

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure
Électronique

Laboratoire
Salle R112

Transistor en émetteur suiveur

Réalisé par :

Valentin Mermoud
Schneider Sebastian

A l'attention de :

M. Moreno et
M. Bovey

Dates :

Début du laboratoire : 06.10.2025
Fin du laboratoire : 10.11.2025

Table des matières :

<i>Transistor en émetteur suiveur</i>	1
1 Contexte et objectif du rapport.....	5
2 Développements Théoriques.....	5
2.1 Schéma de Simulation	5
2.2 But de la simulation	5
2.3 Résultats de la simulation	6
2.4 Proposition de schéma	6
2.5 Détermination des résistances et des tensions de fonctionnement	7
2.5.1 Tension de seuil du transistor	7
2.5.2 Simplification du circuit par Thévenin.....	8
2.5.3 Maille du Circuit de Thévenin et Résolution de R1	9
2.5.4 Résolution de R2	9
3 Simulation du montage	10
3.1 Schéma de simulation	10
3.2 Méthode de simulation.....	11
3.3 Relevé des points de mesure de la simulation	11
4 Mesures	11
4.1 Méthode de mesure.....	11
4.1.1 Réglage des appareils	11
4.1.2 Liste de matériel	12
4.1.3 Dimensionnement de Rch.....	12
4.1.4 Schéma de mesure	12
4.1.5 Marche à suivre	13
4.2 Résultats de mesures.....	13
4.2.1 Comparaison mesure - simulation	13
4.2.2 Graphiques de comparaison mesure - simulation.....	14
5 Conclusion	16
5.1 Difficultés et améliorations.....	16
6 Annexes.....	17
6.1 Liste de matériel.....	17
6.2 Valeurs prises de la datasheet du transistor	17
6.3 Tableau des résistances de charge (Rch)	17
6.4 Première simulation de Vbe.....	18
6.5 Calcul de la maille	19
6.6 Développement du calcul de R1	19
6.7 Développement du calcul de R2	20
6.8 Simulations avec VS1 réglé à 12 [V].....	21
6.9 Simulations avec VS1 réglé à 13 [V].....	22
7 Références	23

1 Contexte et objectif du rapport

Le présent rapport a pour objectif de documenter le travail pratique d'électronique analogique effectué durant la première année de Génie Électrique à l'ETML-ES. Ce travail a été réalisé en équipe (binôme).

L'objectif principal de ce travail pratique est l'analyse, le dimensionnement théorique et la vérification expérimentale d'un montage émetteur suiveur.

Les contraintes imposées par le cahier des charges sont les suivantes :

- Tension d'alimentation (V_{S1}) variable entre 12 V et 13 V.
- Tension de sortie (V_E) requise entre 4,75 V et 5,25 V (plage TTL).
- Courant de charge (I_E) variable entre 10 mA et 25 mA (plage d'opération de la charge).

2 Développements Théoriques

2.1 Schéma de Simulation

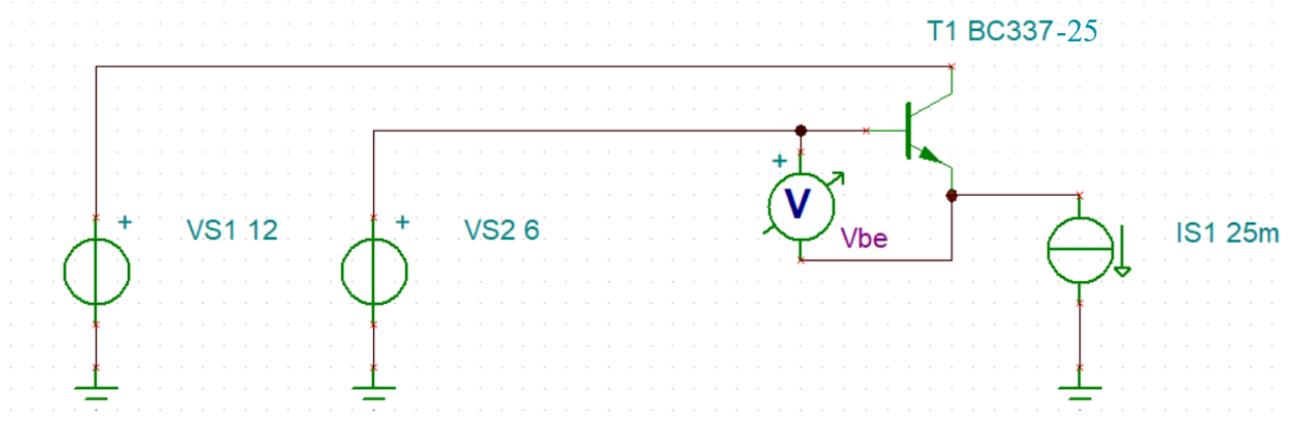


Figure 1 - Schéma de la simulation V_{be} sur TINA

2.2 But de la simulation

Afin d'obtenir une tension base-émetteur du transistor (V_{BE}) pertinente pour le dimensionnement théorique, le schéma de la Figure 1 est reproduit sur TINA. La tension d'alimentation VS_1 et le courant (I_E provenant de l'émetteur du transistor) traversant la charge, ici représenté par une source de courant, sont ajustés pour relever V_{BE} aux quatre points d'opération extrêmes.

2.3 Résultats de la simulation

Une simulation en régime continu (DC) a été effectuée dans TINA pour relever la tension entre la base et l'émetteur du transistor (V_{BE}) aux quatre points extrêmes définis par les contraintes du cahier des charges :

I_E (Courant émetteur)	$VS1 = 12$ [V]	$VS1 = 13$ [V]
10 [mA]	731,23 [mV]	730,85 [mV]
25 [mA]	756,42 [mV]	756,82 [mV]

2.4 Proposition de schéma

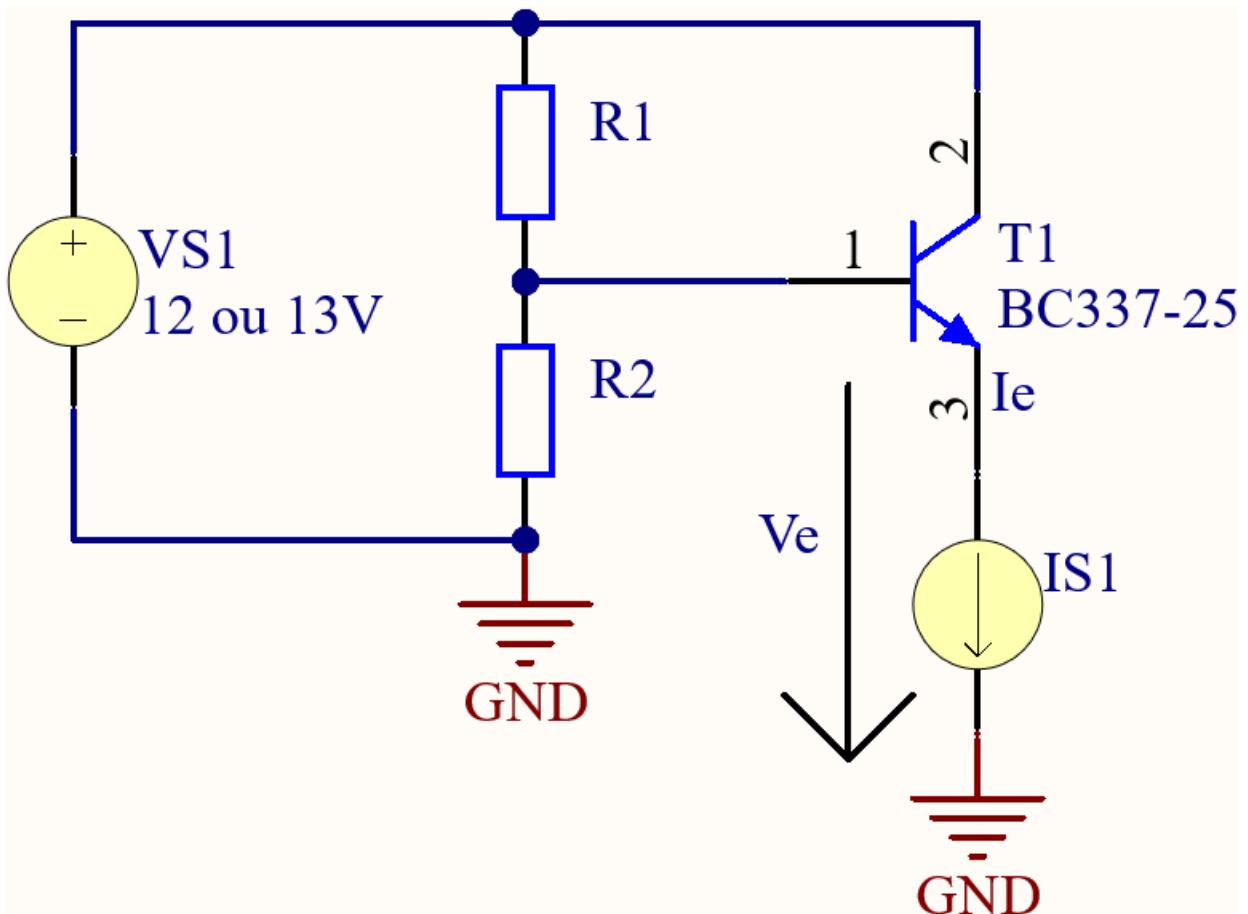


Figure 2 – Schéma de principe

Dans ce montage, l'électrode du collecteur (2) du transistor est reliée à l'alimentation (VS1), la base (1) sert d'entrée, et l'émetteur (3) est relié à la charge, agissant comme la sortie.

