

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure

Électronique

Laboratoire EIND

Salle R110

Alimentation linéaire

Réalisé par :

Badertscher Alan

Mlynek Thomas

A l'attention de :

M. Serge Gavin

M. Phillipe Bovey

Dates :

Début du laboratoire : 11 novembre 2025

Fin du laboratoire : 2 décembre 2025

Table des matières :

Alimentation linéaire.....	1
Cahier des charges.....	3
Conclusion.....	3
1 Alimentation linéaire en tension.....	4
1.1 Dimensionnement.....	4
1.2 Calcul des puissances.....	4
1.3 Température de la jonction.....	4
1.4 Simulation.....	4
1.5 Mesures.....	5
1.6 Analyse des résultats.....	6
2 Alimentation linéaire en courant.....	7
2.1 I) Schéma permettant de limiter le courant à 250 mA.....	7
2.2 J) Courbe représentant la tension de sortie en fonction du courant sortie.....	8
2.2.1 Schéma de mesure.....	8
2.2.2 Protocole de mesure.....	8
2.2.3 Résultats.....	8
2.3 K) Oscillogramme du courant de sortie.....	10
2.3.1 Protocole de mesures.....	10
2.3.2 Schéma de mesure.....	10
2.3.3 Mesure.....	10
2.4 L) Puissance dissipée en opération (point K).....	11
2.4.1 Circuit-ouvert :.....	11
2.4.2 Court-circuit :.....	11
2.4.3 Puissance moyenne :.....	11
2.5 M) Estimer la température de jonction (point K).....	11
2.6 N) Calculer la puissance dissipée en court-circuit.....	11
2.7 O) Estimer la température de jonction en court-circuit.....	11
3 Annexes.....	12
3.1 Cahier des charges.....	12
3.2 Régulateur de tension.....	13
3.2.1 Datasheet.....	13
3.2.2 Liste de matériel.....	13
3.2.3 Simulation.....	13
3.2.4 Configuration.....	13
3.2.5 Courant d'entrée.....	13
3.2.6 Courant de sortie.....	14
3.2.7 Tension de sortie.....	14
3.2.8 Puissance dissipée.....	14
3.3 Mesures.....	15

Cahier des charges

Le cahier des charges se trouve en annexe

Conclusion

Alimentation linéaire en tension :

Pour cette alimentation, nous avons choisi de prendre la valeur max du minimum load current que la datasheet donne à 10 mA. Avec cette information, nous avons dimensionné R1 à 125 ohms, ce qui donne 120 ohms en E24. R2 a été calculé à 196.8 ohms, ce qui nous donne 200 ohms en E24. La puissance dissipée max est inférieure au 2/3W des résistances.

Le régulateur peut fournir une puissance de sortie de 330mW @100mA. Il consommera 750mW au total avec une perte en chaleur de 420mW. En réalité nous avons une puissance de sortie de 367mW @ 118.06 mA. Il consommera 885mW au total avec une perte en chaleur de 518mW. La Simulation nous a donné des résultats qui sont proches avec une différence max de 4,5%.

Nous avons calculé une température de jonction de 50.918°C @100mA et avons l'avons recalculer avec le courant max simulé. Avec un courant de 121.65 mA, nous obtenons 55.446°C.

Ce type de régulateur linéaire est simple et je ne crée pas de bruit, mais il est très peu efficient comme nous montrent les mesures. Les alimentations à découpages peuvent atteindre le 85% d'efficacité, mais créer plus de bruit sur l'alimentation.

Le détail des mesures se trouve dans les tableaux 1 et 2

Alimentation linéaire en courant :

Lors de cette partie, nous avons vu que le montage source de courant se comporte bien comme tel ($U_{out} = U_{cc} - U_{dechet} - U_R$ quand $I_{out} < 250mA$) et que l'erreur entre la théorie et la pratique est très faible (max 2.6%), mais dès que l'on arrive à 250mA la source ne changera plus de courant et la tension chute alors en accordance avec la charge en sortie. La puissance calculée des résistances est suffisante pour utiliser des 2/3W sans risquer de les endommager (voir Excel en annexe).

En revanche le montage à tendance à surchauffer après un certain temps (et plus rapidement si le courant est plus fort). Cela nous à obliger à vite prendre les mesures et de laisser le montage refroidir entre chaque prise de valeurs.

Pour la seconde mesure, nous avons constaté que le montage est influencé par la température. Car une température trop élevée va couper le circuit pour le laisser refroidir. Cela n'est pas étonnant, car nous avons calculé une température de 136.1 °C, pour un maximum de 125°C dans le cas du point K.

Lausanne, le 01.12.2025

Signatures :



1 Alimentation linéaire en tension

1.1 Dimensionnement

Pour calculer la tension de sortie, nous avons utilisé la formule ci-dessous nous avons cependant choisi de négliger le courant de fuite, car il est à environs 50 à 100 uA. Nous avons utilisé le max minimum load current qui est à 10 mA pour garantir la bonne tension dans le pire des cas. (Datasheet en annexe figure 3.2)

$$U_{out} = U_{ref} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) + (I_{adj} \cdot R_2)$$

$$R_1 = \frac{U_{ref}}{I_{ref}} = \frac{1.25 \text{ V}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 125 \Omega$$

E24 -> $R_1 = 120 \Omega$

$$R_2 = R_1 \left(\frac{U_{out}}{U_{ref}} - 1 \right) = 120 \cdot \left(\frac{3.3}{1.25} - 1 \right) = 196.8 \Omega$$

E24 -> $R_2 = 200 \Omega$

1.2 Calcul des puissances

$$P_{out} = 3.3 \text{ V} \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 330 \text{ mW}$$

