

Sim 2 : LTSPICE Ampli-Op

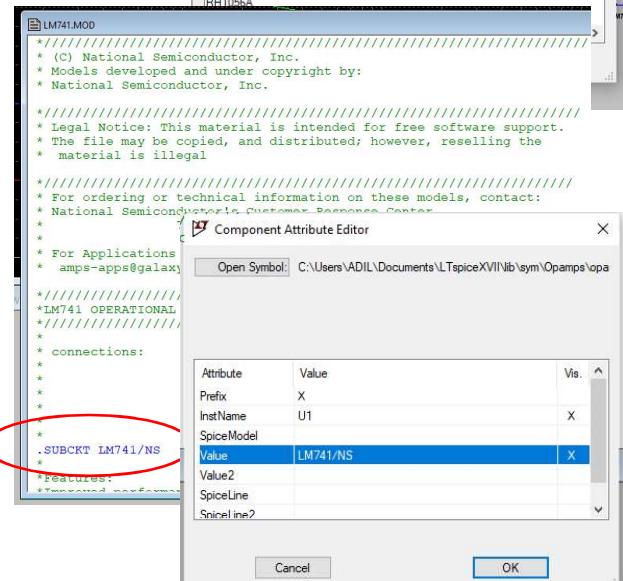
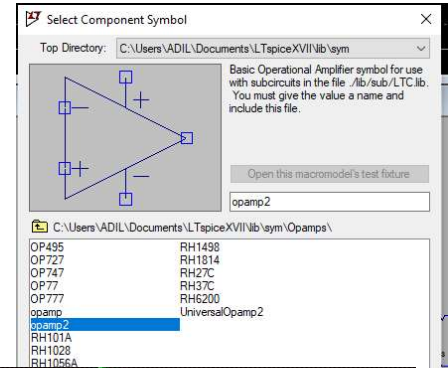
OBJECTIFS

- Utilisation de l'Ampli-Op dans LTSPICE
- Simulation du comportement en fréquence.
- Vérification de l'effet de la contre-réaction sur le gain et sur la bande passante.
- Applications typiques:
 - Amplificateur à un et à deux étages ;
 - Intégrateur ;
 - Filtre
 - comparateur;

Utilisation d'un composant du commerce sur LTSPICE :

Dans ce paragraphe, nous allons apprendre comment utiliser n'importe quel composant du commerce sur LTSPICE. l'AmpliOp LM 741 nous servira d'exemple. On commence par :

- Créer un dossier de simulation (Ex : TP_Sim)
- Utiliser un moteur de recherche sur internet pour trouver le modèle SPICE (ou PSPICE) du composant. Le model est en général donné par le fabricant. Ici nous choisirons le fichier **LM741.MOD** du modèle de l'Ampli-Op LM741 fourni dans par Texas Instruments sur <https://www.ti.com/product/LM741>. (Le fichier est disponible aussi sur Moodle)
- Copier le fichier sur votre ordinateur (de préférence sur le dossier TP_Sim).
- Lancer LTSPICE puis l'éditeur de schéma.
- Lancer la commande SPICE qui permet d'inclure le modèle au schéma du circuit en cliquant sur **.op** et taper : **.include LM741.MOD**. Placer la commande sur la page vide. Enregistrer votre schéma sous le nom OpAmp_OL sur le dossier de travail (ici TP_Sim)
- Cliquer sur « add component », Choisir le symbole **opamp2** cliquer sur OK et placer le sur la page vide.
- Maintenant on va lier le symbole **opamp2** au modèle LM741.MOD. Pour cela, il faut ouvrir le fichier avec LTSPICE pour connaître le nom du mode
 - Cliquer sur  et ouvrir le fichier LM741.MOD et relever le nom du modèle à côté de la commande **.SUBCKT** ici **LM741/NS**.
 - Double-clc sur le symbole **opamp** et mettre le nom du modèle **LM741/NS** dans la case **Value**.
 - Votre composant est prêt à être utilisé. Vous pouvez commencer à réaliser votre circuit ...



