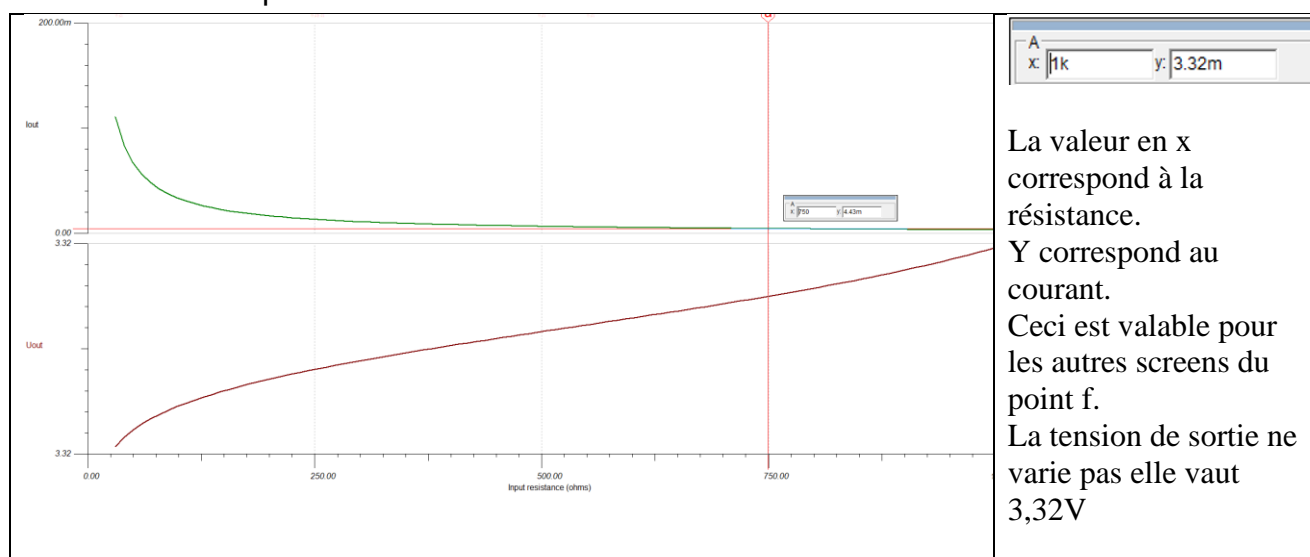
Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_I - V_O$	Input-reference differential voltage	40	V
I_O	Output current	Internally limited	A
T_{OP}	Operating junction temperature for:	LM217	- 25 to 150
		LM317	0 to 125
		LM317B	-40 to 125
P_D	Power dissipation	Internally limited	
T_{STG}	Storage temperature	- 65 to 150	°C