Par rapport à la simulation précédente, l'alimentation (VS2) est remplacée par un pont résistif composé de deux résistances R1 et R2 afin fixer le point de fonctionnement du transistor dans sa plage linéaire. Cela a pour but que les tensions de sortie de l'émetteur du transistor pour la charge varient entre 4.75 et 5.25 [V], comme souhaité par le cahier des charges.

IS1 représente la consommation de la charge durant la phase de dimensionnement, qui va varier de 10 à 25 [mA], elle sera remplacée par une résistance de charge (Rch) par la suite. Le but étant maintenant de dimensionner les valeurs de R1 et R2.

Le transistor utilisé est le BC337-25, qui est un transistor bipolaire NPN.

Les paramètres critiques tirés de la fiche technique (datasheet, voir en annexe au chapitre 6.2) du transistor BC337 sont :

Paramètre	Symbol	Valeur maximale	Justification pour le TP
Tension Collecteur-Émetteur	V _{CEO}	45 [V] DC	Suffisante pour VS1 = 13 [V].
Courant Collecteur continu	I _C	800 [mA] DC	Bien au-delà du courant max requis (25 [mA]).
Puissance totale dissipée (T _A = 25 [°C])	P _D	625 [mW]	P _D ≈ V _{CE} * I _C . V _{CEmax} ≈ 13 [V] - 4.75 [V] = 8.25 [V]. P _{Dmax} ≈ 8.25 [V] * 25 [mA] = 206.25 [mW]. Marge confortable.
Gain en courant DC (β)	h _{FE}	160 (minimum, pour BC337-25)	Valeur minimale conservatrice utilisée pour le dimensionnement. L'utilisation d'une valeur de gain minimale est justifiée par la large dispersion des caractéristiques des transistors.

2.5 Détermination des résistances et des tensions de fonctionnement

2.5.1 Tension de seuil du transistor

Calcul de la tension V_{BE}

La tension de seuil (V_{BE}) est déterminée par simulation (Annexe au chapitre 6.4) aux points extrêmes d'opération (10 à 25 [mA] et 12 V à 13 [V]), puis moyennée :

Pour la tension d'alimentation (VS1) à 12 [V]

$$V_{BE}(12V) = \frac{V_{BE(min)} + V_{BE(max)}}{2} = \frac{731.23 [mV] + 756.42 [mV]}{2} = 743.825 [mV]$$

Pour la tension d'alimentation (VS1) à 13 [V]

$$V_{BE}(13V) = \frac{V_{BE(min)} + V_{BE(max)}}{2} = \frac{730.85 [mV] + 756.82 [mV]}{2} = 743.835 [mV]$$

Afin de simplifier les calculs sans introduire d'erreur significative, la valeur moyenne retenue est :

$$V_{BE} = 744 [mV]$$

2.5.2 Simplification du circuit par Thévenin

Pour faciliter l'analyse du circuit pour effectuer le dimensionnement, le pont diviseur composé des résistances R1 et R2 est remplacé par son équivalent de Thévenin, vu de la base du transistor.

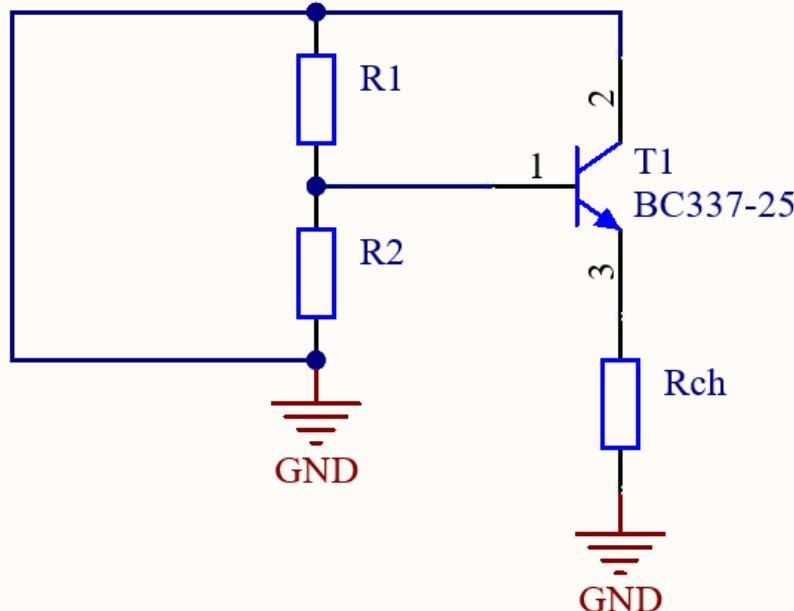


Figure 3 - Schéma qui représente les deux résistances en parallèle lors de la recherche de la résistance de Thévenin (R_{TH})

Pour rappel, afin de trouver la résistance équivalente de Thévenin (R_{TH}), l'alimentation ($VS1$) est remplacée par un fil.

Résistance de Thévenin (R_{TH}) : Équivalente à R1 et R2 en parallèle :

$$R_{TH} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Tension de Thévenin (V_{TH}) : Tension à vide sur R2

$$V_{TH} = VS1 * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

Le montage équivalent de Thévenin est présenté en Figure 4.

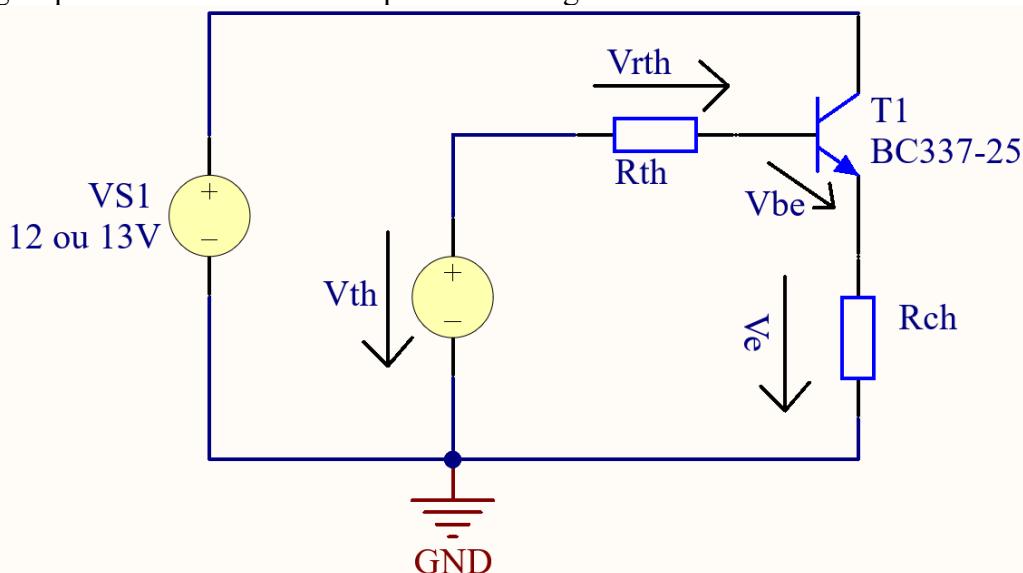


Figure 4 – Schéma équivalent de Thévenin

2.5.3 Maille du Circuit de Thévenin et Résolution de R1

En prenant le circuit tel que simplifié précédemment, sur le principe des lois de Kirchhoff, une maille est mise en évidence :

$$V_{th} - V_{RTH} - V_{BE} - V_E = 0$$

A partir là on remplace avec les variables qui sont connues et cela nous donne (détail du calcul en annexe chapitre 6.6).

$$\frac{V_{BE} + V_E}{(VS1 - R1 * \frac{I_E}{(\beta + 1)})} = (\frac{R2}{R1 + R2})$$

Détermination de R1

Afin d'assurer que la tension de sortie V_E reste dans la plage cible (4,75 V à 5,25 V) malgré les variations de l'alimentation (VS1) et du courant de charge (I_E), il est nécessaire d'établir une condition d'égalité pour les deux cas extrêmes.

