

---

## 6GEI620 - Électronique II

### Laboratoire #3

#### Réponse en Fréquence des Amplificateurs Bipolaires

Hiver 2009

---

### 1. Objectifs

- Se familiariser avec les équipements de mesure du laboratoire
- Observer la correspondance entre l'analyse fréquentielle et les réponses transitoires
- Observer le théorème de Miller
- Voir les limitations des modèles analysés dans le cours

### 2. Méthodologie

Dans ce troisième laboratoire, il sera question d'examiner la réponse en fréquence des amplificateurs bipolaires. On va commencer par examiner la configuration émetteur-commun pour observer le théorème de Miller. Cette étape se fera dans *Multisim*.

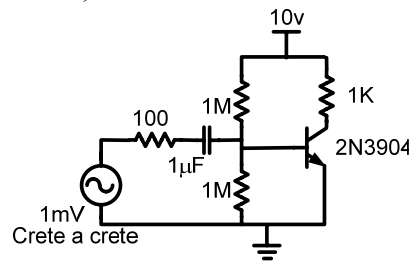
Dans une deuxième partie, vous allez examiner la réponse en fréquences de la configuration à base commune.

Puisque c'est votre deuxième séance de laboratoire, il est attendu que vous soyez beaucoup plus familier avec l'outil *Multisim*. Nous n'allons pas nous attarder sur les détails à l'exception de l'analyse fréquentielle. En plus de faire des simulations avec *Multisim*, il sera aussi question d'utiliser les plaquettes de prototypage. Bien qu'il y a aura des différences entre les résultats simulés et les résultats obtenus expérimentalement, ça vous permettra de voir qu'il y a quand même une corrélation entre les deux.

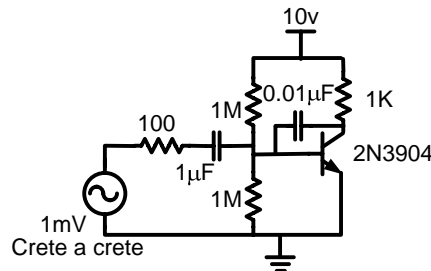
### 3. Travail demandé

#### 3.1. Theoreme de Miller :

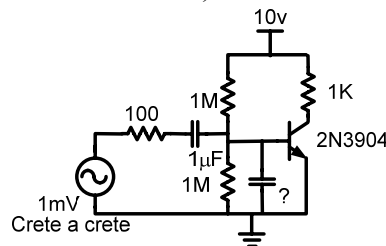
Pour la première partie du laboratoire, on va commencer dans *Multisim*. Faites le montage du circuit de la Figure 1 a).



a)



b)



c)

Figure 1. Circuits pour observer le théorème de Miller

1. Quel est le gain que vous seriez supposé avoir entre la base et le collecteur si le  $\beta$  de votre transistor était 200?
2. Simulez le circuit. Quel est le gain que vous observez entre le signal a la base et le signal au collecteur?

Ajoutez un condensateur de  $0.01\mu\text{F}$  entre la base et le collecteur, tel que montré à la figure 1 b).

3. Qu'est-il arrive au signal de sortie?
4. A l'aide du théorème de Miller, trouvez la valeur de C requis dans le circuit de la Figure 1 c) pour que ses  $v_b$  et  $v_c$  soient égaux à ceux de la Figure 1 b).
5. Tracez les graphiques pour le montrer.

### 3.2. Base Commune :

Pour cette deuxième partie du laboratoire, vous allez dessiner un amplificateur à base commune. Après une analyse avec *Multisim*, vous aurez à implémenter le circuit sur une plaquette de prototypage.

#### 3.2.1. Multisim

Votre amplificateur devrait ressembler au circuit de la Figure 2.

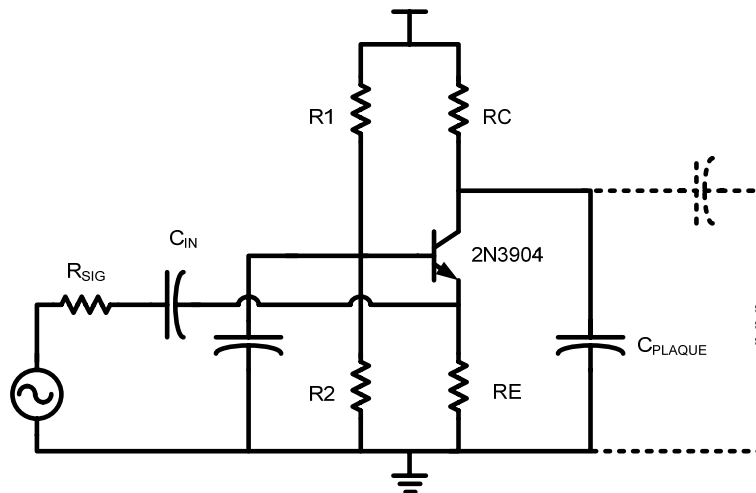


Figure 2. Amplificateur à Base Commune

Il devrait avoir les paramètres suivants :