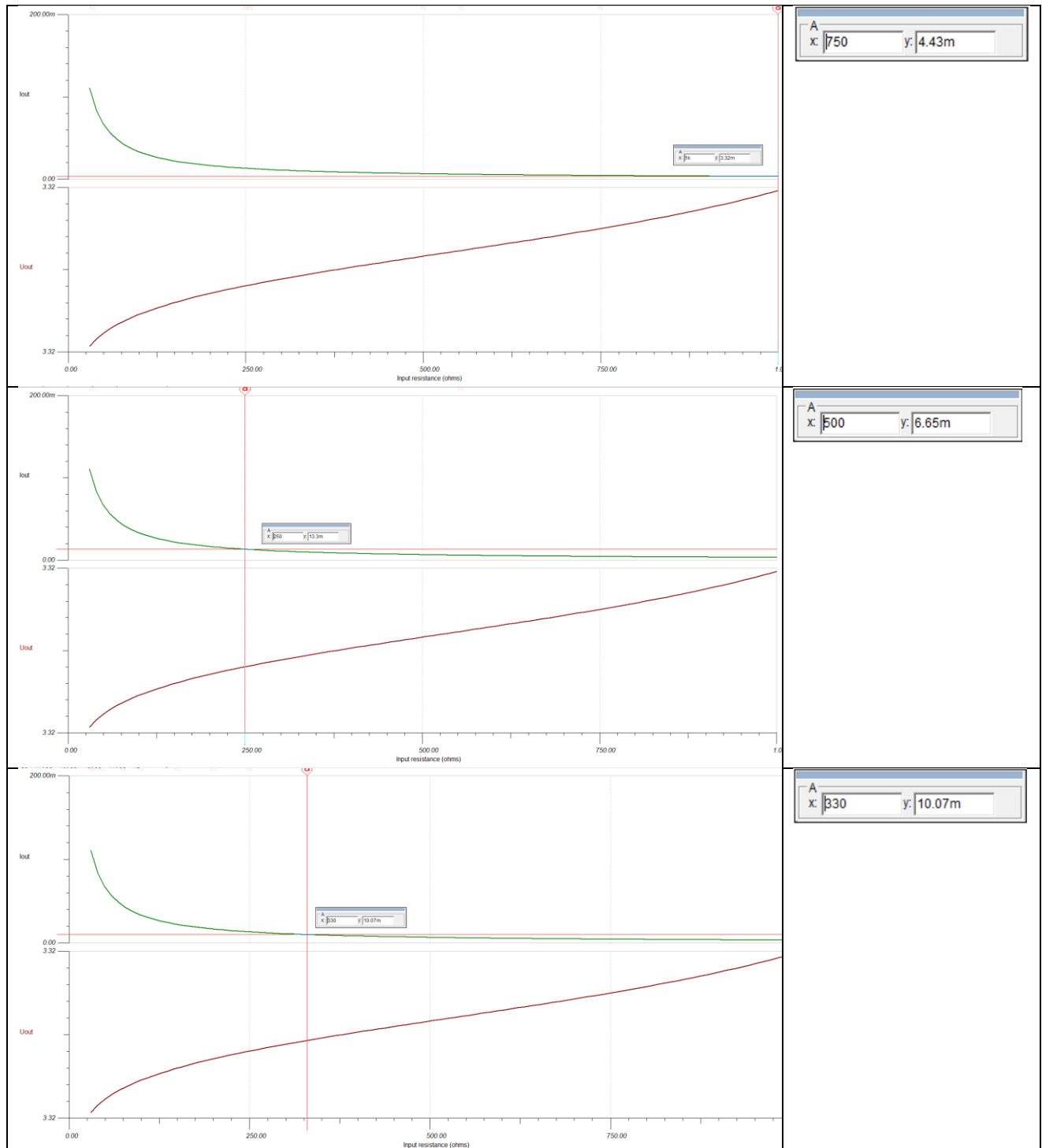
Note: Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation under these condition is not implied.