L'égalité des rapports de résistances pour ces deux cas extrêmes (détailée en annexe 6.6) permet d'isoler R1 :

$$\frac{V_{BE} + V_E (min)}{(VS1 (min) - R1 * \frac{I_E (max)}{(\beta + 1)})} = \frac{V_{BE} + V_E (max)}{(VS1 (max) - R1 * \frac{I_E (min)}{(\beta + 1)})}$$

$$\text{Valeur de résistance calculée : } R1 = 851 [\Omega]$$

En prenant les valeurs de résistances qui sont disponibles dans le stock de l'ES (30 [Ω] en série avec 820 [Ω]), une valeur de résistance de 850 [Ω] est retenue.

2.5.4 Résolution de R2

En repartant de la formule du point précédent :

$$\frac{V_{BE} + V_E}{(VS1 - R1 * \frac{I_E}{(\beta + 1)})} = \left(\frac{R2}{R1 + R2} \right)$$

En prenant les valeurs d'un des deux cas de tension d'alimentation (VS1) ici à 12 [V], cela nous donne (détail du calcul en annexe au chapitre 6.7) :

$$R2 = 732 [\Omega]$$

En prenant les valeurs de résistances qui sont disponibles dans le stock de l'ES (51 [Ω] en série avec 680 [Ω]), une valeur de résistance de 731 [Ω] est retenue.

3 Simulation du montage

3.1 Schéma de simulation

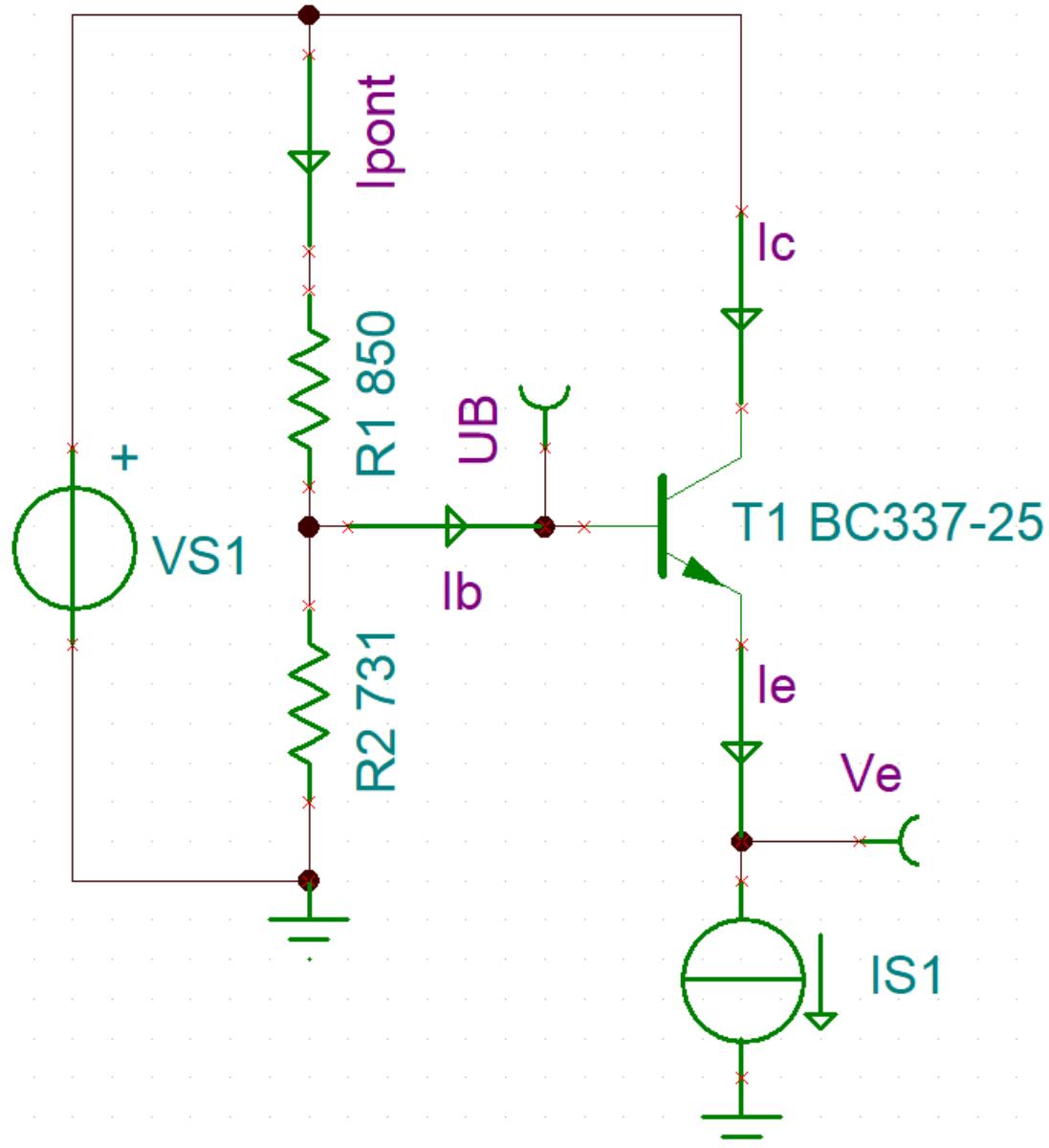


Figure 5 - Schéma de simulation

VS1 ici vaut 12 [V] pour la première simulation et 13 [V] pour la deuxième. IS1 simule la consommation de la charge.

3.2 Méthode de simulation

L'analyse DC Transfer Characteristic est utilisée dans TINA. Cette méthode permet de faire varier le courant de sortie (IS_1) de 0 [mA] à 25 [mA] et de relever la tension de sortie résultante (V_E) sous forme d'une courbe pour les deux tensions d'alimentation ($VS_1 = 12$ [V] et $VS_1 = 13$ [V]).

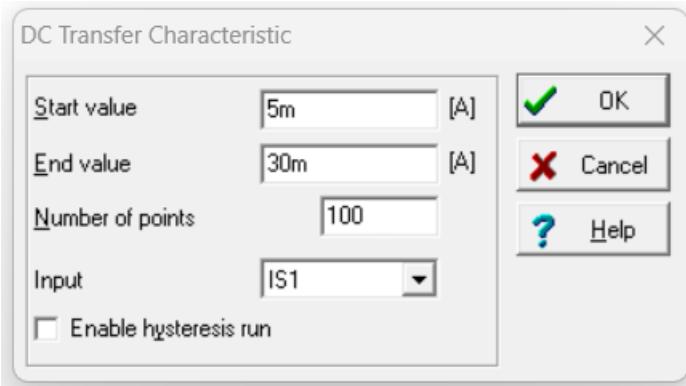


Figure 6 - Paramètres utilisés pour la simulation

Dans TINA : Analysis -> DC Analysis -> DC Transfer Characteristic

3.3 Relevé des points de mesure de la simulation

Voir les simulations en annexe au chapitres 6.8 et 6.9.

I_E	10 [mA]	15 [mA]	20 [mA]	25 [mA]
$VS_1 = 12$ [V]	4,79 [V]	4,77 [V]	4,75 [V]	4,74 [V]
$VS_1 = 13$ [V]	5,25 [V]	5,23 [V]	5,21 [V]	5,20 [V]

4 Mesures

4.1 Méthode de mesure

4.1.1 Réglage des appareils

L'alimentation VS_1

L'alimentation est réglée entre +12 et +13 [V] DC en fonction de la mesure.

Multimètre P1 (Ampèremètre)

Le multimètre est réglé en mode ampèremètre, placé en série pour mesurer le courant d'émetteur (I_E) circulant dans la résistance de charge.

Multimètre P2 (Voltmètre)

Le multimètre P2 est réglé en mode voltmètre, placé en parallèle pour mesurer la tension d'émetteur (V_E).

4.1.2 Liste de matériel

La liste complète et détaillée des instruments de mesure (oscilloscope, générateur, multimètres) et des composants utilisés (transistor, résistances), incluant les références et les numéros d'inventaire, est reportée en annexe au chapitre 6.1.

4.1.3 Dimensionnement de Rch

Puisque l'objectif était de mesurer le comportement du circuit pour des courants I_E précis (10, 15, 20 et 25 [mA]), des résistances de charge (R_{ch}) fixes ont été utilisées pour simuler ces courants.