- $R_1=R_2=910K$
- $R_E=R_C=5.1K$
- $C_{IN}=C_{BASE}=10\mu F$
- Transistor NPN de type 2N3904
- $V_{DC}=5V$
- $V_{SIGNAL}=100mV$  (du plus négatif au plus positif)
- $R_{SIG}=1K$
- $C_{PLAQUE}=10pF$

Il y a une résistance de 1K entre la source sinusoïdale et le condensateur de couplage  $C_{IN}$ . Ça donne une valeur d'impédance de source plus réaliste ce qui permet de mieux voir les caractéristiques de la configuration émetteur commun.

De plus, il y a un condensateur de 10pF entre le nœud de sortie et la masse. On estime souvent la capacité de la plaquette comme étant autour de cette valeur. En ajoutant ce condensateur, vous aurez mieux modélisé votre environnement de travail et les résultats de simulation seront plus proches des résultats réels.

Pour ajouter un condensateur de cette valeur, vous pouvez cliquer sur un des boutons sur la section du haut de l'écran. Cherchez un « condensateur virtuel » dans cette section et ajustez sa valeur. La raison pour laquelle *Multisim* appelle ça un condensateur virtuel est que la valeur peut être ajustée par l'utilisateur tandis que dans un laboratoire, l'utilisateur est limité dans la valeur qu'il peut choisir.

À la sortie, il y a un condensateur de couplage avec une résistance de sortie. Pour l'instant, utilisez un condensateur de  $10\mu\text{F}$  et la plus grande résistance que vous pouvez trouver ( $>100\text{K}$ )

Une fois que le circuit est terminé, sauvegardez votre travail (au besoin).

Pour faire une simulation fréquentielle, vous allez dans la section Simuler → Analyses → Simulation CA. Lorsque la fenêtre apparaît, vous aurez à changer 2 paramètres : les fréquences que vous aimeriez analyser et les signaux de sortie. Vous devriez déjà savoir comment spécifier le nœud de sortie alors on ne va pas s'en faire avec ça ici. En ce qui concerne la plage de fréquence à analyser, vous devriez probablement commencer avec une très large bande : spécifiez de 1Hz jusqu'à 10 GHz. Ça veut dire que vous voulez que l'outil vous donne l'amplitude du gain si vous stimulez votre circuit avec une onde sinusoïdale de 1Hz, 2Hz, 3Hz, ..., 9GHz, 10GHz. Évidemment, cette plage est beaucoup plus grande que ce dont on a de besoin. Au moins, ça vous permettra d'ajuster les paramètres à votre goût plus tard. Au fond, ce qu'il est important c'est que vous soyez capable de voir les fréquences -3dB. Lorsque la fenêtre apparaît, ne faites pas attention à la section du bas. Cette section donne de déphasage de l'amplificateur et on n'en a pas parlé encore dans le cours. Occupez-vous plus de la section du haut.

Suggestions :

- Utilisez votre bouton de gauche pour faire un agrandissement.
- Utilisez votre bouton de droite pour avoir accès à des fonctions supplémentaires.

Il devrait avoir une section de la courbe qui est plus élevée que les autres. C'est la section que j'appelle la « plate-bande ».

6. Trouvez le gain maximal dans la plate-bande.

Il est à noter que le gain est mesuré entre le nœud de sortie et la tension à la source. À partir de la valeur du gain au #1, vous êtes en mesure de trouver la valeur du gain -3dB.

7. Trouvez les fréquences de coupure -3dB.

Enlevez la résistance  $R_{\text{SIG}}$ .

8. Refaites l'analyse fréquentielle. Qu'est-ce qui a changé dans la réponse fréquentielle?

Mettez une résistance  $R_{SIG}$  de 5.1K.

9. Refaites l'analyse fréquentielle. Qu'est-ce qui a change dans la réponse fréquentielle?

Gardez la valeur de résistance de 5.1K. Maintenant, changez la fréquence de la source sinusoïdale à 100KHz et faites une simulation transitoire.

10. Quelle est la valeur du gain en sortie? Divisez cette valeur par la valeur de la tension de la source (100mV). Avez-vous eu le même gain que dans l'analyse fréquentielle? Si « non », pourquoi?
11. Décrivez la forme du signal en sortie. Expliquez ce que le signal a de particulier et donnez-en les raisons.
12. Remplacez la résistance de sortie avec une résistance de 1K. Refaites l'analyse transitoire. Quelles sont les différences entre ce signal et celui obtenu au #4 et #5 (forme et amplitude)?