Le courant qui rentre = au courant qui sort

$$P_{in} = 7.5 \text{ V} \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 750 \text{ mW}$$

Puissance max dissipée dans l'air

$$P_{Disspée} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I_{out} = (7.5 - 3.3) \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 420 \text{ mW}$$

1.3 Température de la jonction

Pour calculer la température de jonction sans refroidisseur, nous avons pris un boîtier TO-220 du LM317 et avons choisi la version KCT comme worst case, car nous ne savons pas quelle version nous avons (figure 3.2.1 en annexe). Toute la chaleur sera dissipée dans l'air ambiant.

$$T_{J_{onc.}} = T_{amb} + P_D \cdot \theta_{JA} = 35 + 420 \cdot 10^{-3} \cdot 37.9 = 50.918^\circ \text{C}$$

1.4 Simulation

Pour cette simulation, nous allons faire les mesures du courant de sortie, la tension de sortie et la puissance dissipée par le régulateur. Toutes ces mesures seront faites avec un RL de 30 Ohms à 1 kOhm.

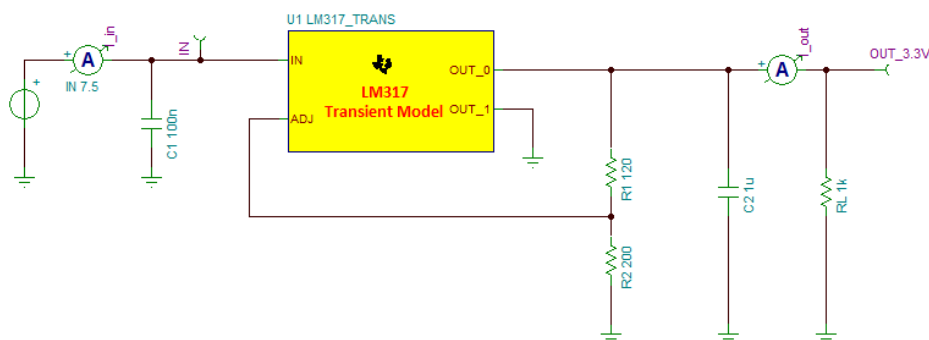


Figure 1 Schéma de simulation

Pour la simulation, j'ai mesuré les tensions d'entrée et de sortie ainsi que le courant de sortie. J'ai utilisé le mode « DC Transfer Characteristic » avec une valeur de RL de départ à 30 Ohms et 1 kOhm de valeur de fin et 100 points de mesures. (Image de la configuration en annexe figure 4)

Charge	Input		Output		Power		
RI [Ohm]	Uin[V]	Iin[ma]	Uout [V]	Iout [ma]	Pin[mW]	Pout[mW]	Pdiss.[mW]
none	-	-	-	-	-	-	-
30	7.5	121.65	3.34	111.22	912.375	371.4748	540.9002
120	7.5	38.27	3.34	27.84	287.025	92.9856	194.0394
240	7.5	24.34	3.34	13.91	182.55	46.4594	136.0906
510	7.5	16.97	3.34	6.54	127.275	21.8436	105.4314
1000	7.5	13.76	3.34	3.34	103.2	11.1556	92.0444

Tableau 1 Simulation du LM317

Nous observons que nous avons des résultats corrects. Nous avons un courant de sortie max à 111.21 ma contre les 100 ma demandée. Cette différence est liée à l'arrondi des résistances. La température de jonction reste en dessous des 125°C recommandés.

$$T_{J_{onc.}} = T_{amb} + P_D \cdot \theta_{JA} = 35 + 540 \cdot 10^{-3} \cdot 37.9 = 55.466 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Les graphiques des simulations se trouvent en annexes figure 3.2.5 à 3.2.8

1.5 Mesures

Pour la partie mesure, j'ai mesuré la tension et le courant d'entrée et de sortie du montage, comme le montre le schéma de mesure. J'ai choisi de prendre 6 valeurs de RI et de les répartir pour montrer la courbe du courant.

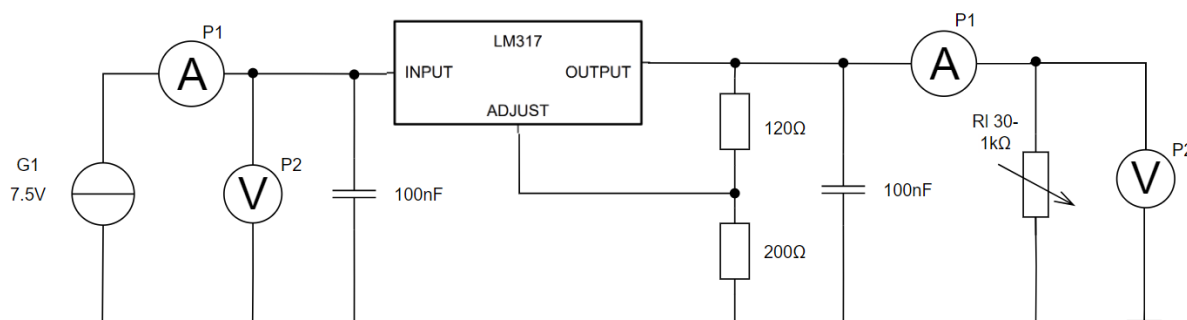


Figure 2 Schéma de mesure

La liste du matériel est en annexe en tableau 3.2.2.

