

Rapport de laboratoire

Ecole supérieure
Électronique

Laboratoire SLO1
Salle N112

Amplificateur en émetteur commun

Réalisé par :

Pouly Steeve
Mermoud Valentin

A l'attention de :

M. Moreno
M. Bovey

Dates :

Début du laboratoire : 10 novembre 2025
Fin du laboratoire : 8 décembre 2025

Table des matières :

1	Cahier des charges.....	5
2	Schéma	5
3	Dimensionnements	5
4	Simulation	11
4.1	Schéma de simulation	11
4.2	Méthode de mesure simulation	11
4.2.1	Paramètre de simulation mesure du Gain effectif	11
4.2.2	Paramètre de simulation linéarité du signal.....	11
4.2.3	Paramètre des composants.....	11
4.3	Tableaux méthodiques des mesures de simulation	12
4.4	Résultat de simulation.....	12
4.4.1	Mesure du Gain effectif.....	12
4.4.2	Mesure linéarité	13
5	Mesures	14
5.1	Liste matérielle	14
5.2	Mesure conditions de repos	15
5.2.1	Schéma de mesure conditions de repos	15
5.2.2	Méthode de mesures conditions repos.....	15
5.2.2.1	Réglages des appareils pour la mesure.....	15
5.2.2.2	Tableaux méthodiques des mesures	15
5.2.3	Analyse des résultats condition de repos.....	16
5.3	Diagrammes de bode	17
5.3.1	Schéma de mesure bode	17
5.3.2	Méthode de mesures bode	17
5.3.2.1	Réglages des appareils pour la mesure.....	17
5.3.2.2	Tableaux méthodiques des mesures	17
5.3.3	Analyse des résultats diagramme de bode.....	18
5.3.3.1	Diagramme de bode en amplitude.....	18
5.3.3.2	Diagramme de bode en phase	19
5.4	Impédances	20
5.4.1	Schéma de mesure	20
5.4.2	Méthode de mesures Impédance	20
5.4.2.1	Réglages des appareils pour la mesure.....	20
5.4.2.2	Tableaux méthodiques des mesures	20
5.4.3	Analyse des résultats Impédance.....	21
6	Conclusion	21
7	Annexe	22
7.1	Mesure diagrammes de bode	22
7.1.1	Tableau de mesure diagramme de bode :	22
7.1.2	Signaux de mesure diagramme de bode :	22

1 Cahier des charges

Concevoir et dimensionner un amplificateur en émetteur commun répondant au CDC afin d'en comprendre sa conception.

Vérifier son bon fonctionnement en comparant les mesures calculées, simulées et mesurées.

2 Schéma

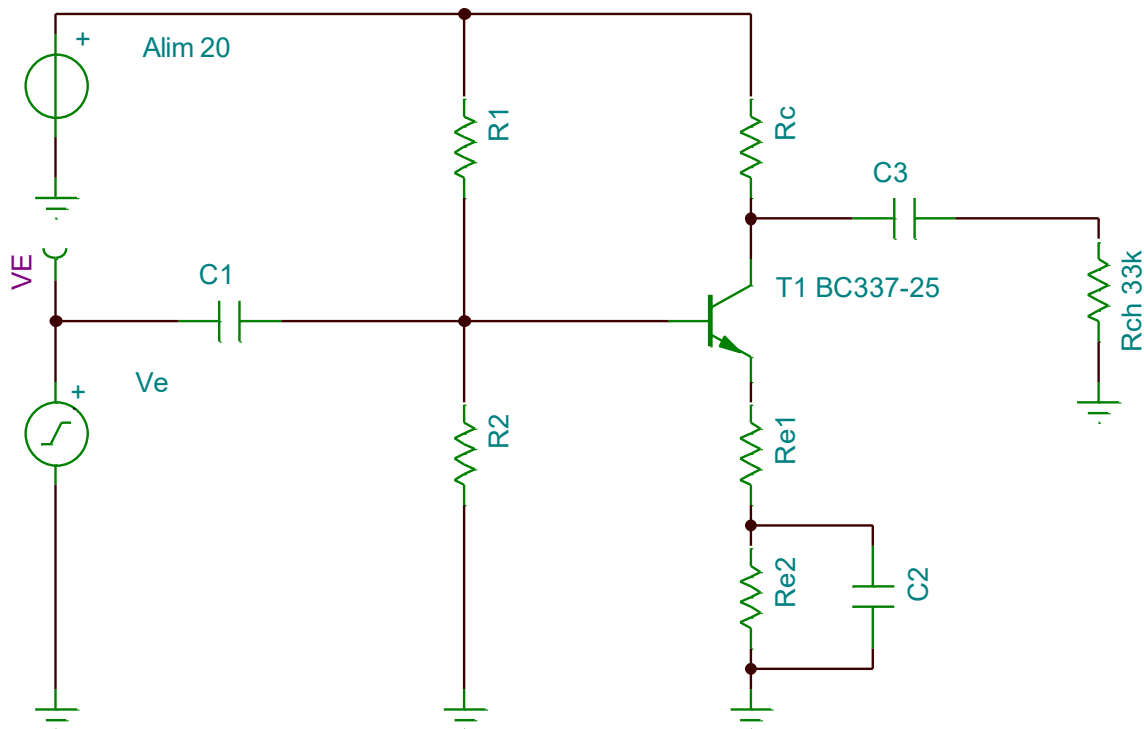


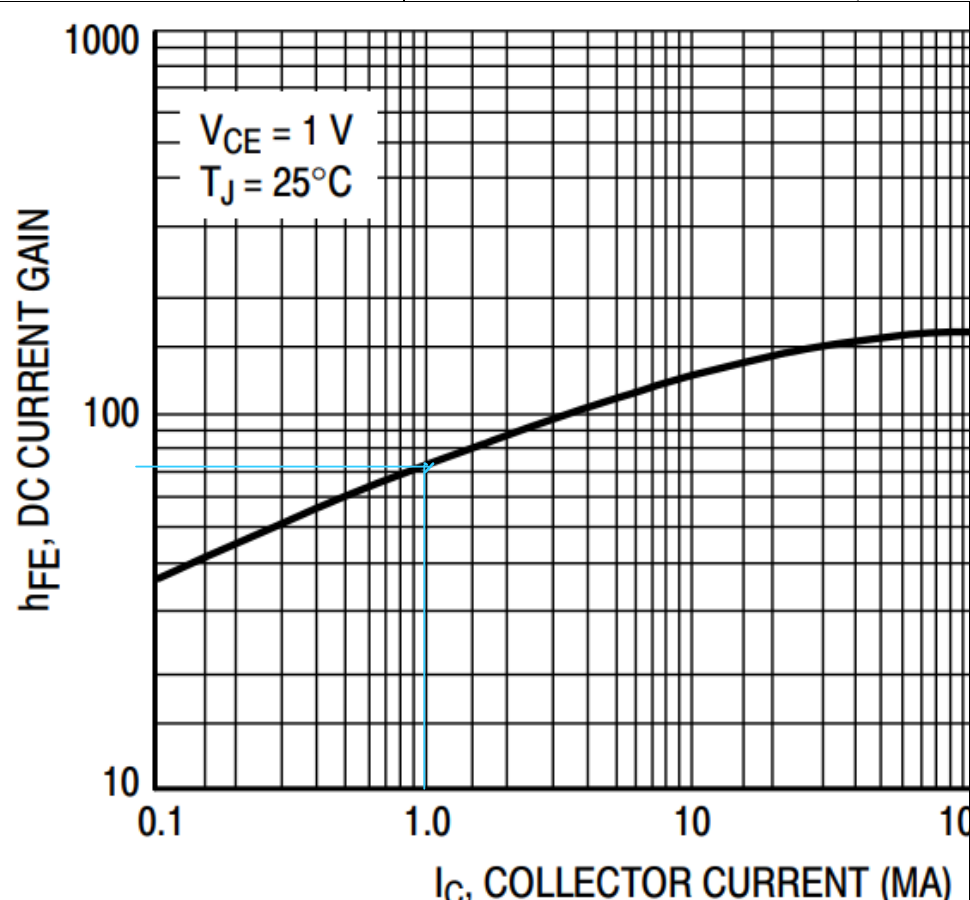
Figure 1 Schéma théorique sans valeur de composant réaliser avec le logiciel Tina