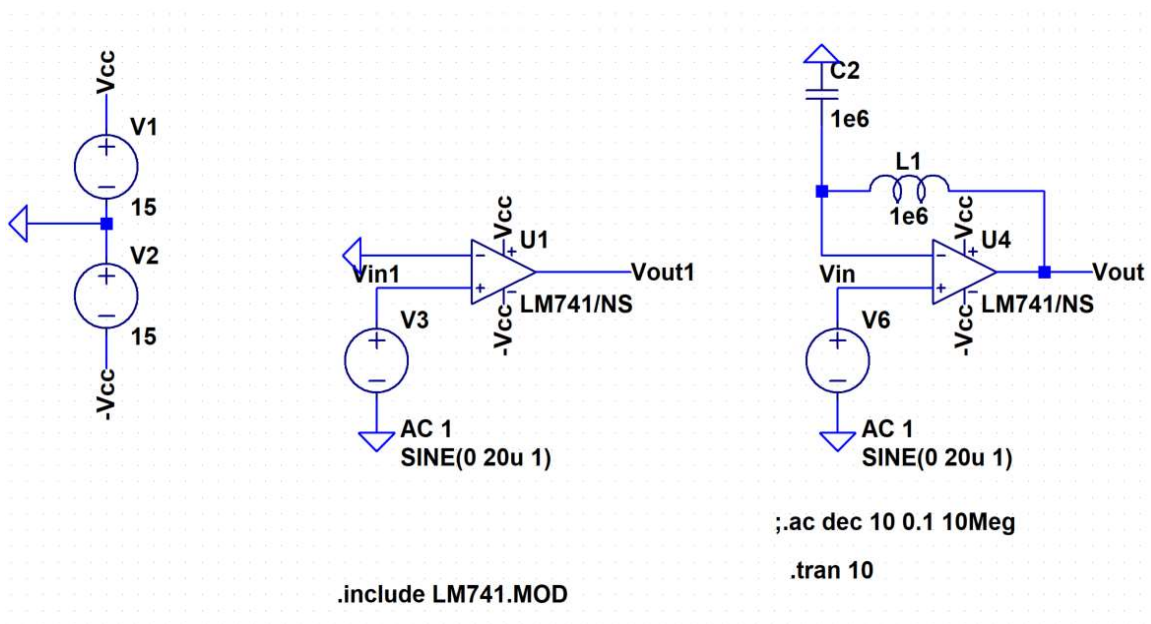
Ex1 : Simulation de l'effet de la contre-réaction

Le gain d'un AmpliOp est certes très élevé mais seulement en base fréquence. Pour des raisons de stabilité l'Ampli-Op est conçu pour avoir un comportement de filtre de premier ordre pour une large gamme de fréquences. **Sa bande passante est donc finie.** Sa réponse s'écrit $A(j\omega) = \frac{A_0}{1+j\omega/\omega_b}$, où A_0 est le gain en faible fréquence (très élevé), $f_b = \omega_b/2\pi$ la bande passante correspondante au gain A_0 -3dB. Le produit gain bande passante $A_0 f_b$ noté GBW (pour Gain-Bandwidth) est une caractéristique très importante de l'Ampl-Op.