Pour calculer les résistances on peut utiliser cette formule faisant usage d'un pont diviseur et de la loi d'ohm :

$$R_{ch} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \times \frac{V_{S1} - V_{BE}}{I_E}$$

On utilise le V_{BE} moyen calculé au chapitre 2.5.1.

Pour se rapprocher le plus possible des valeurs calculées, des combinaisons de résistances en série, ont été employées pour minimiser les écarts (Annexe 6.3).

4.1.4 Schéma de mesure

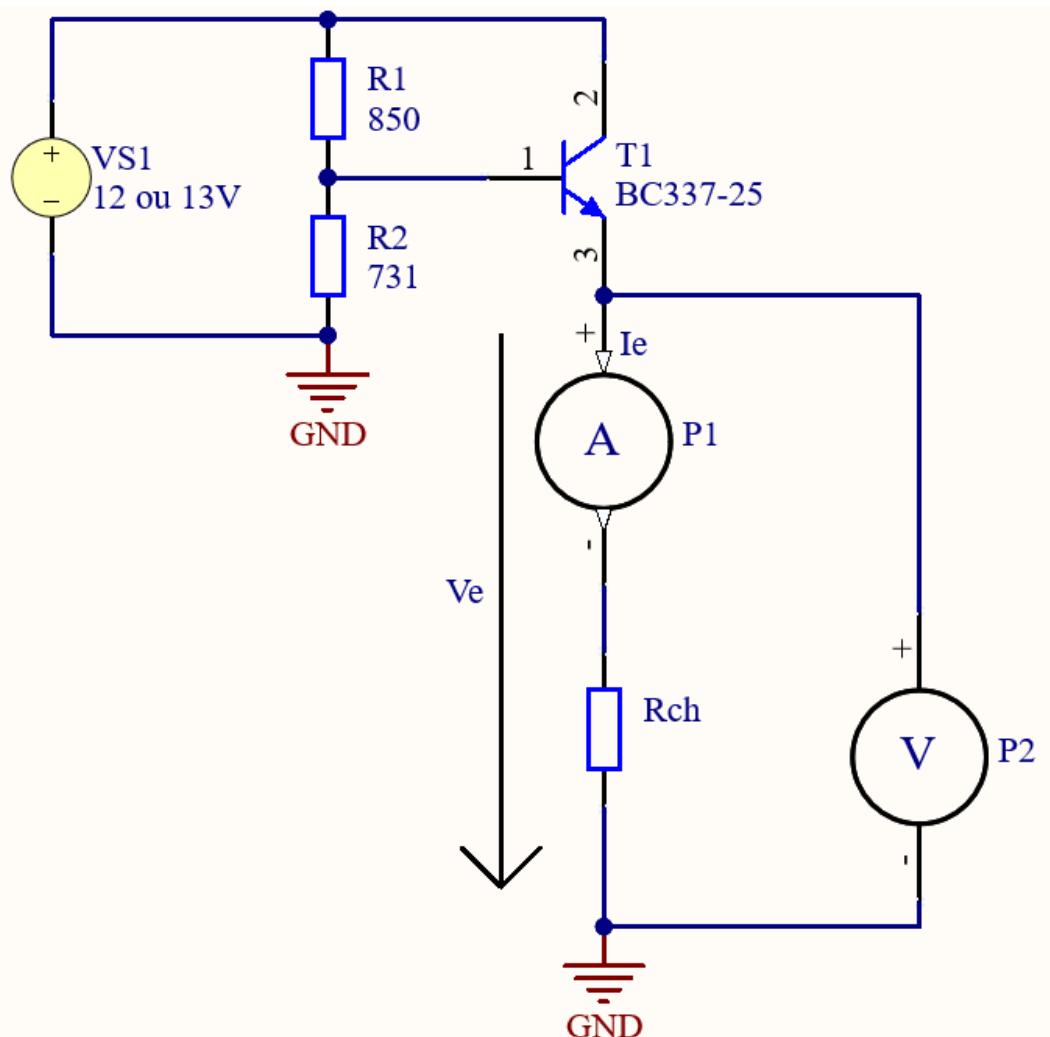


Figure 7 - Schéma de mesure

4.1.5 Marche à suivre

Pour chaque point de mesure, la résistance Rch est ajustée pour obtenir le courant I_E souhaité (Annexe 6.3). La tension VS1 est fixée (12 [V] ou 13 [V]). Les valeurs mesurées pour V_E et I_E sont relevées par les multimètres P2 et P1 respectivement.

4.2 Résultats de mesures

Tensions mesurées

Tensions mesurées	@10 [mA]	@15 [mA]	@20 [mA]	@25 [mA]
VS1 = 12 [V]	4,90 [V]	4,90 [V]	4,88 [V]	4,84 [V]
VS1 = 13 [V]	5,33[V]	5,32[V]	5,32[V]	5,31[V]

Courants mesurés

Courants mesurés	@10 [mA]	@15 [mA]	@20 [mA]	@25 [mA]
VS1 = 12 [V]	10,2[mA]	15,3[mA]	20,5[mA]	25,3[mA]
VS1 = 13 [V]	10,3[mA]	16,5[mA]	20,3[mA]	25,2[mA]

4.2.1 Comparaison mesure - simulation

Tensions

	@10 [mA]		@15 [mA]		@20 [mA]		@25 [mA]	
	Mesur e	Simulation	Mesure	Simulation	Mesure	Simulati on	Mesure	Simulation
VS1 = 12 [V]	4,90 [V]	4,79 [V]	4,90 [V]	4,77 [V]	4,88 [V]	4,75 [V]	4,84 [V]	4,74 [V]
VS1 = 13 [V]	5,33 [V]	5,25 [V]	5,32 [V]	5,23 [V]	5,32[V]	5,21 [V]	5,31[V]	5,2 [V]

Analyse des écarts

Les comparaisons entre les résultats mesurés et les simulations révèlent un écart notable : les tensions de sortie mesurées (V_E) sont systématiquement supérieures aux simulations (avec des écarts de 100 [mV] à 300 [mV]). Cette tendance a mené au dépassement de la plage TTL maximale (5,25 [V]) lorsque l'alimentation VS1 était à 13 [V].

L'hypothèse technique émise pour expliquer cette différence pour la tension V_E est que le gain en courant continu (β ou hFE) réel du transistor est plus élevé que celui retenu durant le dimensionnement ($\beta = 160$). Le dimensionnement des résistances R1 et R2 a été effectué en utilisant cette valeur minimale. La fiche technique du BC337-25 confirme que le gain (hFE) peut se situer entre 160 et 400 (Voir en annexe chapitre 6.2).

Un gain β réel supérieur a pour conséquence que le courant de base (I_B) requis est plus faible pour maintenir le courant de charge (I_E) souhaité. La tension de base (V_B), fixée aux bornes de R2, s'est trouvée augmentée ($V_B = I_{R2} * R2$ où $I_{R2} = I_{R1} - I_B$). Cette élévation de V_B provoque également une augmentation de la tension de sortie V_E , conformément à la relation $V_E = V_B - V_{BE}$.

Cette analyse des résultats met en évidence la nécessité de tenir compte du gain réel pour ajuster les valeurs du pont diviseur si le respect strict des limites du cahier des charges (notamment la limite de 5,25 [V]) doit être garanti.

Courants

	@10 [mA]		@15 [mA]		@20 [mA]		@25 [mA]	
	Mesure	Simulation	Mesure	Simulation	Mesure	Simulation	Mesure	Simulation
@V _{cc} 12 [V] [mA]	10,2	10 [mA]	15,3	15 [mA]	20,5	20 [mA]	25,3	25 [mA]
@V _{cc} 13 [V] [mA]	10,3	10 [mA]	16,5	15 [mA]	20,3	20 [mA]	25,2	25 [mA]

Comparaison : on remarque que les courants simulés et mesurés ont des valeurs très similaires, il y a un écart de 300 [μ A] à 500 [μ A] pour la plupart des mesures sauf pour la mesure avec un courant de consommation de 15 [mA] et une tension d'alimentation de 13 [V] où l'écart est de 1,5 [mA].