Charge	Input		Output		Power		
RI [Ohm]	Uin[V]	Iin[ma]	Uout [V]	Iout [ma]	Pin[mW]	Pout[mW]	Pdiss.[mW]
none	7,5	10,531	3,355	0	78,9825	0	78,9825
30	7,5	118,06	3,395	108,2	885,45	367,339	518,111
120	7,5	38,24	3,365	27,84	286,8	93,6816	193,1184
240	7,5	24,4	3,36	13,93	183	46,8048	136,1952
510	7,5	17,065	3,358	6,56	127,9875	22,02848	105,95902
1000	7,5	13,872	3,356	3,35	104,04	11,2426	92,7974

Tableau 2 Mesure de Im317

Les graphiques des mesures se trouvent en annexe 3.3 figures 9 et 10

1.6 Analyse des résultats

Grâce au tableau de mesures, nous avons pu comparer la théorie, la simulation ainsi que les mesures. Nous avons observé que nous avons des résultats qui dévient au maximum de 4.5% entre les mesures et la simulation (puissance dissipée avec charge RI à 30 Ohms). Nous avons cependant une différence de plus élevée entre la théorie et la mesure. Pour la puissance d'entrée, nous avons une différence de 15,3% en Pout, 10,16% et 18,94% pour la puissance dissipée. Cette différence est liée au courant qui traverse le régulateur. Pour la théorie nous avons calculé avec 100 mA, alors que, pour les mesures, nous avons un courant de 118.06 mA.

	Power @ I _{max}		
	Pin[mW]	Pout[mW]	Pdiss.[mW]
Théorique	750	330	420
Mesures	885,45	367,339	518,111
Delta	135,45	37,339	98,111
Erreur en [%]	15,30	10,16	18,94

Tableau 3 Comparaison entre théorie et mesures

2 Alimentation linéaire en courant

2.1 I) Schéma permettant de limiter le courant à 250 mA

Selon le datasheet Texas Instruments du Lm317, nous trouvons à la page 9 une note d'application quant à l'utilisation de ce composant.

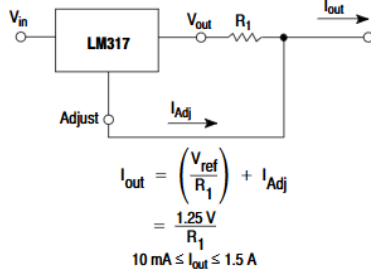


Figure 24. Current Regulator

Figure 3 Schéma source de courant

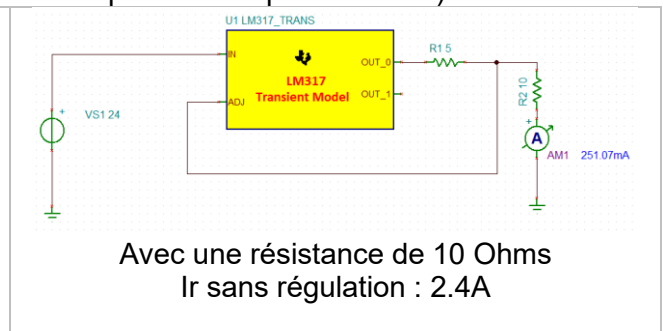
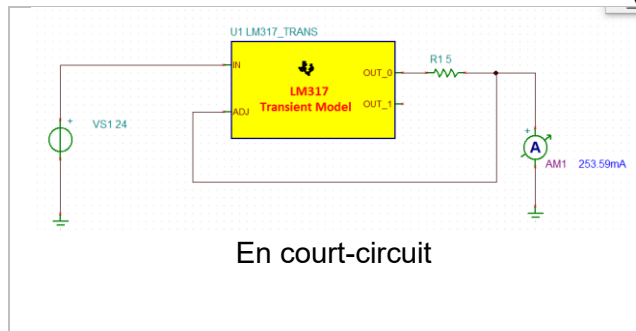
Pour trouver la valeur de résistance pour la source de courant, nous devons simplement faire le calcul :

$$I = 1.25V \div R \Rightarrow R = \frac{1.25V}{I}$$

Donc, si nous calculons :

$$R = \frac{1.25}{250 * 10^{-3}} = 5\text{mA}$$

Nous vérifions donc avec une simulation TINA (avec le spice du composant fourni) :



2.2 J) Courbe représentant la tension de sortie en fonction du courant sortie

2.2.1 Schéma de mesure

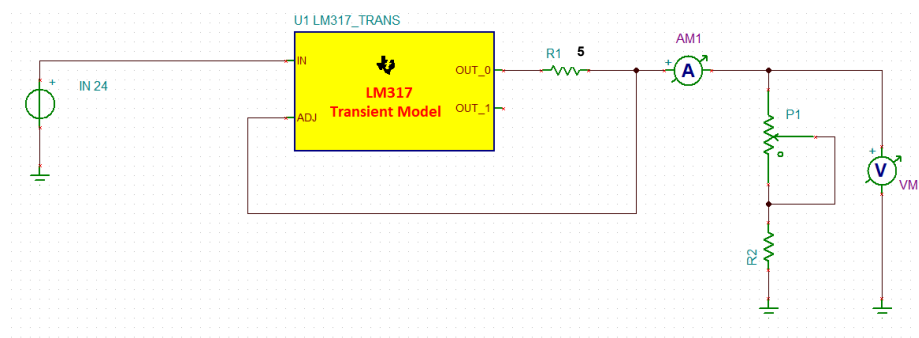


Figure 4 Schéma de mesure

2.2.2 Protocole de mesure

Pour mesurer correctement le courant, nous allons mettre une résistance R2 et un potentiomètre à la sortie (comme sur le schéma ci-dessous) afin d'ajuster finement le courant d'une résistance précalculée.

Nous allons prendre une mesure tous les 10mA jusqu'à atteindre son courant de régulation (250mA).

Sachant que nous devons mettre une résistance de 5 Ohms et que cette valeur n'existe pas en E24, nous mettons 2 résistances de 10 Ohms en parallèle.