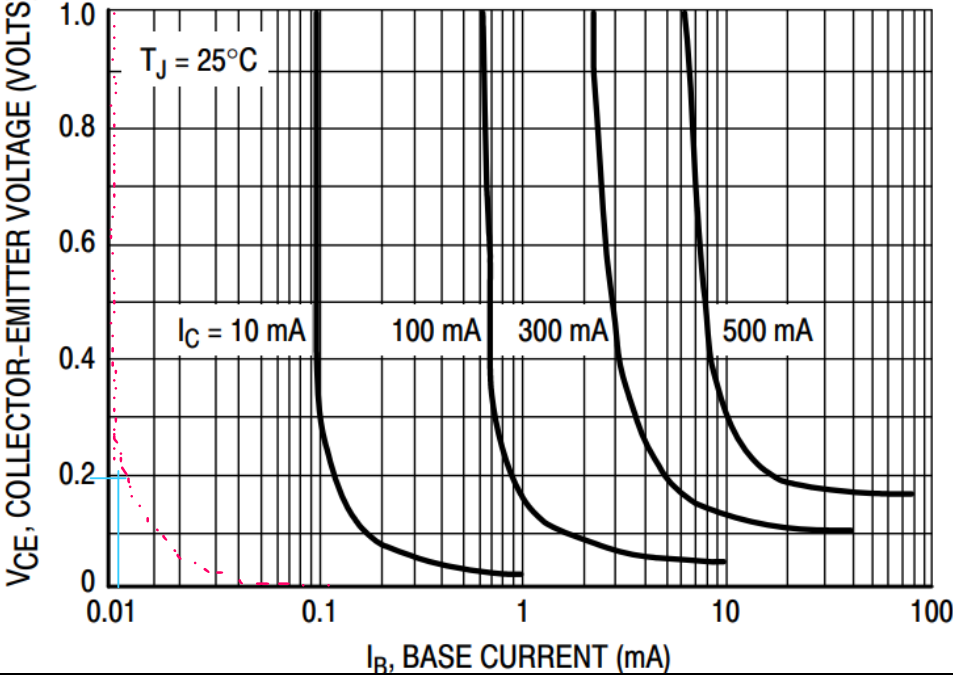
3 Dimensionnements

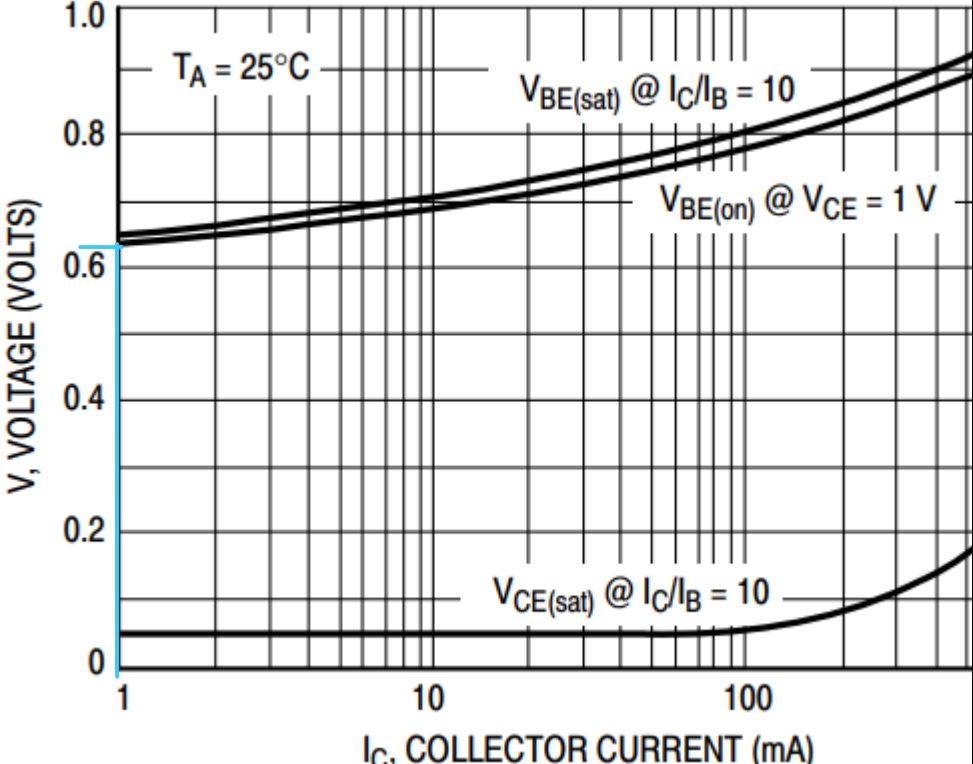
Valeurs données :

- $V_{lim} = 20[V]$
- $V_E = 2[V]$
- Gain en tension ≥ 30 (sans charge), Gain choisi 40[-]
- $I_{c\ repos} = I_e = 1[mA]$
- $R_L = 33[k\Omega]$
- Fréquence de coupure $\leq 100[Hz]$, fréquence choisi $f_c = 80[Hz]$

Calcul de Re		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$I_e = \frac{V_e}{R_e + r_e}$		$R_e = (R_{e1} + R_{e2})$
$I_e = \frac{V_e}{R_e + \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_e}}$		Transformation de formule
$R_e = \frac{V_e}{I_e} - \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_e}$	$R_e = \frac{2}{1 \cdot 10^{-3}} - \frac{25 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 1975[\Omega] = \underline{1.98[k\Omega]}$	

Calcul de Rc		
Résolution littérale	Analyse	Remarque
$V_{Rc} = \frac{V_{cc} - V_{sat} - V_e}{2}$		Calcul tension sur Rc
	Pour trouver Vsat, il faut se fier aux tableaux de mesures figurant dans le datasheet du constructeur (On Semiconductor)	
		Recherche du béta minimum (Bmin) selon le Ic, pour trouver Ib. Valeur trouvé <u>75[-]</u>
$I_b = \frac{I_e}{B_{min}}$	$I_b = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{75} = \underline{13.3[uA]}$	Recherche de Ib pour trouver Vsat

		<p>Recherche de V_{sat} selon I_b. V_{sat} vaut <u>200[mV]</u> selon l'hypothèse en rouge du graphique.</p>
$VRc = \frac{V_{cc} - V_{sat} - V_e}{2}$	$VRc = \frac{20 - 200 \cdot 10^{-3} - 2}{2} = \underline{8.9[V]}$	<p>Calcul de VRc avec toutes les valeurs obtenues ci-dessus</p>
$Rc = \frac{VRc}{I_e}$	$Rc = \frac{8.9}{1 \cdot 10^{-3}} = \underline{8.9[k\Omega]}$	<p>Calcul de Rc</p>
$Rc = RcE24$	$Rc = \underline{5.6[k\Omega]} + \underline{3.3[k\Omega]} = 8.9[k\Omega]$	<p>Dimensionnement de Rc pour le montage avec des résistances série E24</p>

Calcul de R2		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$R2 = \frac{V_e - V_{be}}{I_{R2}}$		Calcul de R2
		<p>On recherche Vbe pour calculer R2. On obtient environ 650[mV] pour un Ib de 1[mA].</p> <p>La mesure se faisant à Vce = 1[V] alors que nous, nous avons 2[V] sur notre montage. On choisit de négliger ce détail pour simplifier la suite de nos calculs.</p>
$I_{R2} = I_b * 20 - I_b$	$I_{R2} = 13.3 * 10^{-6} * 20 - 13.3 * 10^{-6} = 253[\mu A]$	On fait fois 20 au courant Ib pour obtenir une polarisation robuste
$R2 = \frac{V_e + V_{be}}{I_{R2}}$	$R2 = \frac{2 + 650 * 10^{-3}}{253 * 10^{-6}} = 10.45[k\Omega] = 10.5[k\Omega]$	Calcul de R2 avec toutes les valeurs obtenues ci-dessus
$R2 = R2E24$	$R2 = 6.2[k\Omega] + 4.3[k\Omega] = 10.5[k\Omega]$	Dimensionnement de R2 pour le montage avec des résistances série E24

Calcul de R1		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$R1 = \frac{V_{cc} - (V_e + V_{be})}{IR1}$		Calcul de R1
$IR1 = 20 * I_b$	$IR1 = 20 * 13.3 * 10^{-6} = \underline{267[\mu A]}$	Calcul de IR1. On fait fois 20 au courant Ib pour obtenir une polarisation robuste.
$R1 = \frac{V_{cc} - (V_e + V_{be})}{IR1}$	$R1 = \frac{20 - (2 + 650 * 10^{-3})}{267 * 10^{-6}} = \underline{65.1[k\Omega]}$	Calcul de R1 avec toutes les valeurs obtenues ci-dessus
$R1 = R1E24$	$R1 = \underline{56[k\Omega]} + \underline{9.1[k\Omega]} = 65.1[k\Omega]$	Dimensionnement de R1 pour le montage avec des résistances série E24