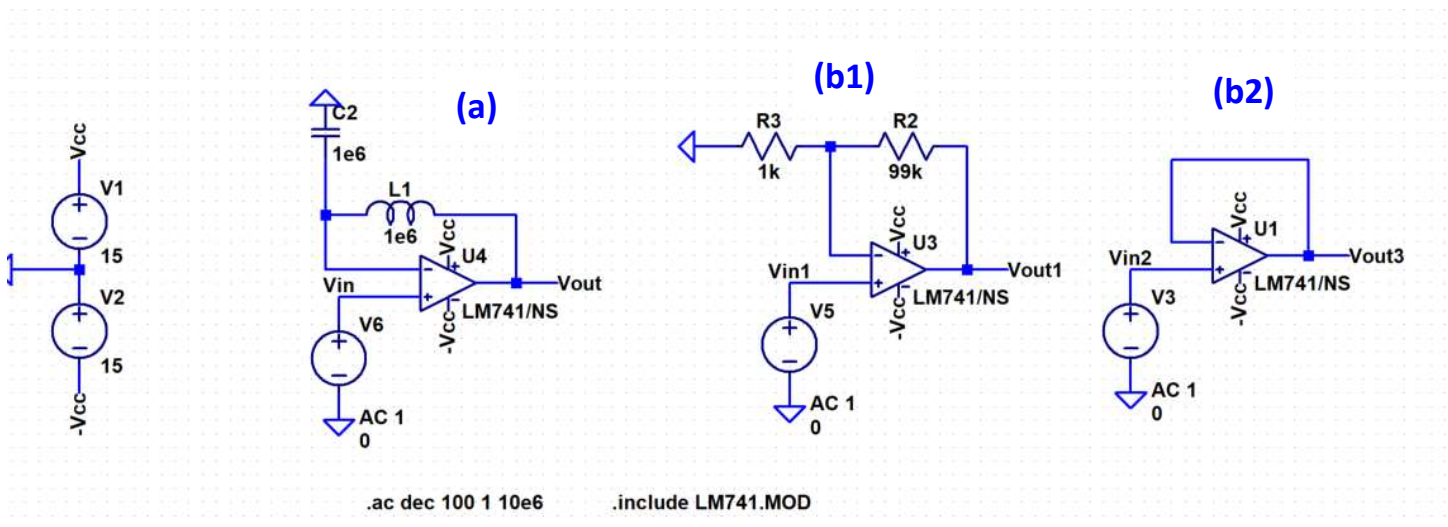
On se propose ici de simuler la réponse fréquentielle du LM 741 seul, de vérifier la réponse filtre de premier ordre et de relever les valeurs de A_0 , f_b et GBW. Pour cela, nous aurons besoin de réaliser une simulation AC sur un ampli boucle ouverte c.à.d. à sortie flottante. **Or, un des problèmes connu de l'AmpliOp est que sa sortie sature si elle reste flottante et donne donc des résultats erronés en AC.** Avec une boucle de contre-réaction le problème ne se pose pas, puisque la polarisation DC à la sortie est fixée par la contre-réaction.

Pour pallier ce problème, nous devons imaginer un montage de l'AmpliOp fonctionnant simultanément en boucle fermée en DC (afin de polariser la sortie) et en boucle ouverte en AC (afin de simuler la réponse fréquentielle boucle ouverte). Le Montage permettant cette configuration est le circuit (Montage correcte) de la figure ci-dessous.

Simulation 1 (Fichier OpAmp_OL):



Simulation 2 (Fichier OpAmp_GBW):

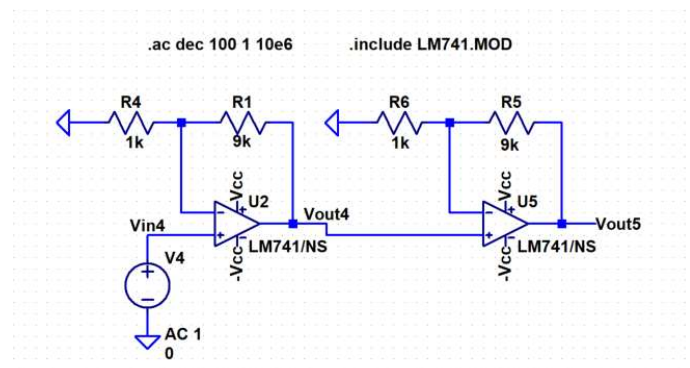


1. Donner le schéma équivalent en DC et en ac du circuit (a) (Noter les valeurs extrêmes de l'inductance et de la capacité). En déduire la polarisation DC à la sortie.
2. Réaliser les circuits du schéma et simuler leurs réponses fréquentielles.
3. Donner les caractéristiques A_o , ω_b et GBW du LM741 (Montage a)
4. Vérifier que le produit Gain bande passante est le même pour les montages b1 et b2.
5. En utilisant le modèle de la réaction négative, expliquer théoriquement la réponse fréquentielle des circuits b1 et b2.
6. Donner l'origine de la différence du GBW du montage suiveur (Montage C).