La tension à la sortie du régulateur peut se trouver en faisant le calcul suivant :

$$U_{out} = U_{in} - U_{reg} - (R1 * I_{out})$$

Nous pouvons donc trouver la résistance de charge (P1 + R2) en faisant le calcul suivant :

$$R_{ch} = \frac{U_{in} - U_{reg} - (R1 * I_{out})}{I_{out}}$$

2.2.3 Résultats

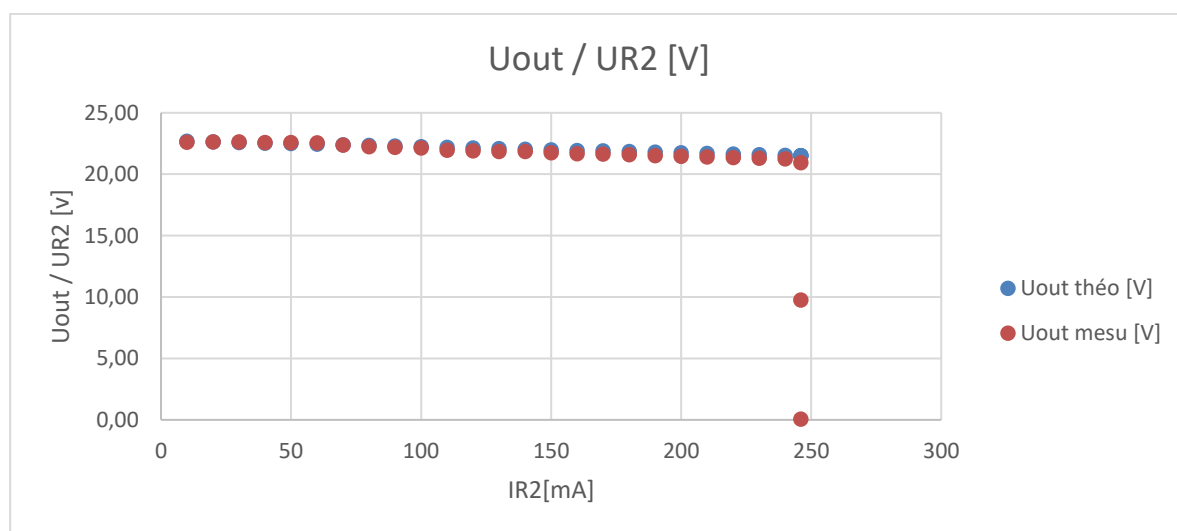


Figure 5 Tension de sortie

Nous pouvons voir que la tension reste globalement assez stable (si $I < 250\text{mA}$ alors $U \simeq 24\text{V}$, comme un source de courant réel) avec une légère variation de tension vers le bas avec l'augmentation du courant (chute de tension sur R_1 [5 Ohms]).

La valeur mesurée suit assez fidèlement la valeur théorique et reste globalement sous les 2% d'erreur relative. Mais la tension s'effondre à 250mA (en réalité 246mA, car la source courante est imparfaite).

J'ai décidé de faire 3 mesures à la saturation, une juste au niveau de la saturation, une à la moitié de la valeur R théorique et une en pur CC. Nous pouvons voir que la source de courant fait bel et bien son travail, car le courant ne change pas.

Remarque :

La mesure de cette partie fut de plus en plus dure au fur et à mesure que le courant augmentait, car avec le courant qui augmentait, la dissipation du régulateur aussi. Ce qui le mettait en sécurité thermique très rapidement et forçait de mesurer rapidement et de laisser le composant se refroidir.

Courant	Tension de sortie		Err. Tens. Rel.	Rout
IR2 [mA]	Vout théo [V]	Vout mes [V]	Vout t/Vout m [%]	[Ohms]
10	22,70	22,61	-0,40	2270
20	22,65	22,65	0,00	1133
30	22,60	22,63	0,13	753
40	22,55	22,6	0,22	564
50	22,50	22,59	0,40	450
60	22,45	22,56	0,49	374
70	22,40	22,39	-0,04	320
80	22,35	22,25	-0,45	279
90	22,30	22,19	-0,49	248
100	22,25	22,14	-0,49	223
110	22,20	21,97	-1,04	202
120	22,15	21,91	-1,08	185
130	22,10	21,86	-1,09	170
140	22,05	21,86	-0,86	158
150	22,00	21,76	-1,09	147
160	21,95	21,69	-1,18	137
170	21,90	21,64	-1,19	129
180	21,85	21,59	-1,19	121
190	21,80	21,53	-1,24	115
200	21,75	21,48	-1,24	109
210	21,70	21,43	-1,24	103
220	21,65	21,37	-1,29	98
230	21,60	21,31	-1,34	94
240	21,55	21,26	-1,35	90
246	21,52	20,96	-2,60	87
246	21,52	9,77	-54,60	40
246	21,52	0,08	-99,63	0

Tableau 4 Mesure sortie de régulateur (version complète dans l'Excel dans les annexes)

2.3 K) Oscillogramme du courant de sortie

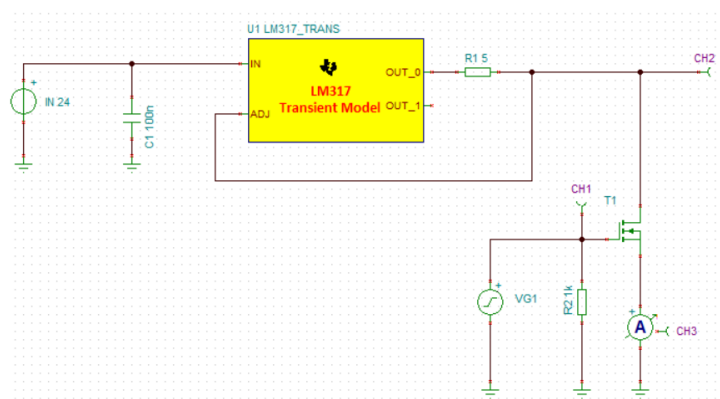
2.3.1 Protocole de mesures

Réaliser le montage selon le schéma ci-dessous.