Calcul de Re1		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$Re1 = \frac{-R_c'}{AV} - re$		$R_c' = R_c // R_{ch}$
$Re1 = \frac{-\frac{1}{\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{ch}}}}{AV} - \frac{25 * 10^{-3}}{I_e}$	$Re1 = \frac{-\frac{1}{\frac{1}{8.9 * 10^3} + \frac{1}{33 * 10^3}}}{-40} - \frac{25 * 10^{-3}}{1 * 10^{-3}} = \underline{150[\Omega]}$	

Calcul de Re2		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$Re2 = Re - Re1$	$Re2 = 1.98 * 10^3 - 150 = \underline{1.83[k\Omega]}$	
$Re2 = Re2E24$	$Re2 = \underline{1.5k\Omega} + \underline{330\Omega} = 1.83[k\Omega]$	Dimensionnement de Re2 pour le montage avec des résistances série E24

Calcul de C2		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$X_{c2} = \frac{Re1 + re}{100}$	$X_{c2} = \frac{150 + 25}{100} = 1.75[\Omega]$	Calcul de Xc2 pour une erreur de 1%
$C2 = \frac{1}{2 * \pi * f_c * X_{c2}}$	$C2 = \frac{1}{2 * \pi * 80 * 1.75} = \underline{1.14[mF]}$	Calcul de C2 avec la fréquence de coupure choisi à 80[Hz]
$C2 = C2E6$	$C2 = \underline{470[\mu F]} + \underline{680[\mu F]} = 1.15[mF]$	Dimensionnement de C2 pour le montage avec des condensateur parallèle E6

Calcul de C3		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$Zi = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{(Re1+re)*(Bmin+1)}}$	$Zi = \frac{1}{\frac{1}{65.1*10^3} + \frac{1}{10.5*10^3} + \frac{1}{(150+25)*(75+1)}} = 53.8[k\Omega]$	Calcul de l'impédance d'entrée
$Fc' = \frac{Fc}{\sqrt{2^{nbr\ de\ filtre}-1}}}$	$Fc' = \frac{80}{\sqrt{2^2-1}} = 124[Hz]$	Calcul de la fréquence de coupure (Fc') pour le filtre en négligeant C2, on obtient une fréquence de coupure trop haute
$Rapport = \frac{Fc}{Fc'}$	$Rapport = \frac{80}{124} = 0.643[-]$	Calcul du rapport obtenu avec la fréquence du filtre passe-bas
$Fc' = Fc * 0.643$	$Fc' = 80 * 0.643 = 51.5[Hz]$	Calcul d'une fréquence de coupure plus basse avec le rapport obtenu
$C3 = \frac{1}{2*\pi*Zi*fc'}$	$C3 = \frac{1}{2*\pi*53.8*10^3*51.5} = \underline{57.5[nF]}$	Calcul de C3 avec la fréquence de coupure dimensionnée précédemment pour ce filtre passe-haut
$C3 = C3E6$	$C3 = \underline{47nF} // \underline{10nF} = 57[nF]$	Dimensionnement de C3 pour le montage avec des condensateur parallèle E6 Lors de nous mesures, on aura une légère erreur de 0.87% que l'on peut se permettre de négliger

Calcul de C1		
Résolution littérale	Analyse numérique	Remarque
$C1 = \frac{1}{2*\pi*Fc'*Rcs}$		Rcs= Rc+Rch Fc' = fréquence de coupure filtre passe haut
$C1 = \frac{1}{2*\pi*Fc'*(Rc+Rch)}$	$C1 = \frac{1}{2*\pi*51.5*(8.9*10^3+33*10^3)} = \underline{260[nF]}$	
$C1 = C1E6$	$C1 = \underline{150[nF]} // \underline{100[nF]} // \underline{10[nF]} = 260[nF]$	Dimensionnement de C1 pour le montage avec des condensateurs parallèles E6

4 Simulation

4.1 Schéma de simulation

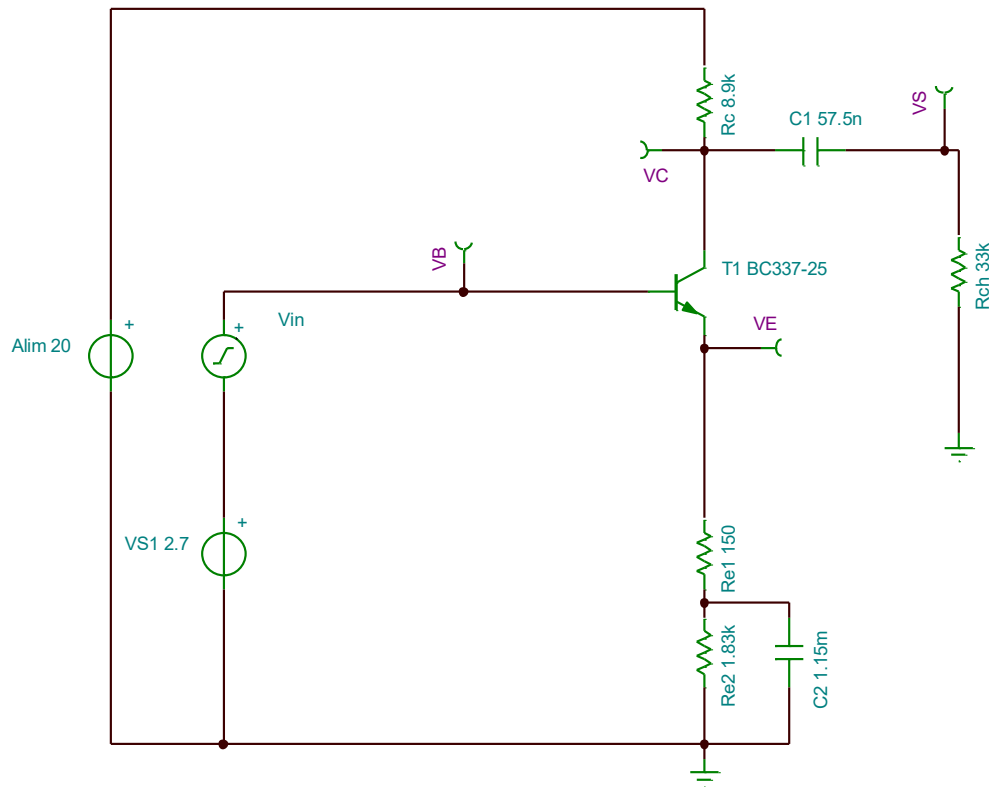


Figure 2 : schéma réalisée avec le logiciel Tina, seule les valeurs exactes des composants figurent sur ce schéma (il n'y a pas l'addition de chaque composant pour obtenir la valeur exacte).

4.2 Méthode de mesure simulation

4.2.1 Paramètre de simulation mesure du Gain effectif

Réglage UPolarisation	
@Vc 15V	1,75[V]
@Vc 7v	3.55[V]
@Vc plage utilisation	2.9[V]

La plage d'utilisation est à 10[V]

Ces valeurs ont été trouvées par tâtonnement, vérification des valeurs au point 4.4

4.2.2 Paramètre de simulation linéarité du signal

Réglage UPolarisation	
@Vc dynamique	2.7[V]

Amplitude Vin : 200 [mV]

4.2.3 Paramètre des composants

Les paramètres des composants sont ceux par default (paramètre quand composant mis sur le schéma)

4.3 Tableaux méthodiques des mesures de simulation

Méthodologie de mesure		
N°	Etapes	Remarques
Mesure Gain effectif		
1	Régler la U de polarisation, vérifier que Vc = condition	
2	Relever VS	
Mesure Linéarité		
1	Régler la U de polarisation à la plage d'utilisation	U polarisation 2.7 [V]
2	Régler le générateur de fonction à la forme, fréquence et amplitude voulue	Amplitude choisie : 100[mV]
3	Observer le signal de sortie	

4.4 Résultat de simulation

4.4.1 Mesure du Gain effectif

Conditions	@Vc 15V	@Vc 7v	@Vc plage utilisation
Uin	5 [mV]	5 [mV]	5 [mV]
VS	-168.5 [mV]	-192.7 [mV]	-188 [mV]

	@Vc 15V	@Vc 7v	@Vc plage utilisation
Gain Av [-]	-33.7	-38.5	-37.6

Formules Gain $A_v = \frac{VS}{U_{in}}$

Vérification du Gain par calcul :

Formules Gain A_v théorique = $\frac{-\frac{1}{Re1+Rch}}{\frac{1}{Re1+re}} = \frac{-\frac{1}{8.9E3+33E3}}{\frac{1}{150+25}} = -40.1 \rightarrow$ les Gain simulés sont inférieurs au Gain théorique mais ils sont très proche d'environ 3[-] à 7[-].