4.2.2 Graphiques de comparaison mesure - simulation

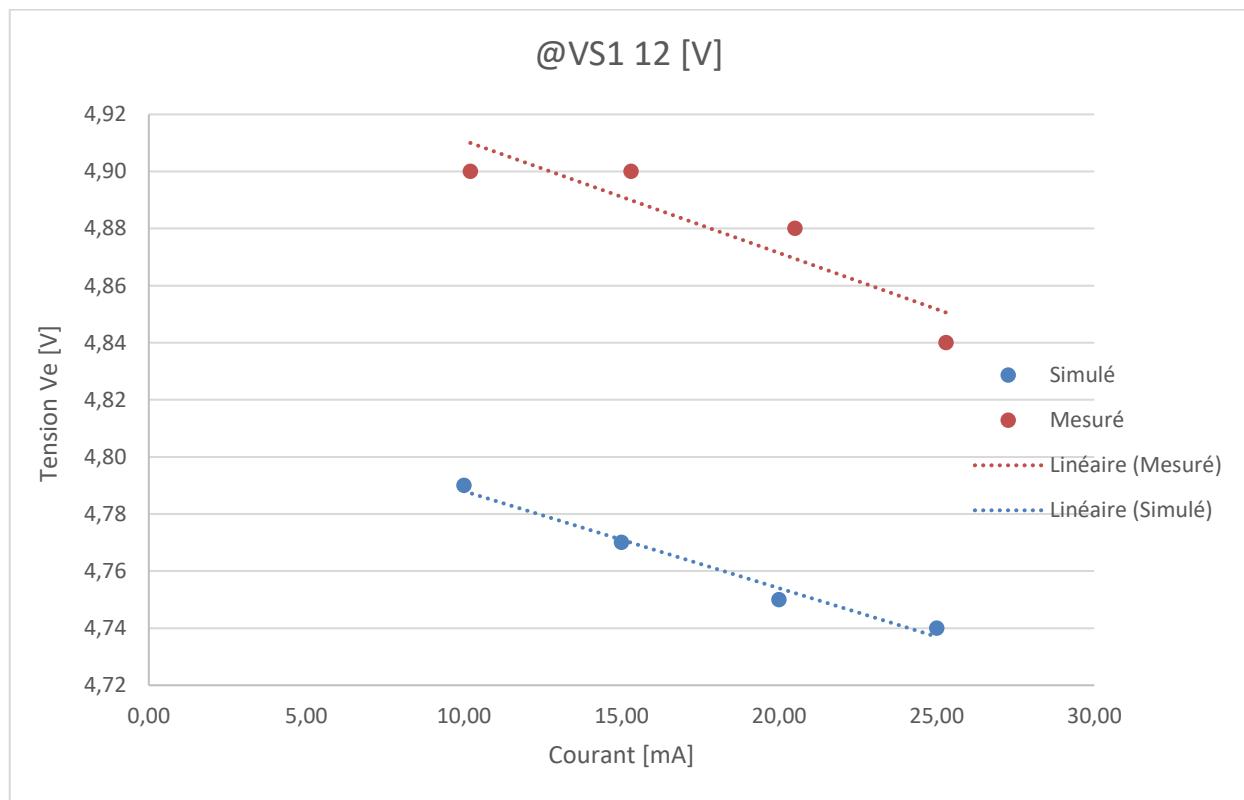


Figure 8 - Graphique de la tension V_E en fonction du courant I_E avec la tension d'alimentation $VS1$ à 12 [V], en rouge pour les valeurs mesurées et en bleu pour les valeurs simulées

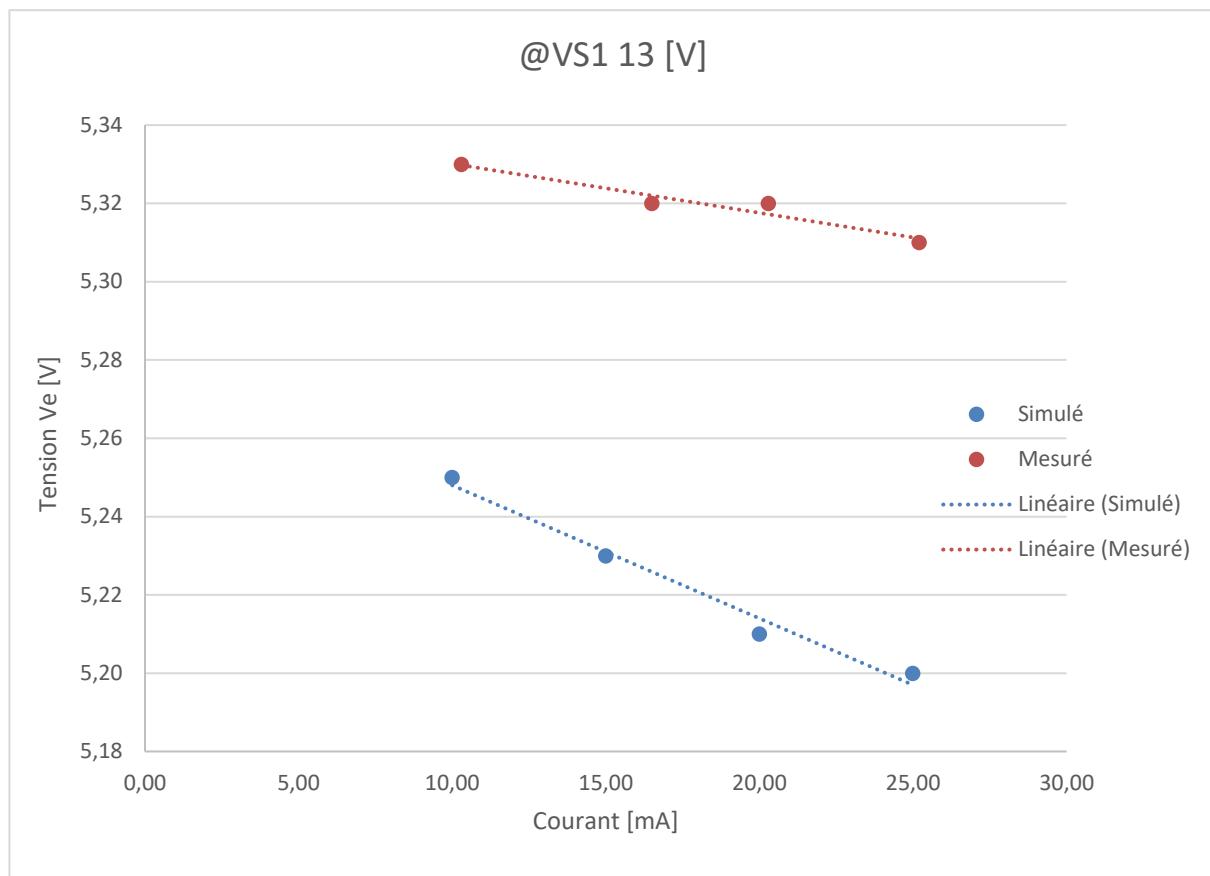


Figure 9 - Graphique de la tension V_E en fonction du courant I_E avec la tension d'alimentation $VS1$ à 13 [V], en rouge pour les valeurs mesurées et en bleu pour les valeurs simulées

Analyse des courbes : L'observation des courbes met en évidence une tendance linéaire avec une pente faible. Cette caractéristique indique que le transistor opère correctement dans sa plage linéaire et qu'il n'atteint pas la saturation. Le montage maintient une tension de sortie (V_E) stable malgré la variation du courant d'émetteur (I_E), confirmant son rôle efficace de régulateur de tension. Un décalage vertical constant est également constaté, s'expliquant par l'hypothèse d'un gain en courant (β) réel supérieur.

5 Conclusion

Le présent travail avait pour objectif de dimensionner (à l'aide du théorème de Thévenin) et de vérifier un montage émetteur suiveur pour réguler une tension de sortie (V_E) dans la plage TTL (4,75 [V] à 5,25 [V]) malgré les variations d'alimentation et de charge (entre 10 et 25 [mA]). Le dimensionnement théorique effectué en utilisant une valeur minimale conservative de gain ($\beta = 160$), a permis d'établir les valeurs des résistances qui ont permis de fixer le point de fonctionnement du transistor dans sa plage linéaire ($R_1 = 850 [\Omega]$ et $R_2 = 731 [\Omega]$).

Les graphiques (Au chapitre 4.2.2) montrent une tendance linéaire avec une faible pente, ce qui valide l'opération du transistor dans sa plage linéaire et confirme le rôle du circuit dans la régulation de la tension.

Cependant, un décalage vertical constant a été observé entre les mesures et la simulation, entraînant le dépassement de la plage TTL maximale lorsque l'alimentation V_{S1} est réglée à 13 [V]. Ce décalage est attribué à l'hypothèse selon laquelle le gain en courant β réel du transistor est supérieur à la valeur minimale ($\beta = 160$) utilisée pour les calculs. Ce gain plus élevé réduit le courant de base (I_B), augmentant ainsi la tension V_B et par conséquent V_E .

L'objectif de régulation a été atteint avec succès, mais la contrainte (limite 5,25 [V]) n'a pas été respectée en raison de ce décalage justement.