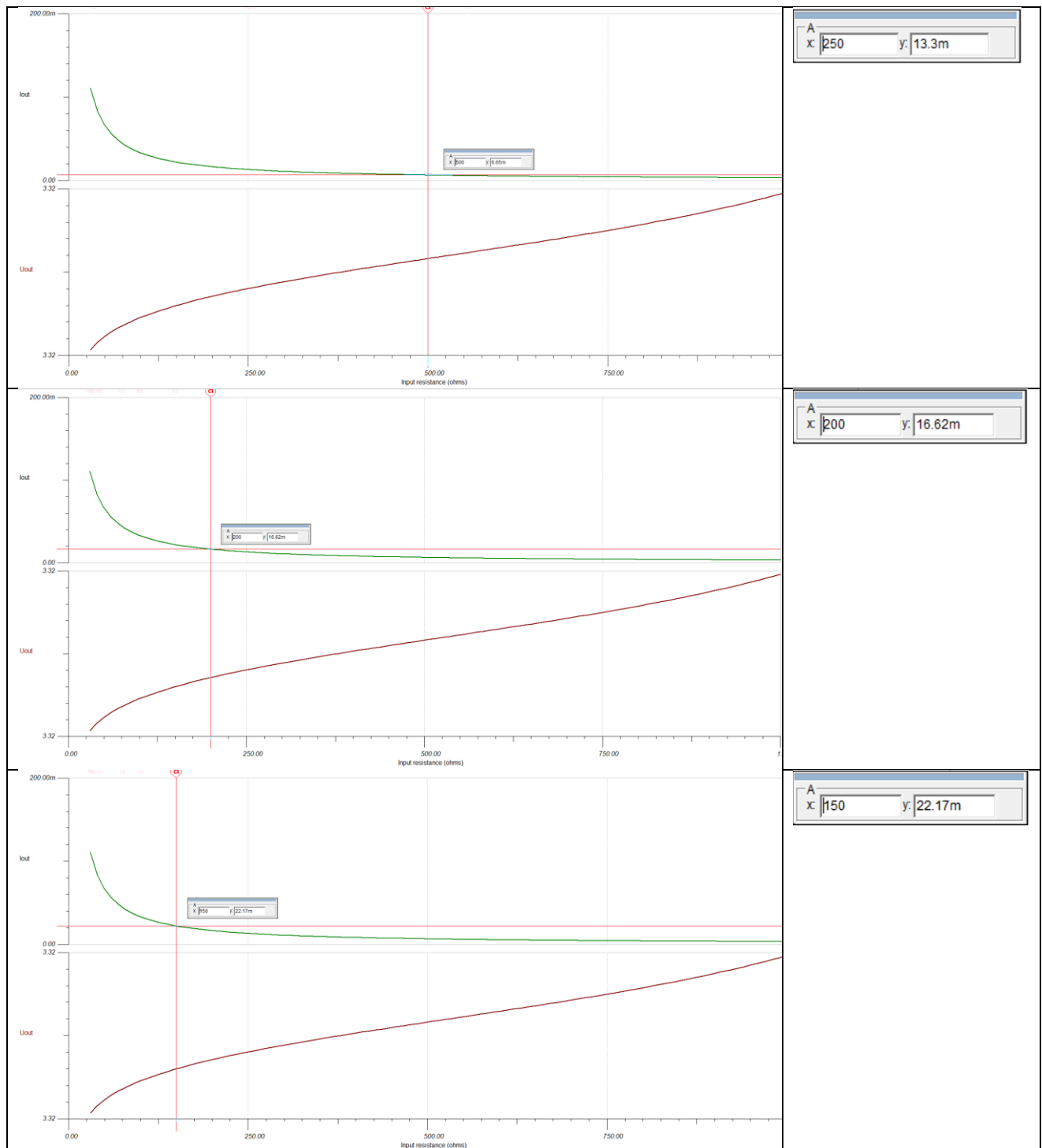
Table 2. Thermal data

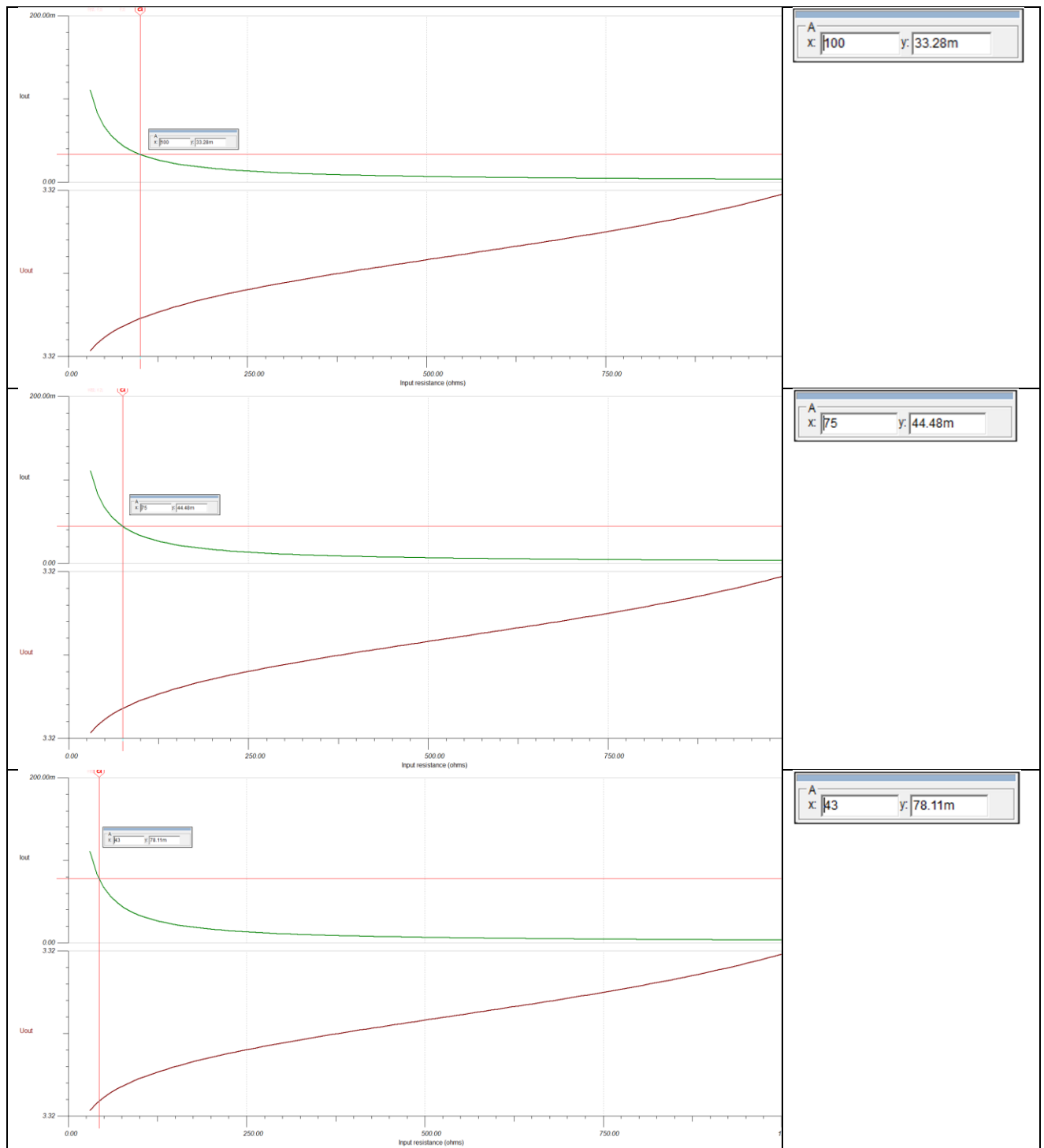
Symbol	Parameter	D ² PAK	TO-220	TO-220FP	SOT223	Unit
R_{thJA}	Thermal resistance junction-ambient	62.5	50	60	110	°C/W
R_{thJC}	Thermal resistance junction-case	3	5	5	15	°C/W