### ***3.2.2. Plaquette de prototypage***

Il est maintenant temps de recréer le circuit que vous avez fait sur *Multisim* sur une plaquette de test. Ca nous permettra d'exposer certaines limites des analyses que nous avons faites dans le cours.

Allez chercher les composantes. S'il y en manque d'une certaine valeur, prenez une valeur proche et faites en une note dans votre rapport de laboratoire.

Les étapes devraient être assez simples. Il y a quelques éléments à noter :

- Ca devrait être évident que  $C_{PLAQUE}$  n'est pas une composante. C'est une capacité ESTIMÉE de la plaquette. Vous n'avez donc pas à ajouter de composantes  $C_{PLAQUE}$ .
- Essayez, le plus possible, de construire votre circuit de la même façon qu'il est dans le diagramme : ca vous aidera à déboguer si le circuit ne fonctionne pas.
- Utilisez le couplage AC au besoin

Appliquez un signal sinusoïdal de 100KHz avec une amplitude de 100mV à l'entrée.

13. Quel est le « gain » qu'il y a entre le signal à la source et le signal à l'entrée du transistor?
14. Quel est le gain entre l'entrée du transistor et le signal à la sortie?

Allez voir les fréquences de coupure que vous avez trouvées à la question #7. Changez la fréquence d'oscillation à la fréquence de coupure basse. La fréquence de coupure sur

vosre plaquette de test ne devrait pas être trop loin. Continuez à ajuster la fréquence jusqu'à ce que vous trouviez la fréquence de coupure. Refaites les mêmes étapes pour la fréquence de coupure haute.

15. Quelles sont ces fréquences de coupure?

NB : Si la fréquence de coupure est plus élevée que la fréquence maximale de générateur de fréquences, indiquez-le et donnez le gain à la fréquence maximale de l'instrument (2 MHz).

### **3.3. Autres questions :**

Pour ces questions, vous n'avez pas besoin de simuler ou de construire quoi que ce soit.

16. Comparez le gain, l'effet de changer  $R_{SIG}$  et l'effet de changer la résistance en sortie dans les 2 topologies.
17. La figure 3 montre un circuit d'un amplificateur à collecteur commun en cascade avec un amplificateur à base commune. Répondez à la question #16 pour ce circuit. Comment ce circuit se compare-t-il à l'émetteur commun?

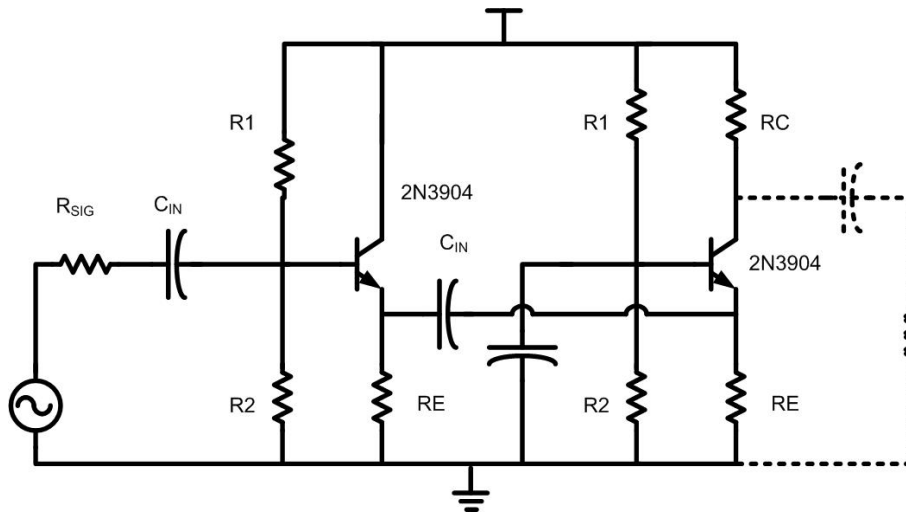


Figure 3. Amplificateur à collecteur commun en cascade avec base commune

## 4. Rapport

Répondez aux questions qui ont été posées tout au long du document de laboratoire. Ajoutez quelques phrases, au besoin, pour justifier vos réponses. Ajoutez une section intitulée « Conclusions » à la fin de votre rapport. Dans cette section, vous devez expliquer le lien entre les différents aspects que nous avons explorés dans le laboratoire. Expliquez la raison d'être des expériences qui vous ont été proposées (« On nous a demandé d'ajouter X au circuit pour pouvoir augmenter Y puisque ça affecte Z de telle

manière»). Dans la même section, je vous demanderais de me faire part de vos commentaires. N'hésitez pas à me faire des reproches : ça ne comptera pas dans la note.

## 5. Barème

2 Points par question	/34
6 Points pour la section « Conclusions »	/6