5.1 Difficultés et améliorations

La principale difficulté a résidé dans la désignation des grandeurs extrêmes pertinentes pour le calcul de la résistance R_1 .

Une approche exclusivement mathématique (purement algébrique) a initialement conduit à des incohérences, se manifestant par une valeur de résistance R_1 négative. Ce résultat, physiquement impossible, a nécessité de réorienter la démarche vers une réflexion sur le comportement physique réel du circuit.

Améliorations possibles

Pour compenser la tension de sortie excessive observée à 13 [V], il aurait été nécessaire de refaire le dimensionnement en utilisant une valeur de β plus élevée (plus proche de la valeur typique ou médiane du BC337-25, par exemple $\beta = ((160 + 400) / 2 = 280)$) afin d'abaisser la tension V_B résultante et de ramener V_E dans la plage TTL (4,75 [V] à 5,25 [V]).

Une autre amélioration serait d'utiliser un pont diviseur dont le courant est plus élevé (facteur 10 par exemple) pour rendre V_B encore plus stable et moins dépendant de la variation du gain.

Lausanne, le 10.11.25

Sebastian Schneider

Mermoud Valentin

6 Annexes

6.1 Liste de matériel

Désignation	Type	Commentaire	Fournisseur
T1	Transistor bipolaire	BC337-25 NPN	STOCK-ES
R1	Résistance	850Ω	STOCK-ES
R2	Résistance	731Ω	STOCK-ES
Rch	Résistance	Voir tableau Rch	STOCK-ES

Autres résistances utilisées (Voir tableau au point 6.3) : 10 [Ω], 15 [Ω], 20 [Ω], 22 [Ω], 39 [Ω], 91 [Ω], 100 [Ω], 200 [Ω], 240 [Ω], 300 [Ω], 350 [Ω], 470 [Ω], 510 [Ω].

Liste d'instruments

Désignation	Type	Marque	N°inventaire
VS1	Alimentation de laboratoire	Gw Instek GPS-3303	ES.SLO1.00.02.11 / R112-02
P1	Multimètre (réglé en ampèremètre)	Gw Instek GDM-396	ES.SLO1.00.04.35 / R112-02
P2	Multimètre (réglé en voltmètre)	Gw Instek GDM-396	ES.SLO1.00.04.18 / R112-02

6.2 Valeurs prises de la datasheet du transistor

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector – Emitter Voltage	V_{CEO}	45	Vdc
Collector – Base Voltage	V_{CBO}	50	Vdc
Emitter – Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	800	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

Figure 10 - Valeurs maximales admises dans le fonctionnement normal du transistor

ON CHARACTERISTICS

DC Current Gain ($I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$)	BC337 BC337-25	h_{FE}	100 160	-	630 400	-
---	-------------------	----------	------------	---	------------	---

Figure 11 - Gain en courant du transistor (h_{FE})

6.3 Tableau des résistances de charge (Rch)

	@10[mA]	@15[mA]	@20[mA]	@25[mA]
@12[V]	470[Ω] + 10[Ω]	300[Ω] + 20[Ω]	200[Ω] + 39[Ω]	100 Ω + 91[Ω]
@13[V]	510[Ω] + 15[Ω]	350[Ω]	240Ω + 22[Ω]	200[Ω] + 10[Ω]

6.4 Première simulation de Vbe

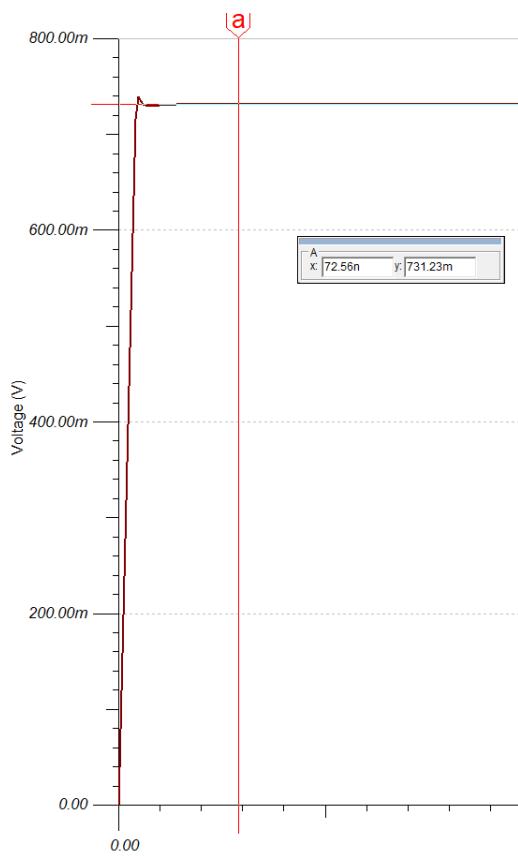


Figure 12 - Tension Vbe @10 [mA] et 12[V]

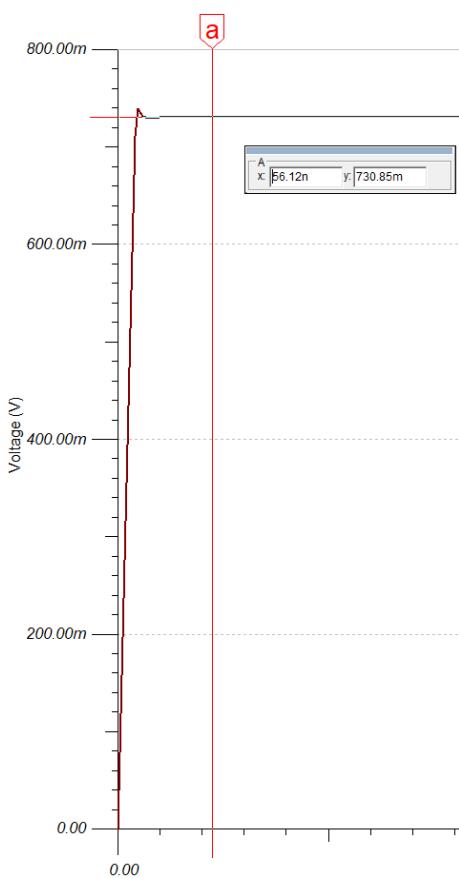


Figure 13 - Tension Vbe @ 10 [mA] et 13[V]

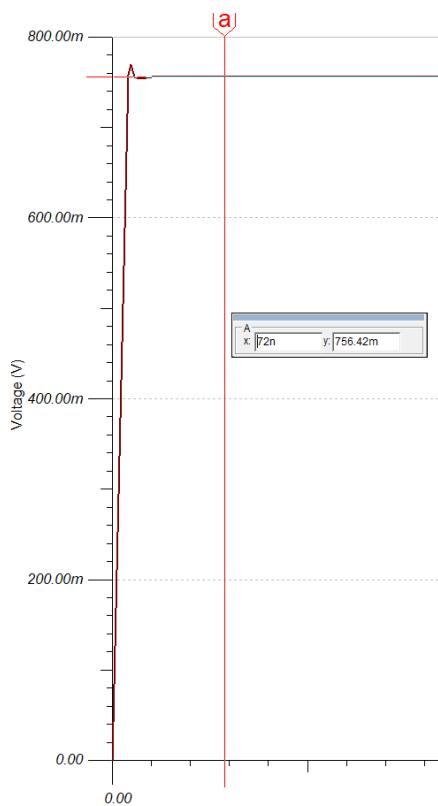


Figure 14 - Tension Vbe @25 [mA] et 12 [V]

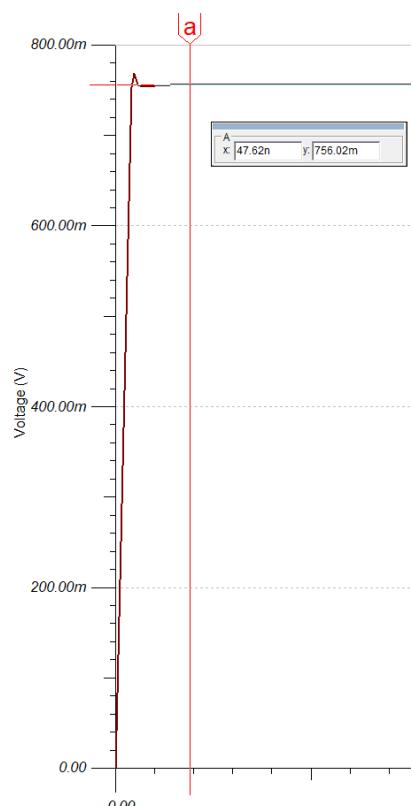


Figure 15 - Tension Vbe @ 25 [mA] et 13 [V]

6.5 Calcul de la maille

Les tensions dans maille que l'on trouve :

$$V_{th} - V_{RTH} - V_{BE} - V_E = 0$$

Les valeurs connues

Le courant I_B traversant la résistance R_{TH} qui nous permet de trouver la tension U_{RTH} : $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$.