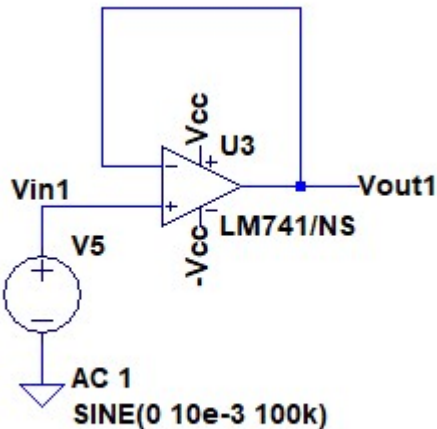
Ex2 : Mise en cascade de deux amplificateurs (Fichier OpAmp_GBW).

Supposant que pour une application donnée, nous avons besoin d'un gain de 40 dB, ce qui nous permettrait à priori d'utiliser le circuit (b) de l'exercice 1. Malheureusement, la bande passante de ce dernier est insuffisante. On voudrait donc l'améliorer sans changer d'AmpliOp. L'utilisation d'un seul étage étant tributaire du compromis Gain-Bande passante imposé par le GBW du LM741, nous n'avons d'autre choix que de cascader plusieurs étages à gains individuels plus faibles et donc à bandes passantes individuelles plus larges. On se propose donc d'utiliser l'ampli à deux étages ci-dessous :

1. Dimensionner ses résistances de façon à ce que le gain total soit égal à 40 dB (c.à.d. 20dB par étage).
2. Calculer la bande passante de chaque étage.
3. Calculer la bande passante de l'ampli à deux étages (correspondante à $A_o-3dB = 37$ dB). la comparer à celle du circuit (b2) de l'exercice 1.
4. Réaliser le circuit et simuler sa réponse fréquentielle.
5. Relever la valeur de sa bande passante à -3db du gain maximal et comparer avec les résultats théoriques.



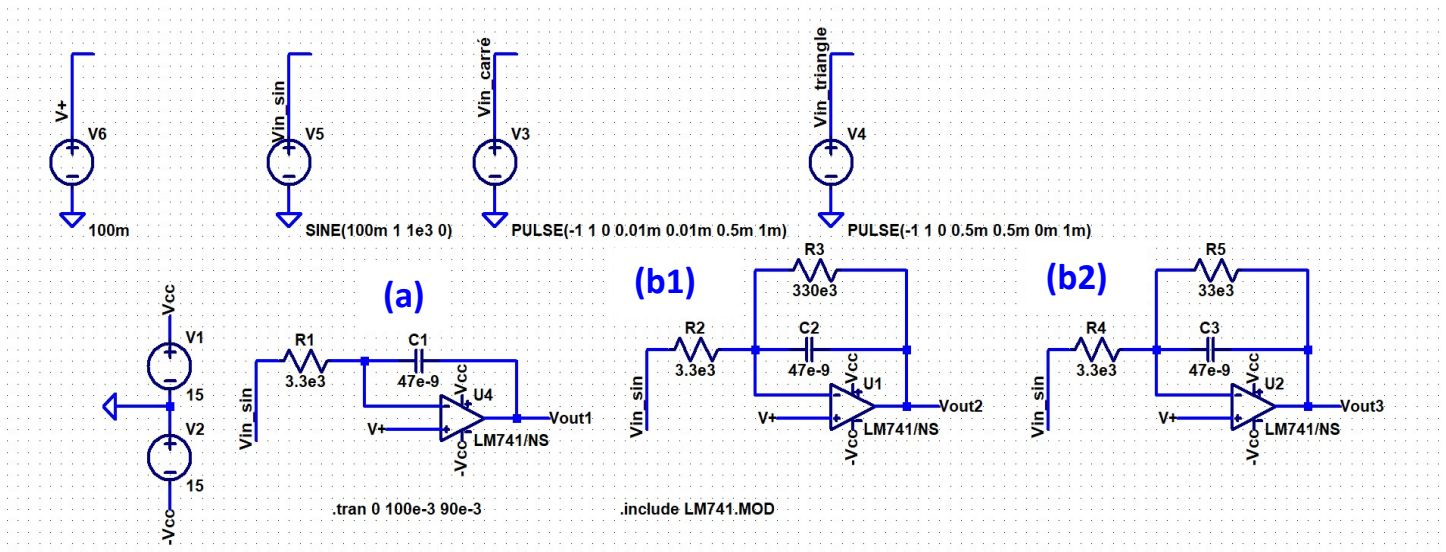
Ex 3 : Taux de variation limité: "slew-rate" (Fichier OpAmp_SR)