La mesure de courant se fait avec une sonde de courant paramétrée selon le protocole spécifique de l'appareil. La sonde est un sens à respecter, sinon la valeur de courant sera inversée.

(Bien que sur le schéma CH3 est représenté comme un ampèremètre, c'est en réalité bien une sonde). Pour commuter le transistor, il faut entre 2 et 4V (selon datasheet), par sécurité, nous mettons 5V.

2.3.2 Schéma de mesure



Oscilloscope :

Trigg : CH1 ; Flanc : Montant

CH1 1X ; CH2 1X ; CH3 100mV/A

VG1 :

F : 10KHz

Amplitude : 5V

Offset : 2.5V

Duty cycle : 50%

(LDM en annexes)

2.3.3 Mesure



Figure 6 Mesure K

Nous voyons bien que le courant (CH3, orange) passe par deux phases, une montée rapide (environ 5 μ s) avant de se stabiliser au courant de court-circuit (soit vers 245mA, comme pour les mesures du point précédent). Si le régulateur chauffe, il va se mettre en sécurité et va constamment s'allumer et s'éteindre (ce qui n'est pas le cas ici, mais que j'ai constaté lors des mesures).

Nous voyons donc que le courant s'établit rapidement et se stabilise bien à la valeur de CC (avant de surchauffer). Les oscillations sur le signal viennent probablement de mon montage bread-board suboptimal.

L'arrondissement de la courbe verte (CH2) vient de la capacité parasite du MOSFET.

2.4 L) Puissance dissipée en opération (point K)

Le circuit représenté au point « K » fonctionne en deux modes distincts (nous négligeons la phase de montée du courant) :

2.4.1 Circuit ouvert :

$$P_{co} = (U_{g1} - U_{out}) * I_{out} = (24 - 23.55) * 0 = 0W$$

2.4.2 Court-circuit :

$$P_{cc} = (U_{g1} - U_{out}) * I_{out} = (24 - 0.08) * 245m = 5.86W$$

2.4.3 Puissance moyenne :

$$P_m = D * (P_{cc} + P_{co}) = 0.5 * (0 + 5.86) = 2.93W$$

La puissance que va réellement dissiper le LM317 est la puissance moyenne.

2.5 M) Estimer la température de jonction (point K)

Comme le cas est le même que pour le point précédent, nous reprenons la valeur moyenne de puissance pour déterminer la température de jonction. Nous avons un boîtier TO-220, donc nous nous référons au datasheet (voir annexes 3.2.1)

$$\theta_j = (R\theta_{ja} * P_m) + \theta_a = (37.9 * 2.93) + 25 = 136.1^\circ C$$

Cette valeur est impossible dans la vraie vie, car cela détruirait l'IC.

Nous avons remarqué que le circuit surchauffait si on le laissait trop longtemps et se coupait momentanément, cela n'est pas surprenant, car la température max de jonction est de 125°C.

Donc notre composant va chauffer, se couper, refroidir et recommencer à conduire et chauffer.

Une solution simple serait un radiateur ou dans le cadre d'un projet un DC/DC pour gagner en efficacité.

2.6 N) Calculer la puissance dissipée en court-circuit

Même chose qu'au point L

$$P_{cc} = (U_{g1} - U_{out}) * I_{out} = (24 - 0.08) * 245m = 5.86W$$

2.7 O) Estimer la température de jonction en court-circuit

$$\theta_j = (R\theta_{ja} * P_m) + \theta_a = (37.9 * 5.86) + 25 = 247.1^\circ C$$

Cette valeur est impossible dans la vraie vie, car cela détruirait l'IC, il se mettrait donc en sécurité et se couperait.

3 Annexes

3.1 Cahier des charges

COURS D'ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE

RÉALISATION D'UNE ALIMENTATION LINEAIRE

SCHÉMA

PREMIÈRE PARTIE

DONNÉE

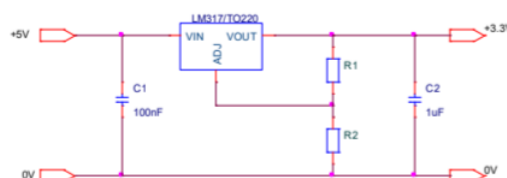
Datasheet du circuit LM317

Tension d'entrée : 7.5 V

Tension de sortie : 3.3 V

Courant maximum de sortie : 100 mA

Température ambiante 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 et Iout en fonction d'une charge R_L (variant entre 30 et 1k Ω)
- Simulez la puissance dissipée par le régulateur LM317 en fonction de la charge R_L
- 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.

Figure 7 cahiers des charges

3.2 Régulateur de tension

3.2.1 Datasheet

Nous avons utilisé la datasheet du LM317 de Texas instruments version : SLVS044Z – SEPTEMBER 1997 – REVISED APRIL 2025



lm317.pdf

Minimum load current	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40V$	Over full operating temperature range	3.5	10	mA
----------------------	----------------------------	---------------------------------------	-----	----	----

6.4 Thermal Information (Legacy Chip)

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		LM317				UNIT
		DCY (SOT-223)	KCS (TO-220)	KCT (TO-220)	KTT (TO-263)	
		4 PINS	3 PINS	3 PINS	3 PINS	
$R_{\theta(JA)}$	Junction-to-ambient thermal resistance	66.8	23.5	37.9	38.0	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	43.2	15.9	51.1	36.5	°C/W
$R_{\theta JB}$	Junction-to-board thermal resistance	16.9	7.9	23.2	18.9	°C/W
Ψ_{JT}	Junction-to-top characterization parameter	3.6	3.0	13.0	6.9	°C/W
Ψ_{JB}	Junction-to-board characterization parameter	16.8	7.8	22.8	17.9	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	Junction-to-case (bottom) thermal resistance	NA	0.1	4.2	1.1	°C/W