Et la tension V_{th} : $V_{th} = VS1 * (\frac{R2}{R1 + R2})$.

$$(1) \quad V_{th} - V_{RTH} - V_{BE} - V_E = 0$$

$$(2) \quad VS1 * (\frac{R2}{R1 + R2}) - \frac{R1 * R2}{R1 + R2} * \frac{I_E}{(\beta + 1)} - V_{BE} - V_E = 0$$

$$(3) \quad (\frac{R2}{R1 + R2})(VS1 - R1 * \frac{I_E}{(\beta + 1)}) - V_{BE} - V_E = 0$$

$$(4) \quad V_{BE} + V_E = (\frac{R2}{R1 + R2})(VS1 - R1 * \frac{I_E}{(\beta + 1)})$$

$$(5) \quad \frac{V_{BE} + V_E}{(VS1 - R1 * \frac{I_E}{(\beta + 1)})} = (\frac{R2}{R1 + R2})$$

6.6 Développement du calcul de R1

$$(1) \quad \frac{V_{BE} + V_E(\min)}{(VS1(\min) - R1 * \frac{I_E(\max)}{(\beta + 1)})} = \frac{V_{BE} + V_E(\max)}{(VS1(\max) - R1 * \frac{I_E(\min)}{(\beta + 1)})}$$

$$(2) \quad \frac{0.744 + 4.75}{(12 - \frac{R1 * 25 * 10^{-3}}{(160 + 1)})} = \frac{0.744 + 5.25}{(13 - \frac{R1 * 10 * 10^{-3}}{(160 + 1)})}$$

$$(3) \quad \frac{5.49}{(12 - R1 * 155 * 10^{-6})} = \frac{5.99}{(13 - R1 * 62.1 * 10^{-6})}$$

$$(4) \quad (12 - R1 * 155 * 10^{-6}) * 5.99 = (13 - R1 * 62.1 * 10^{-6}) * 5.49$$

$$(5) \quad 12 * 5.99 - R1 * 155 * 10^{-6} * 5.99 = 13 * 5.49 - R1 * 62.1 * 10^{-6} * 5.49$$

$$(6) \quad 71.9 - 71.4 = -R1 * 62.1 * 10^{-6} * 5.49 + R1 * 155 * 10^{-6} * 5.99$$

$$(7) \quad 0.5 = R1 * (155 * 10^{-6} * 5.99 - 62.1 * 10^{-6} * 5.49)$$

$$(8) \quad \frac{0.5}{(155 * 10^{-6} * 5.99 - 62.1 * 10^{-6} * 5.49)} = R1 = 851 [\Omega]$$

6.7 Développement du calcul de R2

$$(1) \quad \frac{0.744 + 4.75}{(12 - \frac{851 * 25 * 10^{-3}}{(160 + 1)})} = (\frac{R2}{851 + R2})$$

$$(2) \quad \frac{5.49}{(12 - 851 * 155 * 10^{-6})} = (\frac{R2}{851 + R2})$$

$$(3) \quad (12 - 851 * 155 * 10^{-6}) * R2 = (851 + R2) * 5.49$$

$$(4) \quad R2(11.87 - 5.49) = 851 * 5.49$$

$$(5) \quad R2 = \frac{851 * 5.49}{11.87 - 5.49} = 732 [\Omega]$$

Ici les valeurs du cas avec la tension d'alimentation à 12 [V] sont utilisées. Cependant comme il y l'égalité entre les deux cas de tensions d'alimentation (12 et 13 [V]), dans ce calcul les valeurs avec l'alimentation à 13 [V] pourraient également être utilisées, cela reviendrait au même.

6.8 Simulations avec VS1 réglé à 12 [V]

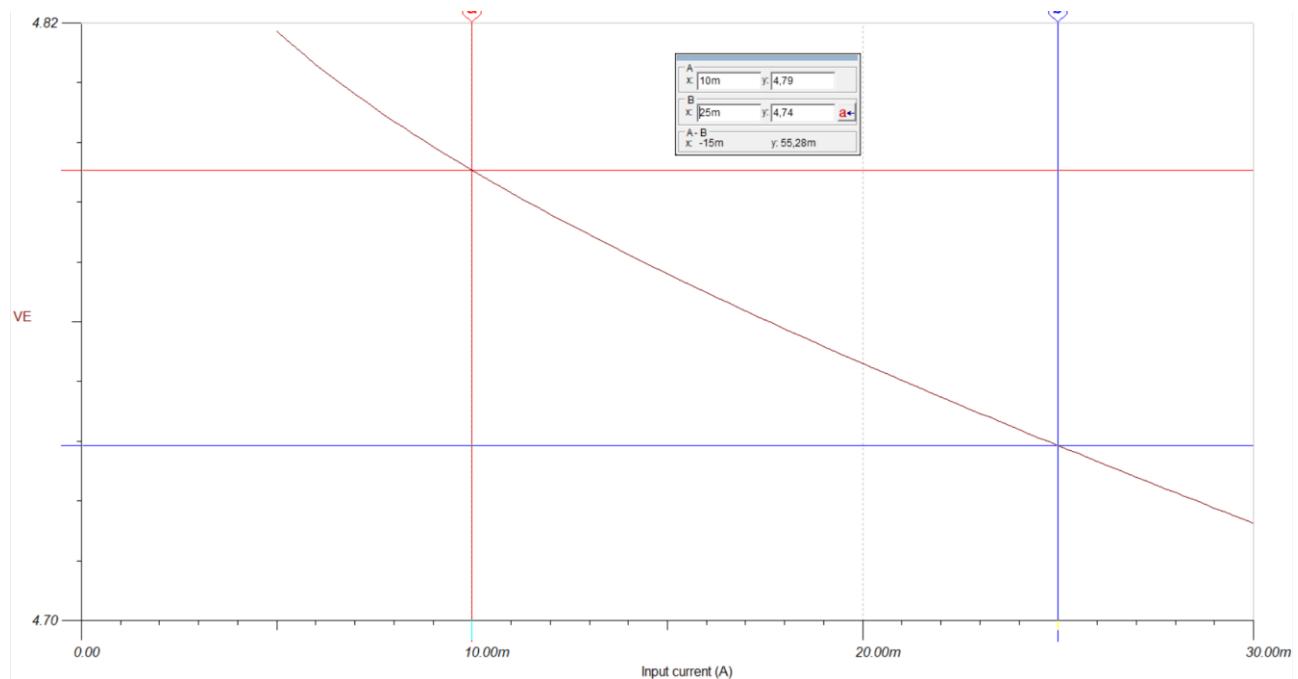


Figure 16 – 12[V] mesure @10[mA] et 25[mA] (DC transfer characteristic)

Le curseur de gauche en rouge (A), réglé à 10 [mA], la tension V_E est mesurée à 4.79 [V].
Le curseur de droite en bleu (B), réglé à 25 [mA], la tension V_E est mesurée à 4.74 [V].

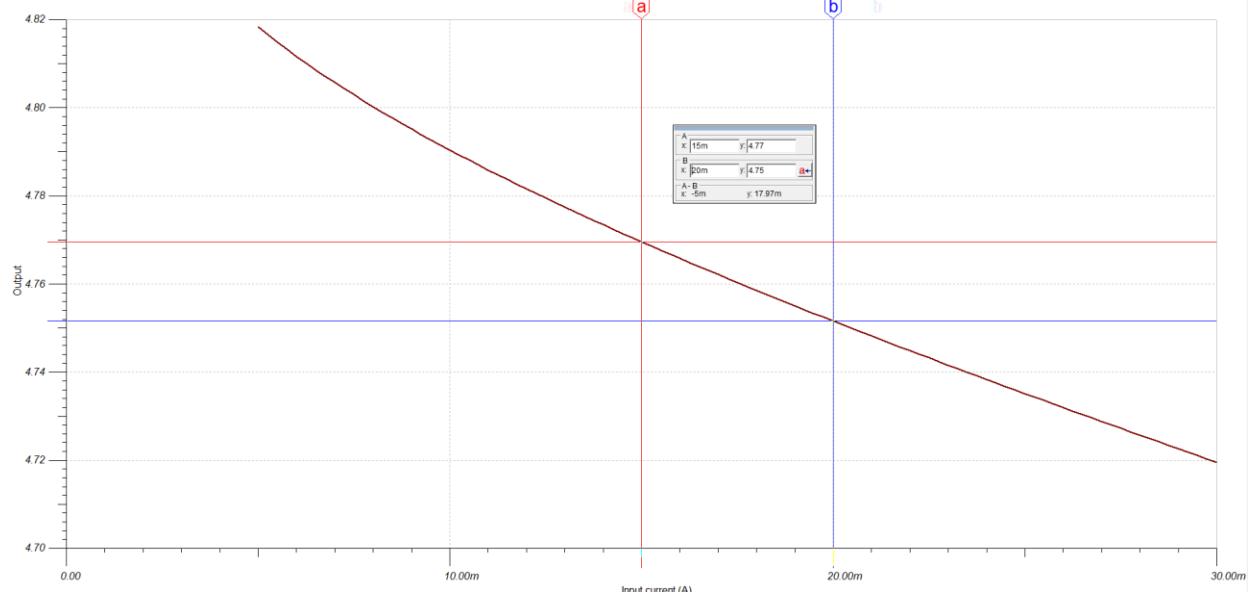


Figure 17 – 12[V] mesure @15[mA] et 20[mA] (DC transfer characteristic)

Le curseur de gauche en rouge (A), réglé à 15 [mA], la tension V_E est mesurée à 4.77 [V].
Le curseur de droite en bleu (B), réglé à 20 [mA], la tension V_E est mesurée à 4.75 [V].