4.4.2 Mesure linéarité

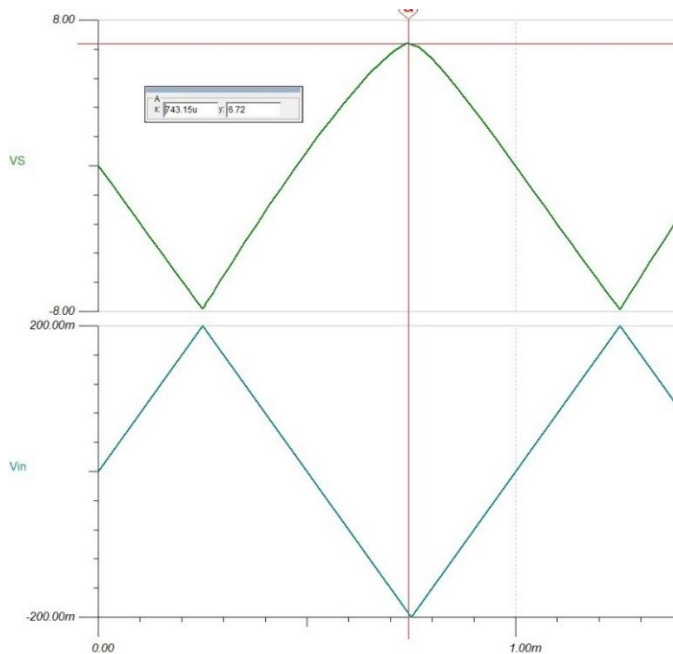


Figure 3 Mesure de linéarité avec le logiciel Tina

À une amplitude d'entrée de 200[mV] nous devrions avoir -8 [V] sur VS, cependant nous avons 6.72 [V]. Cela montre que notre signal de sortie commence déjà à se décréter. On constate aussi que le haut du signal VS est légèrement arrondi ce qui indique que le signal est effectivement à la limite de décréter.

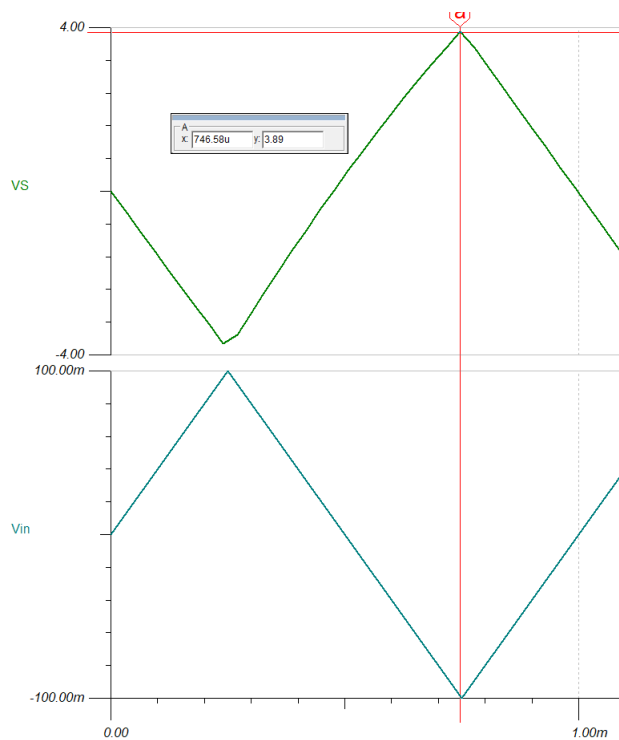


Figure 4 : Mesure de linéarité avec le logiciel Tina

À une amplitude d'entrée de 100 [mV] nous devrions avoir -4 [V] sur VS, nous observons une :

5 Mesures

5.1 Liste matérielle

Instruments

Désignation	Marque	Type	Caractéristiques	No d'inventaire
G1	Sefram	6330	Alimentation	ES.SLO1.02.03
G2	Gwinstek	AFG-2225	Générateur de fonction	ES.SLO1.04.00.22
P1	Tekronix	MDO34	Oscilloscope	ES.SLO1.04.00.42
P2	Gwinstek	RS232C	Voltmètre	R112-03

Matériel

Désignation	Marque	Type	Caractéristiques	Fournisseur
R1	-	Resistance	65.1k	-
R2	-	Resistance	10.5	-
Re1	-	Resistance	150	-
Re2	-	Resistance	1.83k	-
Rc	-	Resistance	8.9k	-
Rch	-	Resistance	33k	-
C1	-	Condensateur	260nF	-
C2	-	Condensateur	1.15mF	-
C3	-	Condensateur	57.5nF	-
T1	ON Semiconductor	Transistor	BC337-25	-

5.2 Mesure conditions de repos

5.2.1 Schéma de mesure conditions de repos

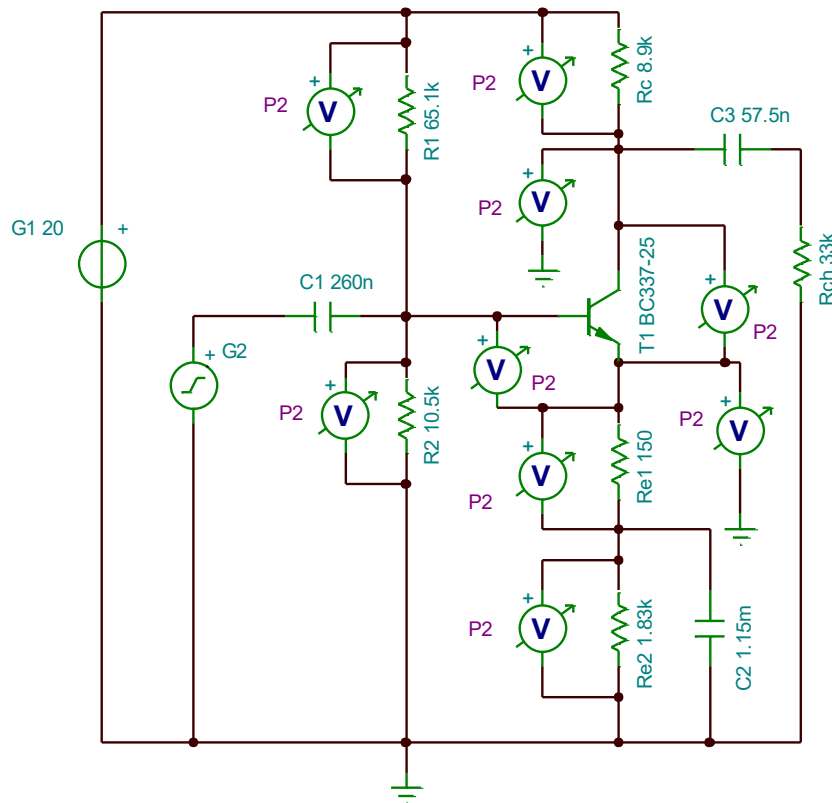


Figure 5 : Schéma réalisée avec le logiciel Tina, représentation des tous les points de mesure au voltmètre.

5.2.2 Méthode de mesures conditions repos

5.2.2.1 Réglages des appareils pour la mesure

Réglage du montage	
Tension Alimentation G1	20[V] DC
Tension du générateur G2	5[mVpp]
Fréquence	1[kHz]
Signal	Sinus
Offset	0[V]
Impédance sortie générateur G2	High impédance

5.2.2.2 Tableaux méthodiques des mesures

Méthodologie de mesure		
N°	Etapas	Remarques
1	Régler le montage selon les paramètres ci-dessus	Voir point 5.2.2.1
2	Mesurer les tensions sur chaque point mentionné dans le schéma ci-dessus ou dans le tableau comparatif des mesures figurantes plus bas dans ce rapport	Mesure au multimètre DC Tableau comparatif disponible au point 5.2.3

5.2.3 Analyse des résultats condition de repos

Tableau comparatif des valeur analysés					
Valeurs	Théorique [V]	Simulée [V]	Mesurée [V]	Erreur absolue Simulé [mV]	Erreur absolue Théorique [mV]
VR1 DC	17.35	17.34	17.25	10	100
VR2 DC	2.65	2.66	2.74	10	90
VRe1 DC	150m	190m	162m	40	12
VRe2 DC	1.85	1.81	1.98	40	130
VRc DC	8.9	8.7	9.59	200	690
Vc DC	11.1	11.31	10.38	210	720
Ve DC	2	2	2.141	0	141
VBE DC	650m	660m	604m	10	46
VCE DC	9.1	9.31	8.27	210	830

Erreur absolue théorique = Val.mesurée - val.théorique

Erreur absolue simulé = Val.simulé - val.théorique

Calcul théorique pour le comparatif des résultats :

$V_c = V_{cc} - V_{rc} = 20 - 8.9 = 11.1[V]$
$V_{ce} = V_c - V_e = 11.1 - 2 = 9.1[V]$
$V_{re2} = V_e * \frac{Re2}{Re2+Re1} = 2 * \frac{1.83k}{1.83*10^3+150} = 1.85[V]$
$V_{re1} = V_e - V_{re2} = 2 - 1.85 = 150[mV]$
$V_c = V_{cc} - V_{rc} = 20 - 8.9 = 11.1[V]$

On observe que le comparatif des erreurs entre les mesures théoriques et simulées sont plus petites qu'entre celles théoriques et mesurées.