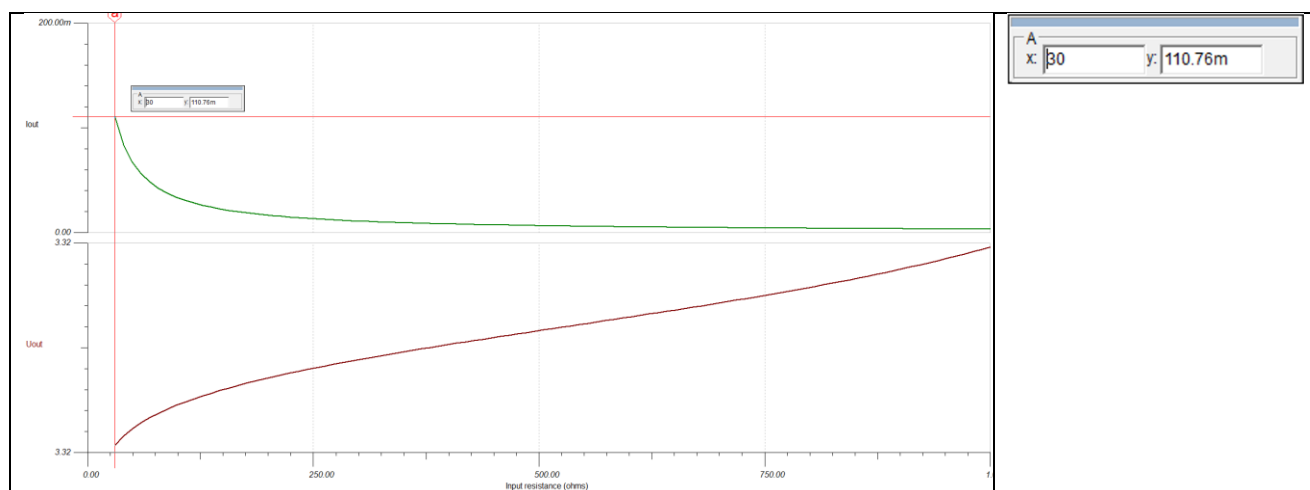
5.2.3 Simulation point f











5.2.3.1 DC transfer Characteristic

DC Transfer Characteristic

Start value: 30 [ohm] ☒ OK

End value: 1k [ohm] ☐ Cancel

Number of points: 1000 ☐ Help

Input: R1

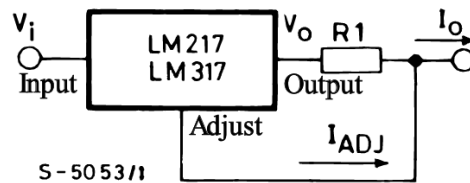
☐ Enable hysteresis run

5.3 Liste du matériel

Désignation	Marque	Type	Caractéristiques	N° inventaire
G1	Gwinstek	GPS-3303	Alimentation	ES.SLO2.00.00.28
G2	Gwinstek	PEL-2002	Charge DC électronique	ES.SLO2.00.02.60
G3	Agilent	33521A	Générateur de fonction	ES.SLO2.00.00.130
P1	Gwinstek	GDM-396	Voltmètre et ohmmètre	ES.SLO2.00.00.90
P2	Fluke	85	Ampèremètre	-
P3	Rohde&Schwarz	RTB2004	Oscilloscope 2,5GS/S	ES.SLO2.00.01.09
P4	Tektronix	1103	Tekprobe Power Supply	ES.SLO1.00.06.04
P4'	Tektronix	TCP202	Sonde courant	ES.SLO1.00.05.03
R1	-	Résistance	1k	-
R2	-	Résistance	1k6	-
R3	-	Résistance	5Ω	-
R4	-	Pot. puissance	125Ω	ES.SLO2.02.00.08
R5	-	Résistance	1k	-
C1	-	Condensateur	100n	-
C2	-	Condensateur	1μ	-
K1	ST	Régulateur	LM317	-