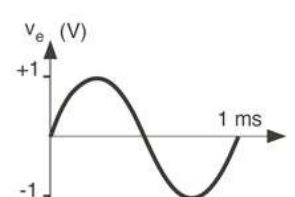
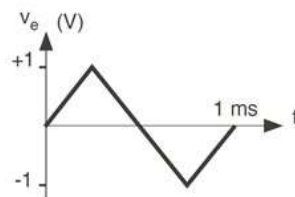
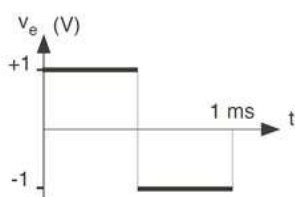
.tran 1e-3

1. Simuler la réponse du circuit pour un signal d'amplitude 1V et de fréquence 100kHz. Représenter V_{in} et V_{out} sur la même figure, expliquer le résultat et calculer le slew-rate de l'AmplOp.
2. Simuler la réponse du circuit pour un signal d'amplitude **15V** et de fréquence 1kHz. Représenter V_{in} et V_{out} sur la même figure, expliquer le résultat et déterminer le V_{sat+} et V_{sat-} .

Ex 4 : Intégrateur (Fichier Integrateur)

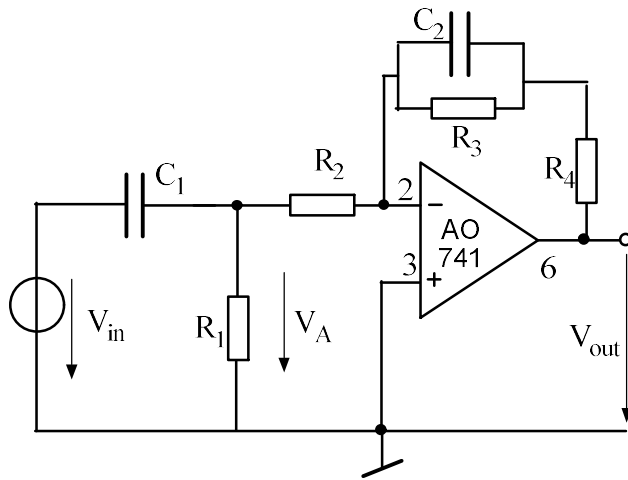


1. Simuler les trois circuits suivants et expliquer l'anomalie du circuits (a) en tant qu'intégrateur. Pour mieux illustrer les défauts du montage (a), on a ajouté un offset de 100 mV à l'ampliOp (V+).
2. Prévoir la réponse théorique (amplitude, forme et composante continue du signal de sortie) de l'intégrateur b2 aux trois signaux suivants (només V_{in_sin} ; $V_{in_carré}$; $V_{in_triangle}$), et vérifier les résultats par simulation.



Ex 5 : Réponse fréquentielle (exercice 2 Série 4).

On donne le schéma suivant:



$R_1 = R_2 = R_4 = 2.2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 6.8 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 470 \text{ nF}$, $C_2 = 4.7 \text{ nF}$.

- a- Réaliser le schéma suivant sur LTSPICE, simuler la réponse fréquentielle en amplitude et en phase, relever les fréquences de coupures et comparer les aux valeurs théoriques.