On n'a pas une erreur qui dépasse de plus de 830[mV], la différence entre toute les mesures.

On a dû rajouter plusieurs composants en série et ou en parallèle afin de se rapprocher au plus près des valeurs calculées dans la partie théorique, ce qui peut induire avec en plus de la tolérance de chacun de ceux-ci, ces différences d'erreurs observés dans le tableau.

5.3 Diagrammes de bode

5.3.1 Schéma de mesure bode

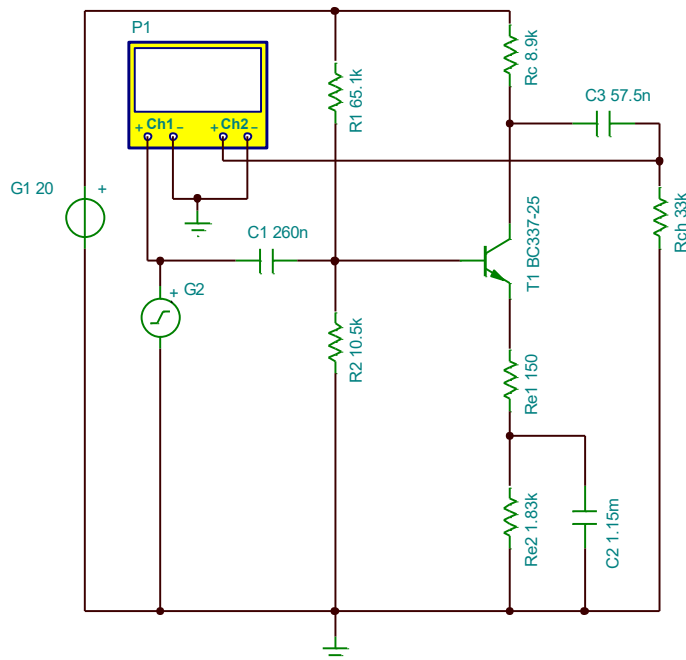


Figure 6 : schéma réalisée avec le logiciel Tina

5.3.2 Méthode de mesures bode

5.3.2.1 Réglages des appareils pour la mesure

Réglage du montage	
Tension Alimentation G1	20[V] DC
Tension du générateur G2	200[mVpp]
Fréquence	Selon tableau de mesure disponible en annexe
Signal	Sinus
Offset	0[V]
Impédance sortie générateur G2	High impédance

Tension du générateur régler à 200[mVpp] afin de mieux visualiser nos signaux.

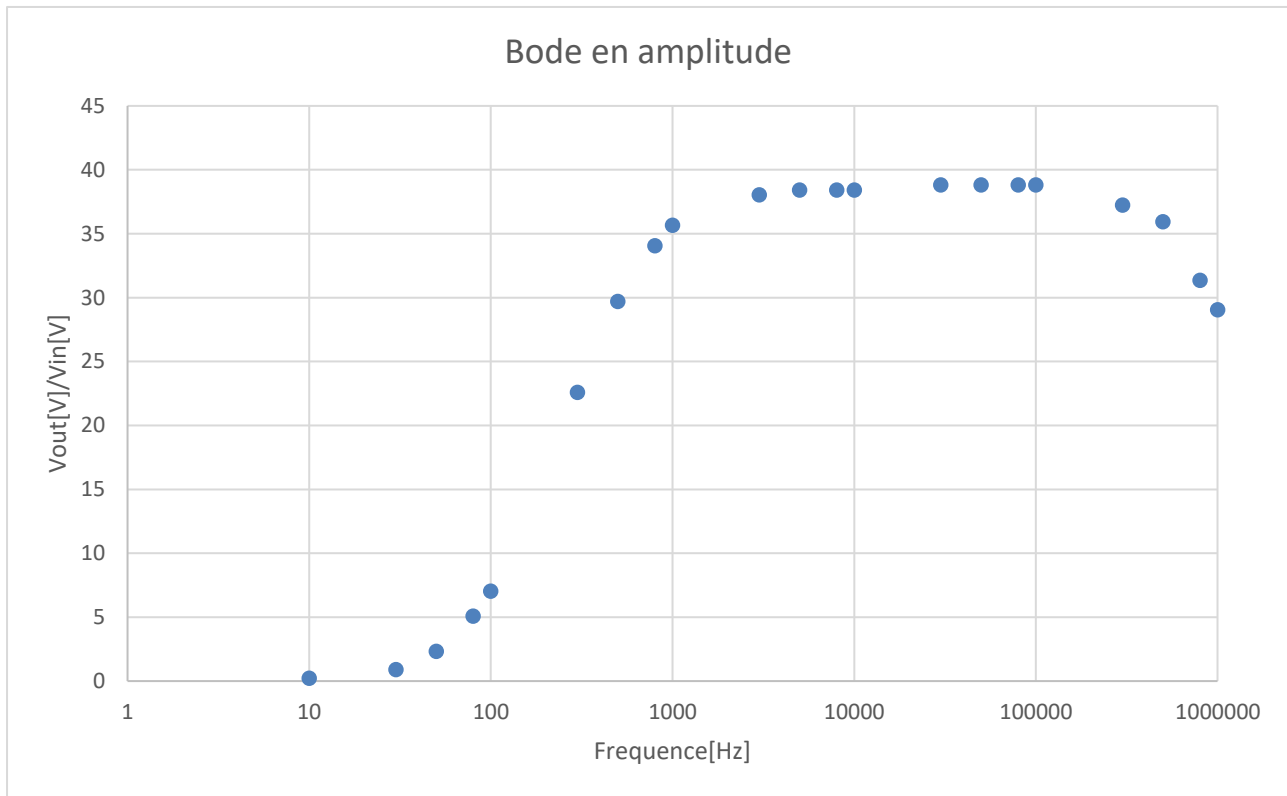
5.3.2.2 Tableaux méthodiques des mesures

Méthodologie de mesure		
N°	Etapes	Remarques
1	Régler le montage selon les paramètres ci-dessus.	Voir point 5.3.2.1
2	Afficher en même temps les signaux d'entrée et de sortie sur l'oscilloscope.	Sonde à connecter selon le schéma au point 5.3.1
3	Réaliser 2 mesures pour chaque fréquence réglée : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le delta de temps entre les signaux afin d'obtenir le diagramme en phase ➤ Les tensions des deux signaux pour le diagramme en amplitude 	Liste des fréquences à régler disponible dans le tableau de mesure en annexe.

4	Retransmettre ses valeurs dans le tableau des résultats sur Excel	
---	---	--

5.3.3 Analyse des résultats diagramme de bode

5.3.3.1 Diagramme de bode en amplitude



On observe qu'à la fréquence de 1[kHz], on commence à se stabiliser pour ensuite redescendre après 100[kHz].