6.9 Simulations avec VS1 réglé à 13 [V]

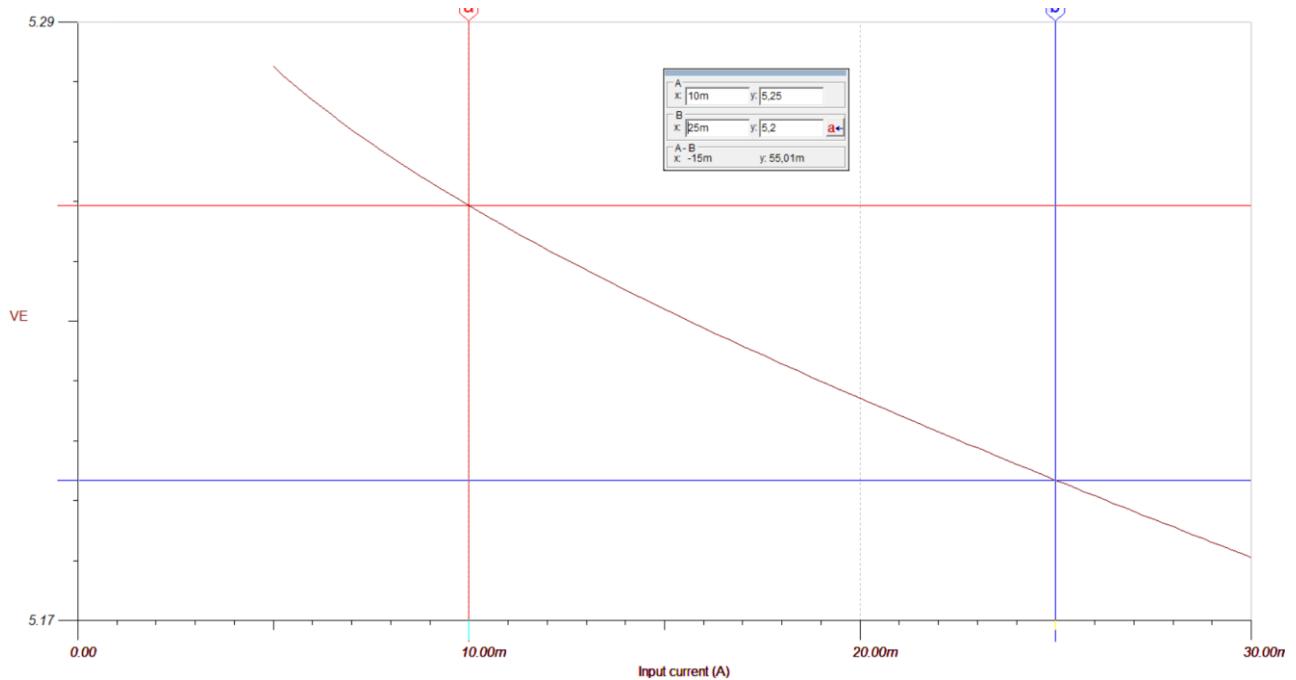


Figure 18 – 13[V] mesure @10[mA] et 25[mA] (DC transfer characteristic))

Le curseur de gauche en rouge (A), réglé à 10 [mA], la tension V_E est mesurée à 5.25 [V].
Le curseur de droite en bleu (B), réglé à 25 [mA], la tension V_E est mesurée à 5.2 [V].

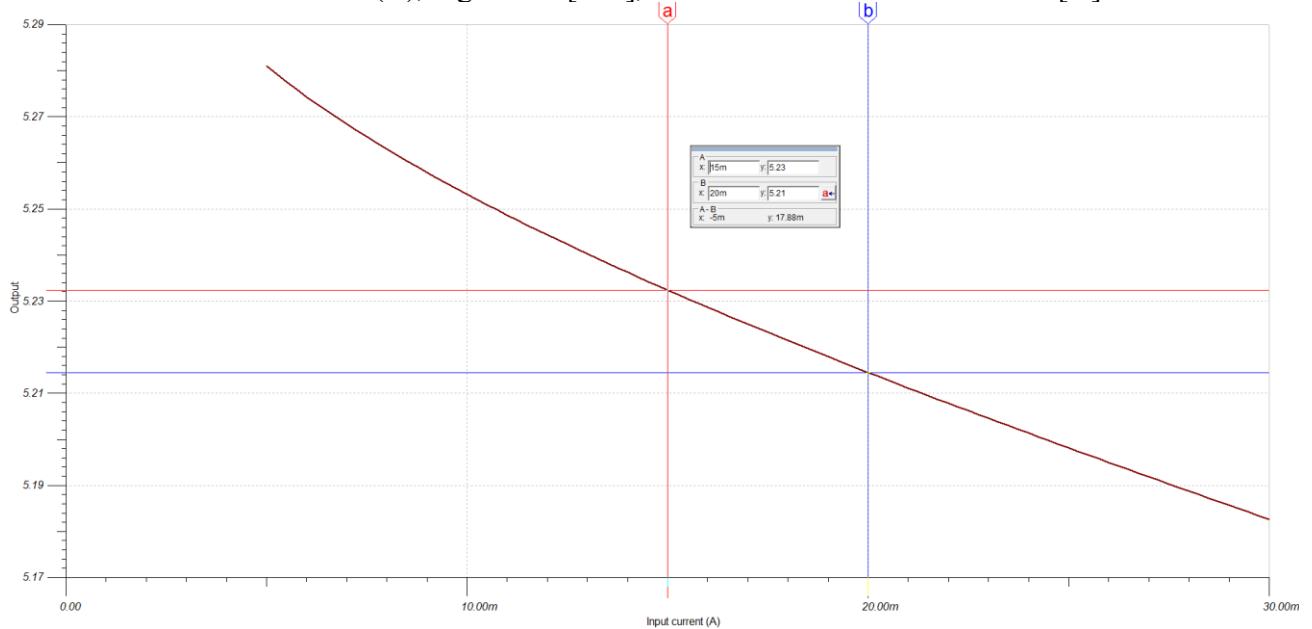


Figure 19 13[V] mesure @15mA et 20mA (DC transfer characteristic)

Le curseur de gauche en rouge (A), réglé à 15 [mA], la tension V_E est mesurée à 5.23 [V].
Le curseur de droite en bleu (B), réglé à 20 [mA], la tension V_E est mesurée à 5.21 [V].

7 Références

Théorie du cours : \ETML_SLO - Supports de cours\SL132_ELAN\Theorie\ELAN-Ch2_Transistors (v1.8).pdf

Précision des mesures : \SL132_ELAN\TPPrécisionMesureOscillo v2b.pdf

Guides rédactionnels :

<http://www.cmefe.ch/cours/Notes/CMEFE-rapportscientifique.pdf>

https://accros.etsmtl.ca/Rapports/findetudes/rapport_fin_etudes/guide_structure.pdf

https://loop.gel.ulaval.ca/fileadmin/documents/Liens_utiles/Guide_redaction_V2004.pdf

Outil d'assistance (« IA ») :

Un outil de traitement linguistique fondé sur un modèle de langage de grande taille¹ développé par Google a été utilisé pour assister à la relecture et à la mise en forme du présent rapport.

Son intervention s'est strictement limitée à la reformulation et la synthèse des documents et données de référence fournis (Les guides rédactionnels notamment).

Aucun contenu ajouté ne provient de sources extérieures à celles utilisées dans le cadre de ce travail.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Grand_mod%C3%A8le_de_langage

¹