5.4 Datasheet LM317 régulatrice de courant

Figure 9. Current regulator



$$I_O = (V_{REF} / R_1) + I_{ADJ} = 1.25 \text{ V} / R_1$$

5.5 Face avant charge DC principal

Front Panel Overview

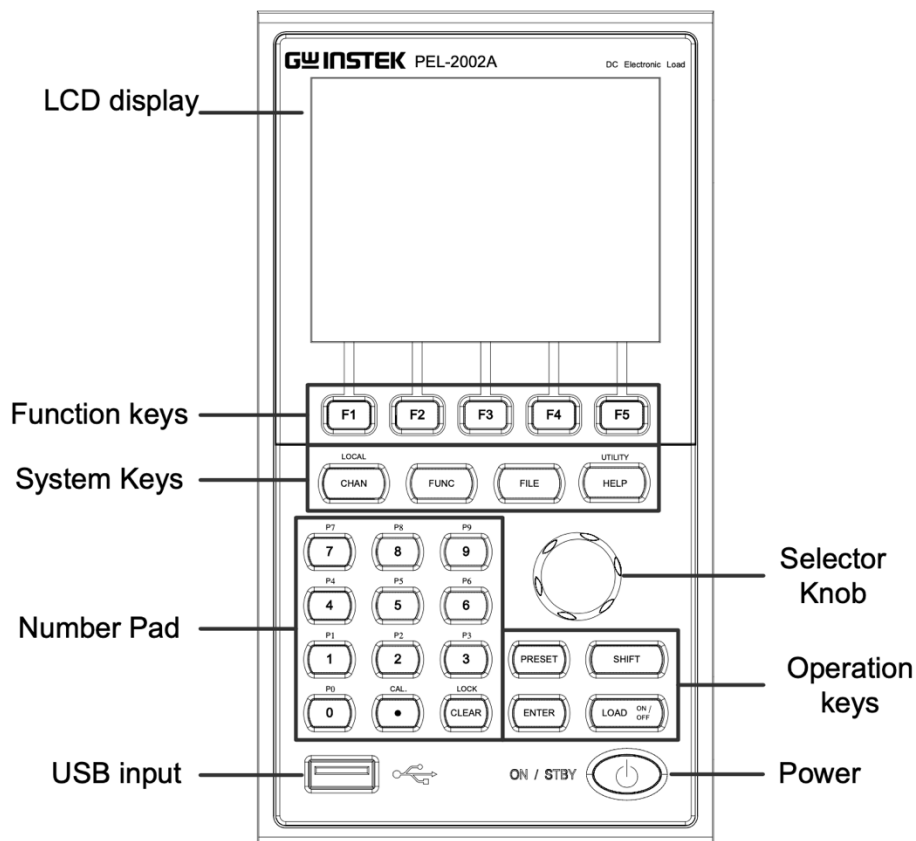


Figure 12 Extrait manuel : Programmable DC Electronic Load PEL-2000A Series, édition 09.2019

5.6 Face avant module charge

Front Panel Overview – Load Module

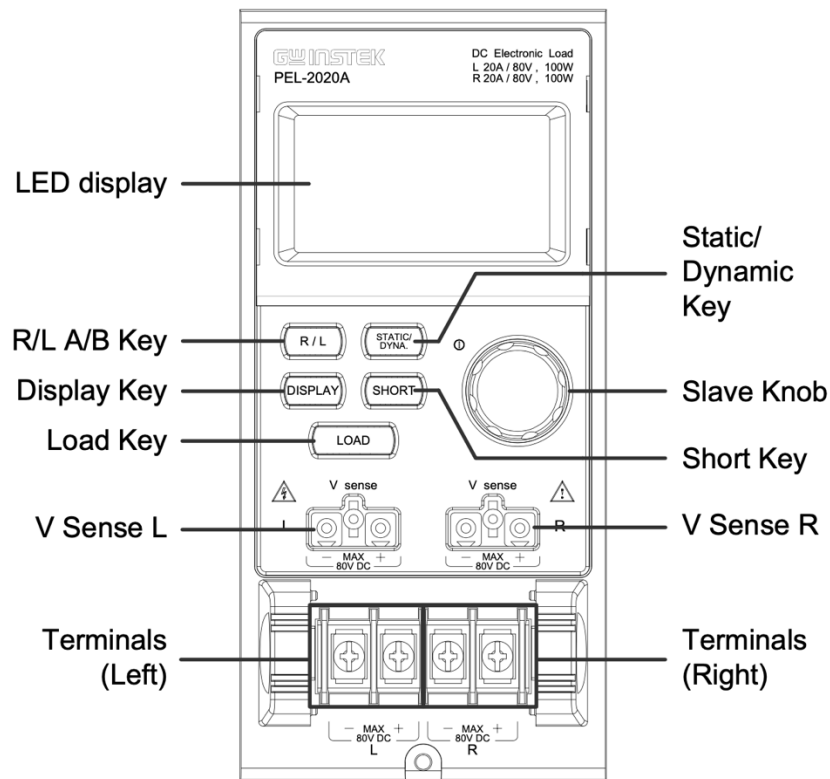


Figure 13 Extrait manuel : Programmable DC Electronic Load PEL-2000A Series, édition 09.2019

5.7 Tableau résultat mesure courant avec DC load

Iset [mA]	Imesuré [mA]	Uout [V]
10	4,4	22,45
20	14,4	22,32
30	24,4	22,29
40	34,3	22,28
50	44,3	22,27
60	54,3	22,26
70	64,3	22,25
80	74,3	22,24
90	84,3	22,23
100	94,2	22,22
110	104,2	22,22
120	114,2	22,21
130	124,2	22,21
140	134,2	22,2
150	144,2	22,2
160	154,2	22,19
170	164,2	22,19
180	174,2	22,18
190	184,1	22,18
200	194,1	22,18
210	204,1	22,17
220	214,1	22,17
230	224,1	22,16
240	234,1	22,16
250	244,1	22,16

5.8 Tableau résultat mesure courant avec potentiomètre

Rpot mesuré [Ω]	Imesuré [mA]	Uout [V]
81,7	250	20,3
69,7	246,1	17,1
45,3	226	10,2
22,1	236	5