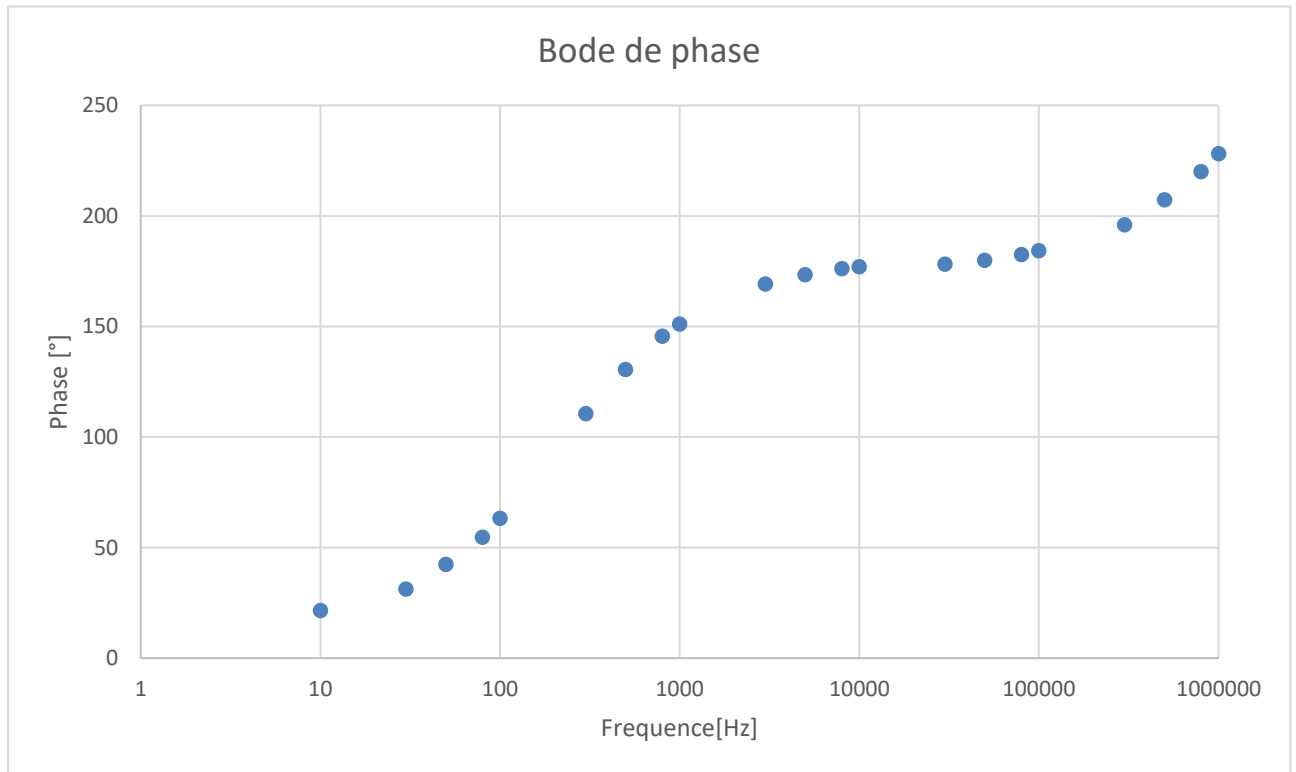
On voit qu'à basse fréquence entre 10 et 100[Hz] le gain ne varie pas énormément.

Cela est dû au condensateur des filtres qui à basse fréquence agissent comme un interrupteur ouvert.

A l'inverse à haute fréquence, ils sont comme un interrupteur fermé car leur impédance diminue avec la fréquence.

Sur notre diagramme à très haute fréquence le gain redescend car le condensateur agit de nouveau comme un interrupteur ouvert.

5.3.3.2 Diagramme de bode en phase



On observe que le déphasage de notre signal d'entrée par rapport à celui de la sortie est proportionnelle à l'augmentation en fréquence du signal.

Diagrammes réalisés selon le tableau de mesure disponible en annexe.

Afin d'avoir un aperçu des signaux mesurés les oscillogrammes 100-1k-10-100k-1MHz sont disponibles en annexe.

5.4 Impédances

5.4.1 Schéma de mesure

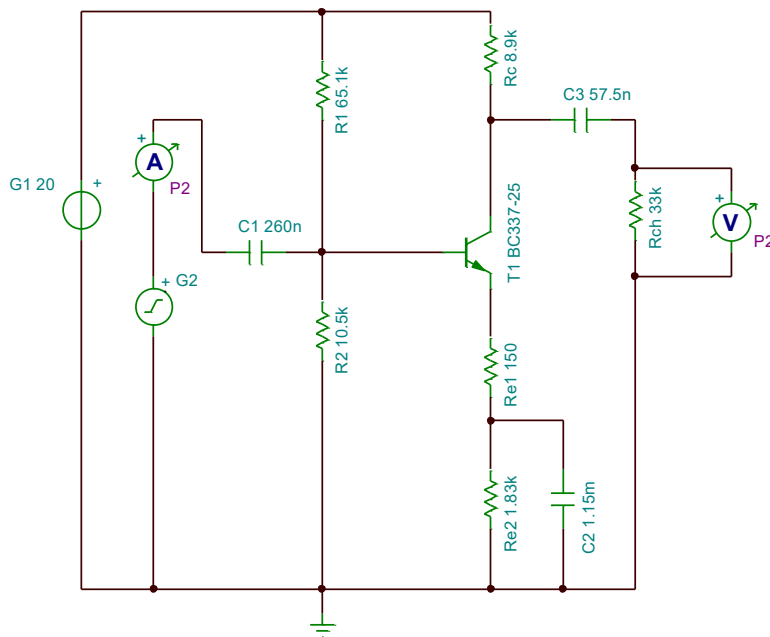


Figure 7 : Schéma réalisée avec le logiciel Tina

5.4.2 Méthode de mesures Impédance

5.4.2.1 Réglages des appareils pour la mesure

Réglage du montage	
Tension Alimentation G1	20V DC
Tension du générateur G2	200mVpp
Fréquence	1 [kHz]
Signal	Sinus
Offset	0v
Impédance sortie générateur G2	High impédance

5.4.2.2 Tableaux méthodiques des mesures

Méthodologie de mesure		
N°	Etapes	Remarques
1	Régler le montage selon les paramètres ci-dessus.	Voir point 5.4.2.1
2	Connecter les appareils de mesure selon le schéma de mesure	Voir point 5.4.1
3	Mesurer le Courant en sortie du générateur	
4	Mesurer la tension de sortie une fois à vide et une fois avec Rch	
4.1	Pour la tensions à vide, retirer Rch et mesurer	C3 doit avoir sa patte de sortie en l'air et non au GND
4.2	Pour la tensions avec Rch, mesurer sur la borne de Rch	

5.4.3 Analyse des résultats Impédance

Calcul théorique des impédances	
Zin théorique	$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{\beta(R_E + r_e)}} = \frac{1}{\frac{1}{65.1 \times 10^3} + \frac{1}{10.5 \times 10^3} + \frac{1}{75 \times (150 + 25)}} = 8.53 [k\Omega]$
ZOut théorique	$\approx R_C = 8.9 [k\Omega]$

Tableau des mesure				
Valeurs	Vin [mV]	Iin [uA]	VRch [V]	Voutvide [V]
	200	8.8	2.566	3.27

Mesure des impédances	
Zin Mesure	$\frac{U_{in}}{2 \times I_{in} \times \sqrt{2}} = \frac{200 \times 10^{-3}}{2 \times 8.8 \times 10^{-6} \times \sqrt{2}} = 8.035 [k\Omega]$
ZOut Mesure	$R_{ch} \times \left(\frac{V_{outvide}}{V_{Rch}} \right) - 1 = 33 \times 10^3 \times \left(\frac{3.27}{2.566} \right) - 1 = 8.988 [k\Omega]$

Observation :

On remarque que la Zin mesurée n'a pas la même valeur que celle calculée théoriquement mais elle reste dans la même plage de valeur (8 à 9 [kΩ]).

La Zout mesurée à presque la même valeur que la résistance Rc qui est de 8.9 [kΩ]

6 Conclusion

Pour le dimensionnement de notre montage, nous avons choisi un gain en tensions de 40 [-] et une fréquence de coupure de 80[Hz].

Les gains effectifs simulé sont proches du gain théorique, allant de -33.7 à -38.5 [-] (écart de 3 à 7 [-])

Pour la simulation de la linéarité du signal de sortie nous avons pu remarquer que le signal de sortie avait une valeur proche de celle théorique à Vin 100 [mV]. Mais nous avons aussi remarqué que quand Vin était à 200 [mV] le signal de sortie commençait à décroître.

Pour les mesures aux conditions de repos, on peut observer qu'entre les calculs théoriques et les valeurs de simulation, on observe une erreur absolue plus petite par rapport à celle entre les calculs théoriques et les valeurs mesurées.

Pour les mesures du diagramme de bode, on a pu observer qu'à la fréquence de 1[kHz], nos valeurs ont commencé à se stabiliser pour ensuite redescendre à partir de 100[kHz].

On a pu aussi remarquer qu'à basse fréquence (entre 10 et 100[Hz]) le gain ne varie pas énormément. Nous avons remarqué que le déphasage de notre signal d'entrée par rapport à celui de la sortie est proportionnelle à l'augmentation en fréquence du signal.

Pour la mesure de l'impédance d'entrée et de sortie, on a remarqué que la Zin mesurée n'a pas la même valeur que celle calculée théoriquement.

On a constaté que La Zout mesurée a presque la même valeur que la résistance Rc.