3.2.2 Liste de matériel

Nom	Marque	Model	Fonction	N°d'inventaire
P1	GwInstek	ADALAM 2000	Multimètre	R110-02
G1	GwInstek	GPS 3303	Alimentation 5V	ES.SLO2.00.00.29
P2	ZOYI	703-S	Multimètre	-
P3	Rohde & Schwarz	RTB2004	Oscilloscope	ES.SLO2.05.01.10
VG1	KEYSIGHT	33500B	G. Fonctions	ES.SLO2.00.00.139

3.2.3 Simulation

3.2.4 Configuration

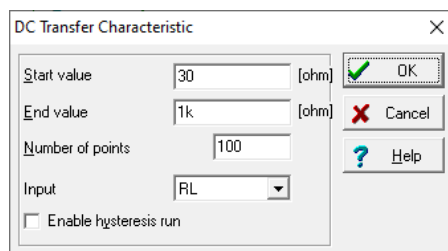


Figure 3 Configuration de la simulation

3.2.5 Courant d'entrée

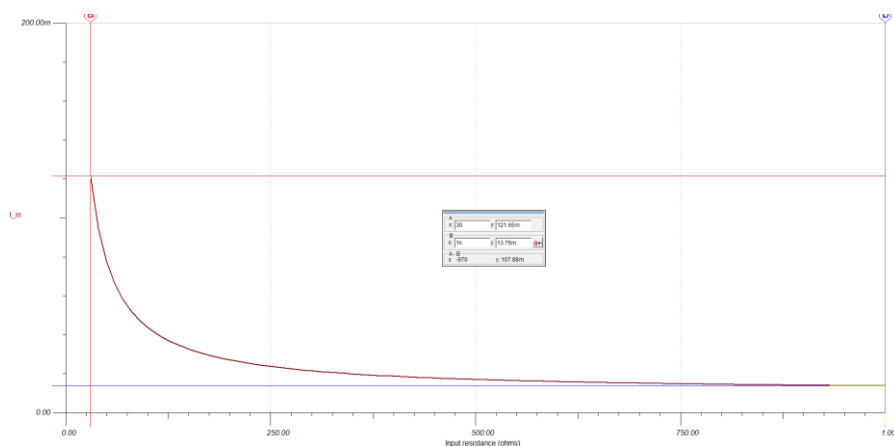


Figure 4 Courant de sortie en fonction de RI

3.2.6 Courant de sortie

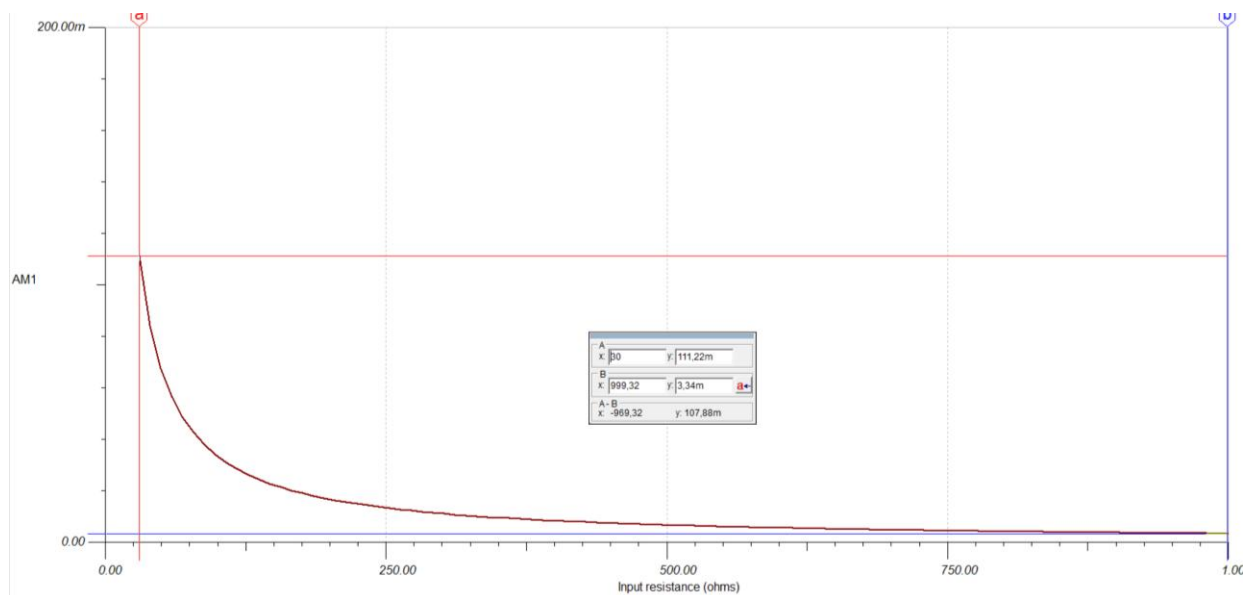


Figure 5 Courant de sortie en fonction de RI

3.2.7 Tension de sortie

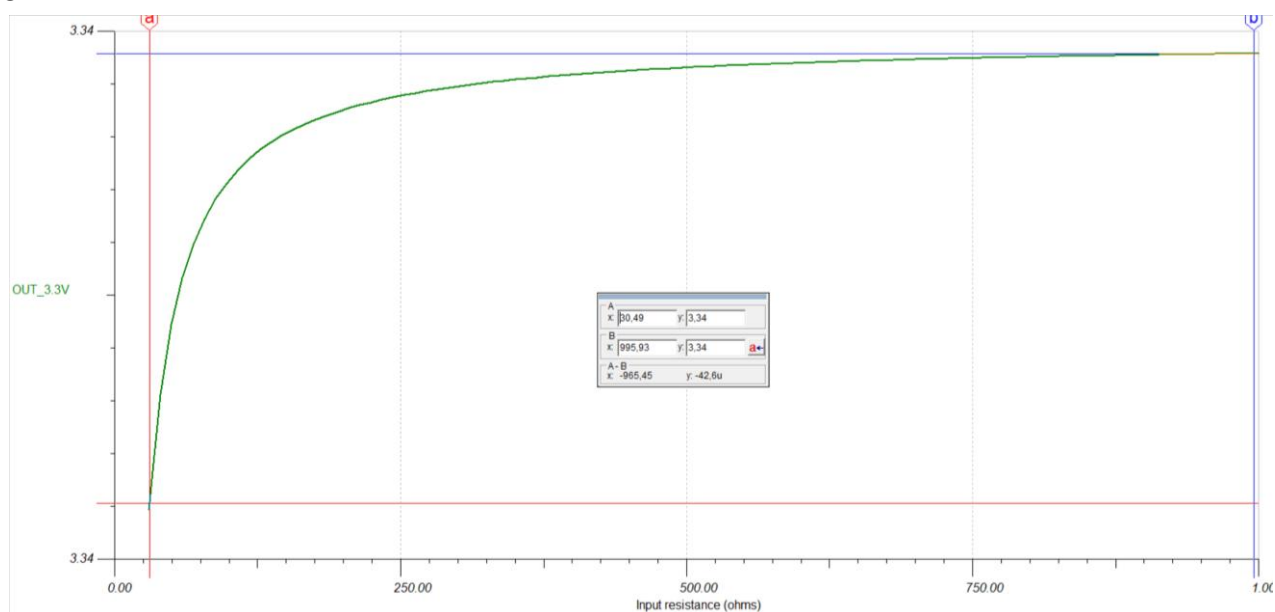
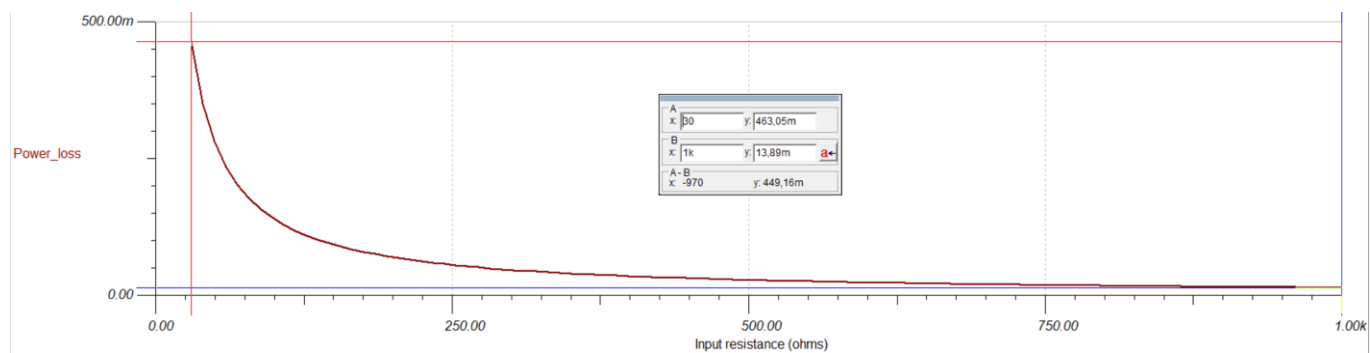
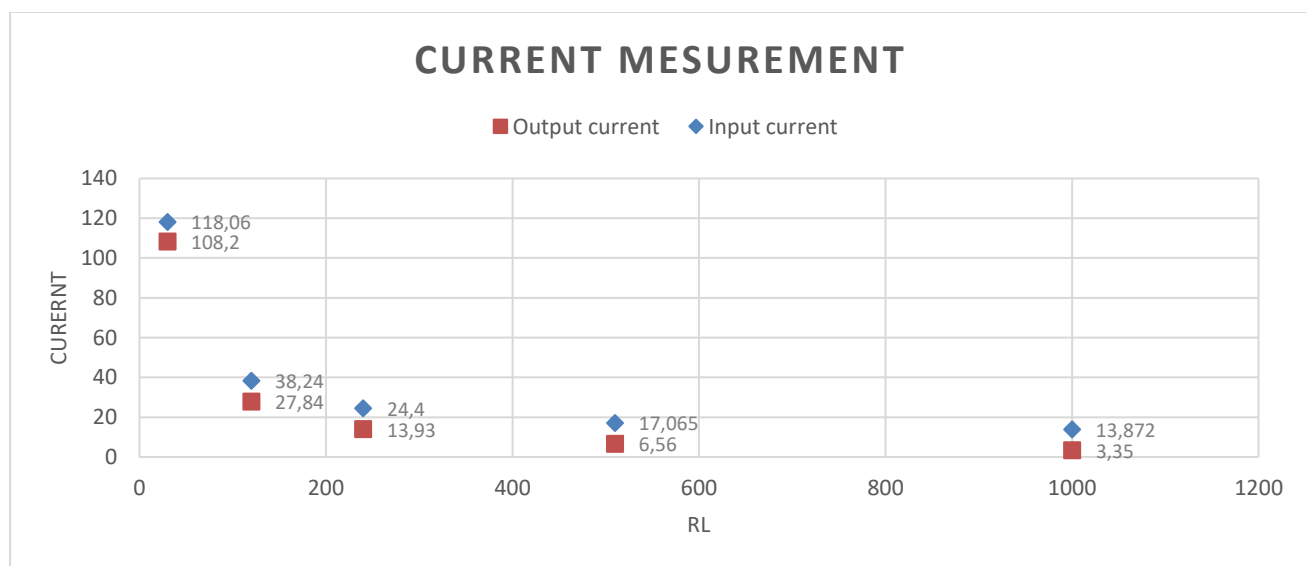
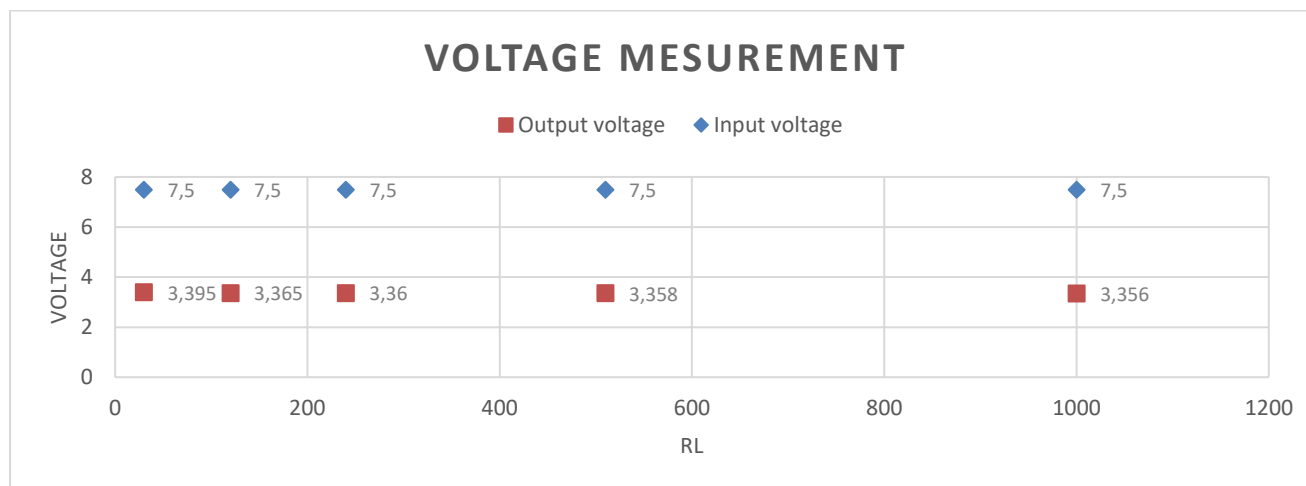