7 Annexe

7.1 Mesure diagrammes de bode

7.1.1 Tableau de mesure diagramme de bode :

frequence [Hz]	Vin [V]	Vout [V]	Δt [s]	Amplification [-]	phase [°]
10	0.083	0.018	0.006	0.217	22
30	0.099	0.089	0.0029	0.899	31.32
50	0.1	0.232	0.00236	2.320	42.48
80	0.101	0.512	0.0019	5.069	54.72
100	0.101	0.71	0.00176	7.030	63.36
300	0.101	2.28	0.001024	22.574	110.59
500	0.101	3	0.000726	29.703	130.68
800	0.101	3.44	0.000506	34.059	145.73
1000	0.101	3.6	0.00042	35.644	151.20
3000	0.101	3.84	0.0001568	38.020	169.34
5000	0.101	3.88	0.0000964	38.416	173.52
8000	0.101	3.88	0.0000612	38.416	176.26
10000	0.101	3.88	0.0000492	38.416	177.12
30000	0.101	3.92	0.0000165	38.812	178.20
50000	0.101	3.92	0.00001	38.812	180.00
80000	0.101	3.92	0.00000634	38.812	182.59
100000	0.101	3.92	0.00000512	38.812	184.32
300000	0.101	3.76	0.000001816	37.228	196.13
500000	0.098	3.52	0.000001152	35.918	207.36
800000	0.097	3.04	0.000000764	31.340	220.03
1000000	0.095	2.76	0.000000634	29.053	228.24

7.1.2 Signaux de mesure diagramme de bode :

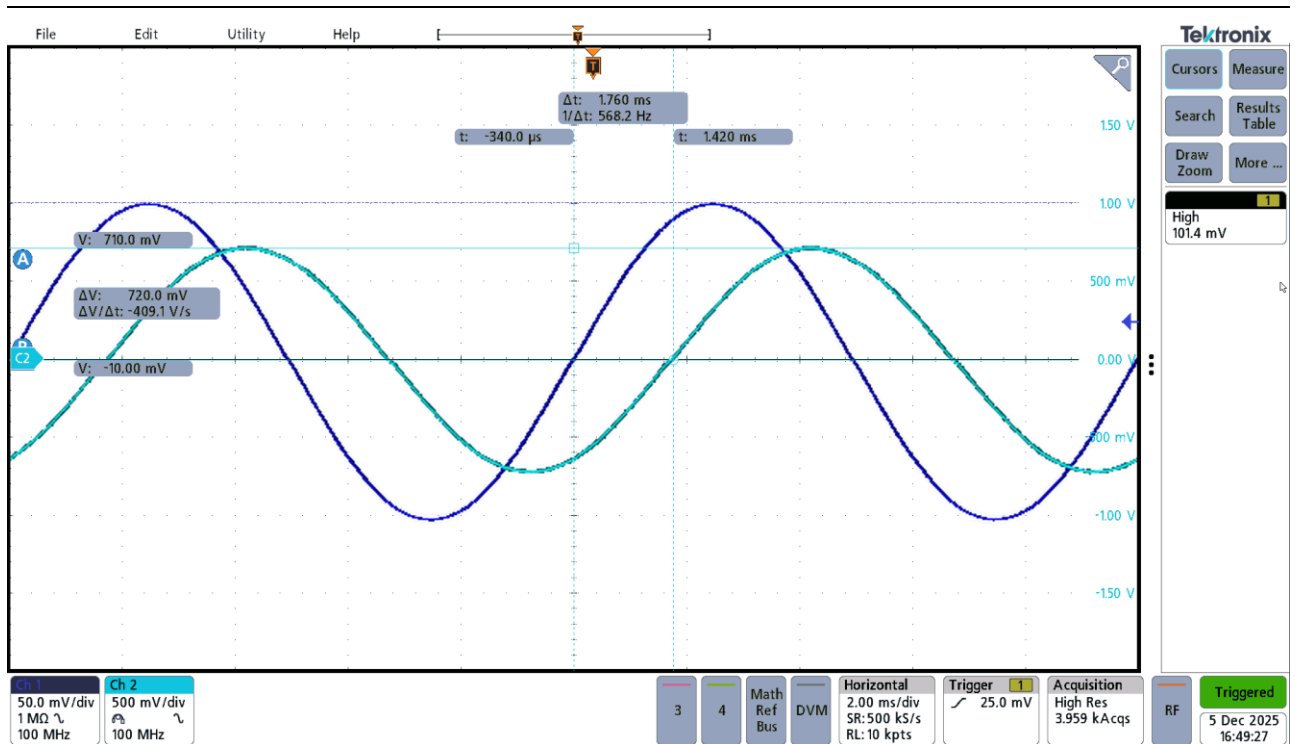


Figure 8 : mesure à la fréquence de 100Hz

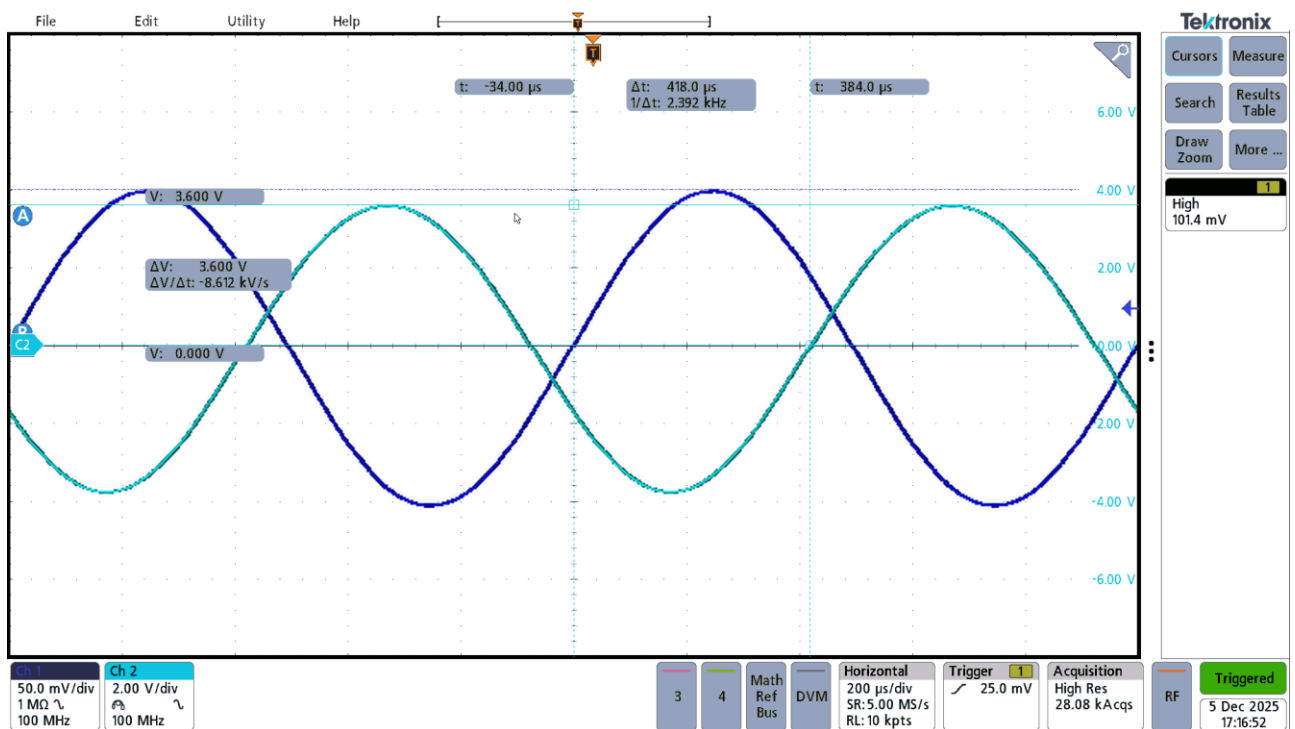


Figure 9 : mesure à la fréquence de 1kHz

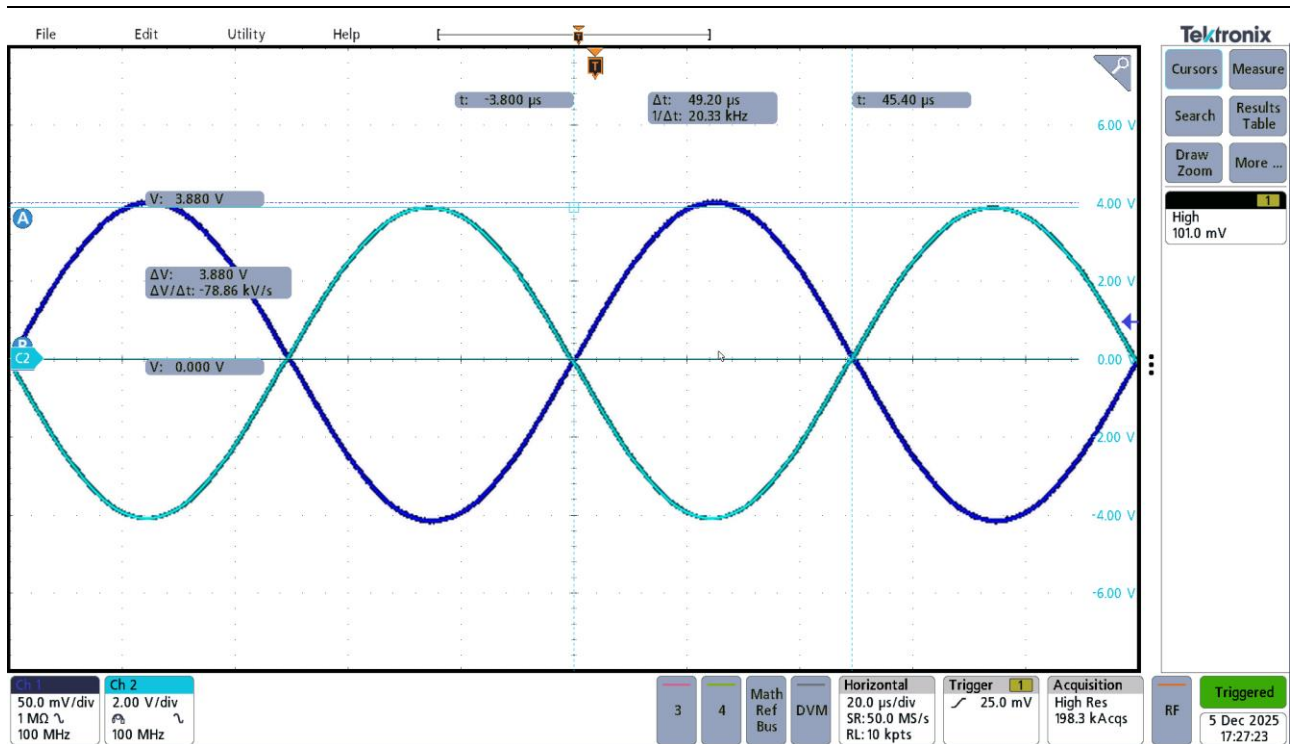


Figure 10 : mesure à la fréquence de 10kHz

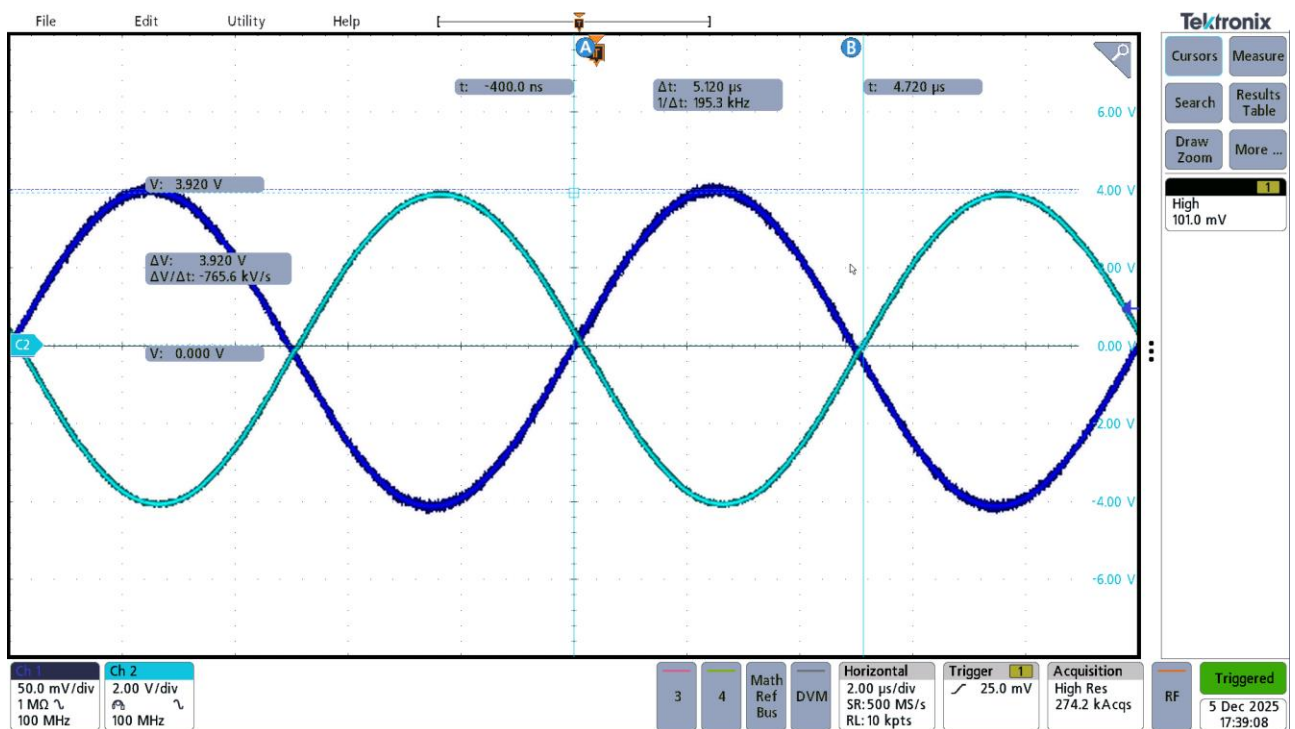


Figure 11 : mesure à la fréquence de 100kHz

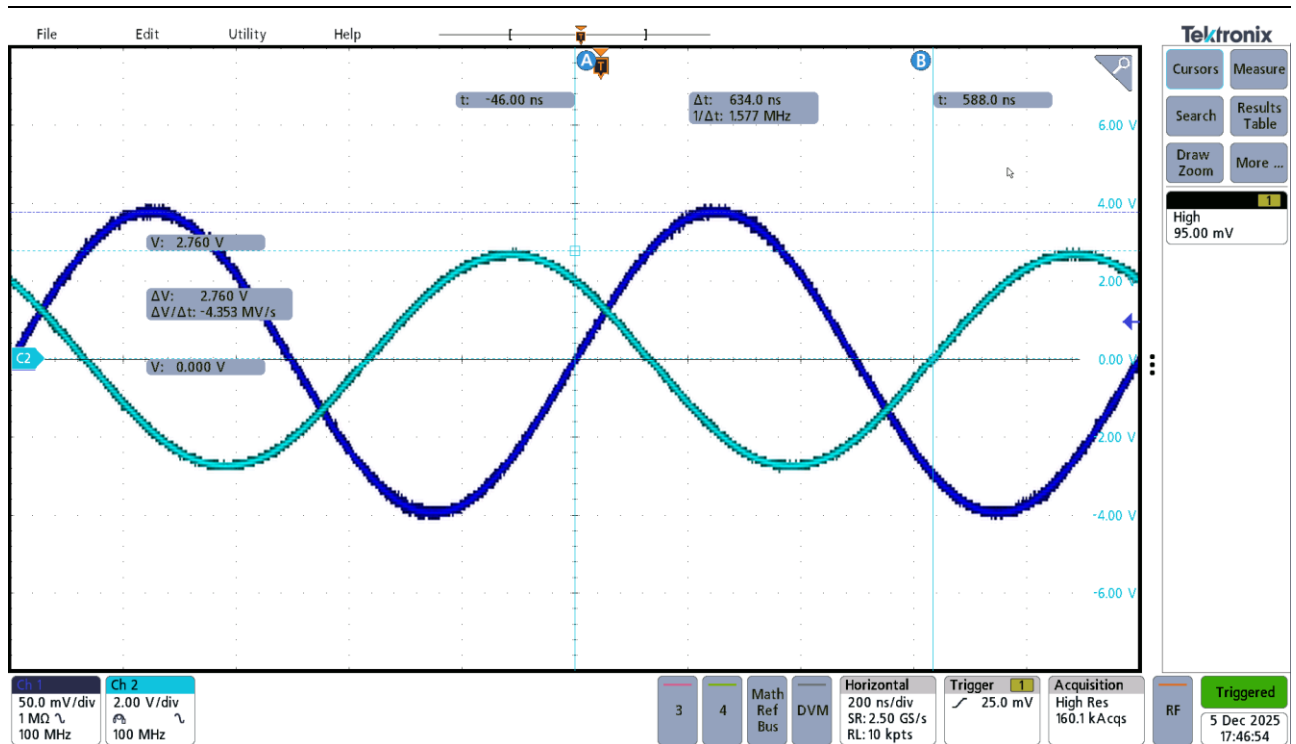


Figure 12 : mesure à la fréquence de 1MHz