Figure 6 Tension de sortie en fonction de RI

3.2.8 Puissance dissipée

Figure 7 Puissance dissipée en fonction de R_I

3.3 Mesures

Figure 8 Mesure du courant de sortie en fonction de R_I Figure 9 Mesure de la tension de sortie en fonction de R_I

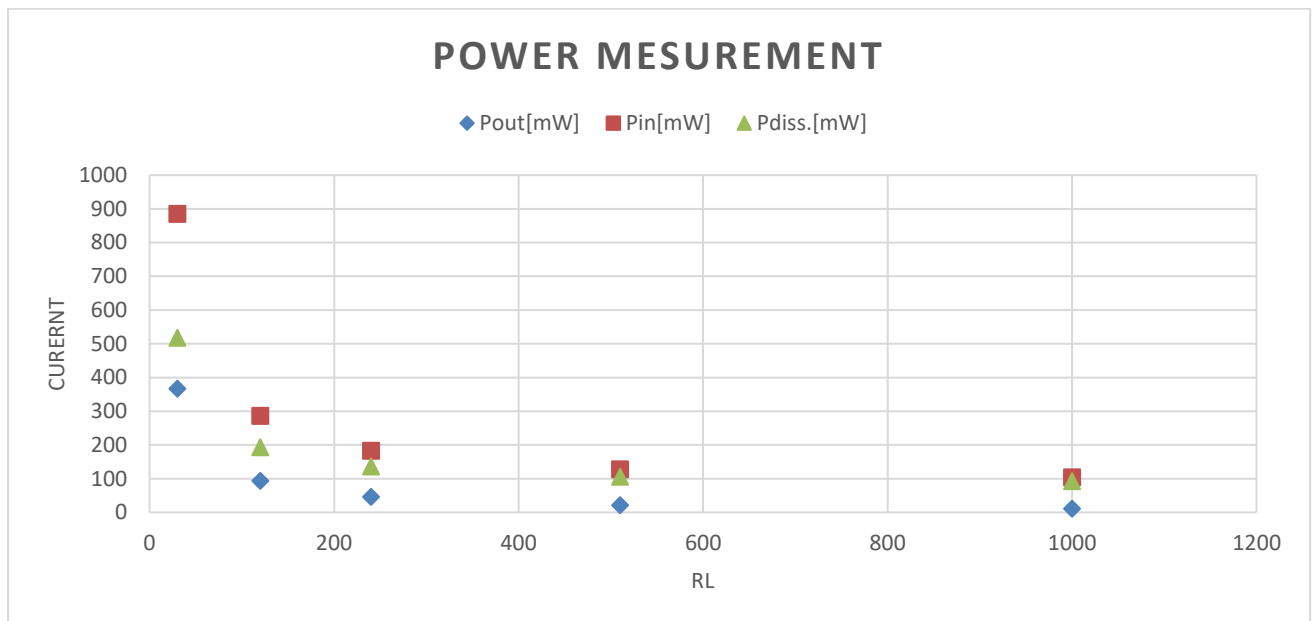


Figure 10 Mesure de la puissance dissipée en fonction de R_L