

SIMULATION NUMÉRIQUE EN ÉLECTRONIQUE

LE LOGICIEL LTSPICE

1 Présentation

1.1 Introduction

LTSpice est un logiciel de simulation gratuit de circuits électroniques. Il est basé sur le moteur informatique Spice développé dans les années 70 à l'université de Californie (Berkeley) par l'équipe de Ron Rohrer.

Il est disponible gratuitement sur le site anglais de la société Linear Technology :

<http://www.linear.com/designtools/software/>

Le programme LTSpice permet d'effectuer des simulations de circuits électroniques contenant des :

- Résistances, Condensateurs, Selfs, inductances Mutuelles, lignes de transmission
- Sources de tension et courant indépendantes ou contrôlées
- Diodes, Transistors bipolaires, transistors FET et MOS.
- Composants électroniques complexes : amplificateurs opérationnels, circuits logiques
- Et des Tubes...

Les simulations permettent de faire au choix :

- L'Analyse du fonctionnement en continu du montage (point de repos)
- L'analyse temporelle (réponse temporelle à une excitation)
- L'analyse fréquentielle (réponse en fréquence du montage)
- L'analyse du bruit

Linear Technology améliore de manière régulière le logiciel LTSpice, ce qui en fait un outil fiable et à jour. Par ailleurs de nombreux fabricants concurrents comme Texas Instrument, proposent des modèles Spice de leurs composants (comme le TL081 par exemple).

1.2 Les différentes étapes d'utilisation du logiciel LTSpice

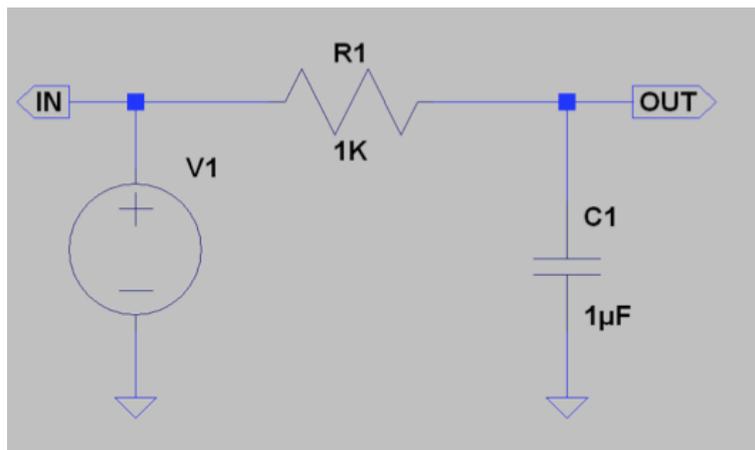
L'utilisation du logiciel se fait en trois étapes :

1. Saisie du schéma
2. Simulation
 - (a) Choix et paramétrage de la simulation
 - (b) Exploitation des résultats

Après ces étapes, l'utilisateur rentre dans un mode itératif de modification du schéma ou du paramétrage de la simulation jusqu'à obtention d'un résultat satisfaisant

2 Exemple : réponse temporelle et fréquentielle d'un circuit RC

Pour illustrer la démarche, nous allons simuler un circuit très simple : un réseau RC (résistance, capacité) et allons faire une analyse temporelle (réponse à un signal carré) et fréquentielle (mesure de la bande passante et de la phase).



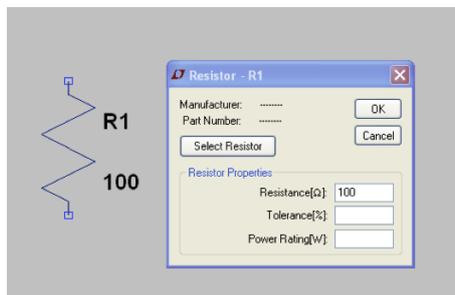
2.1 Saisie de schémas

Les fichiers associés à un composant électronique On peut classer les composants électroniques en quatre types pour LTSpice :

2.1.1 Les composants passifs

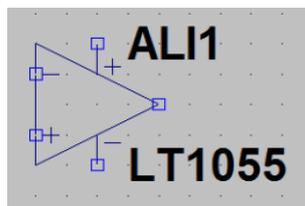
Résistances, inductances, capacités. Ces composants ont une ou plusieurs représentations graphiques et un seul modèle électrique qui est intégré à LTSpice.

Exemple de la résistance :



2.1.2 Les composants actifs

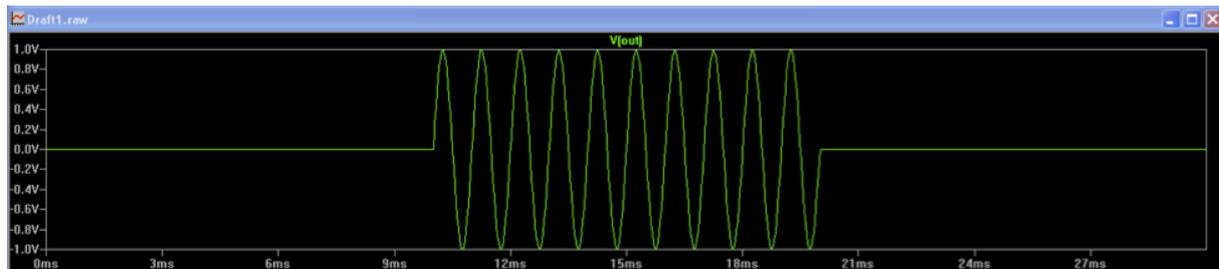
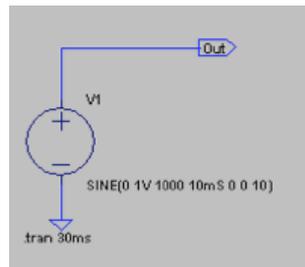
Les composants actifs : transistor, Thyristor, ALI ... qui ont une représentation graphique et dont le modèle dépend des caractéristiques du composant. La représentation graphique est associée à un nom de composant que vous choisissez. Par exemple le LT1055 est un ALI fabriqué par LT et qui ressemble au TL081 de TI:



En tant que composant nécessitant une alimentation, il ne faudra pas oublier de la fournir.

2.1.3 Les sources

Les diverses sources de courant, tension, etc. qui permettent de stimuler le circuit. Ces « composants » sont configurables . Prenons l'exemple d'une source de tension alternative (1 volt crête, 1000Hz) : on peut la paramétrer pour démarrer après 10 ms et durer 10 cycle :



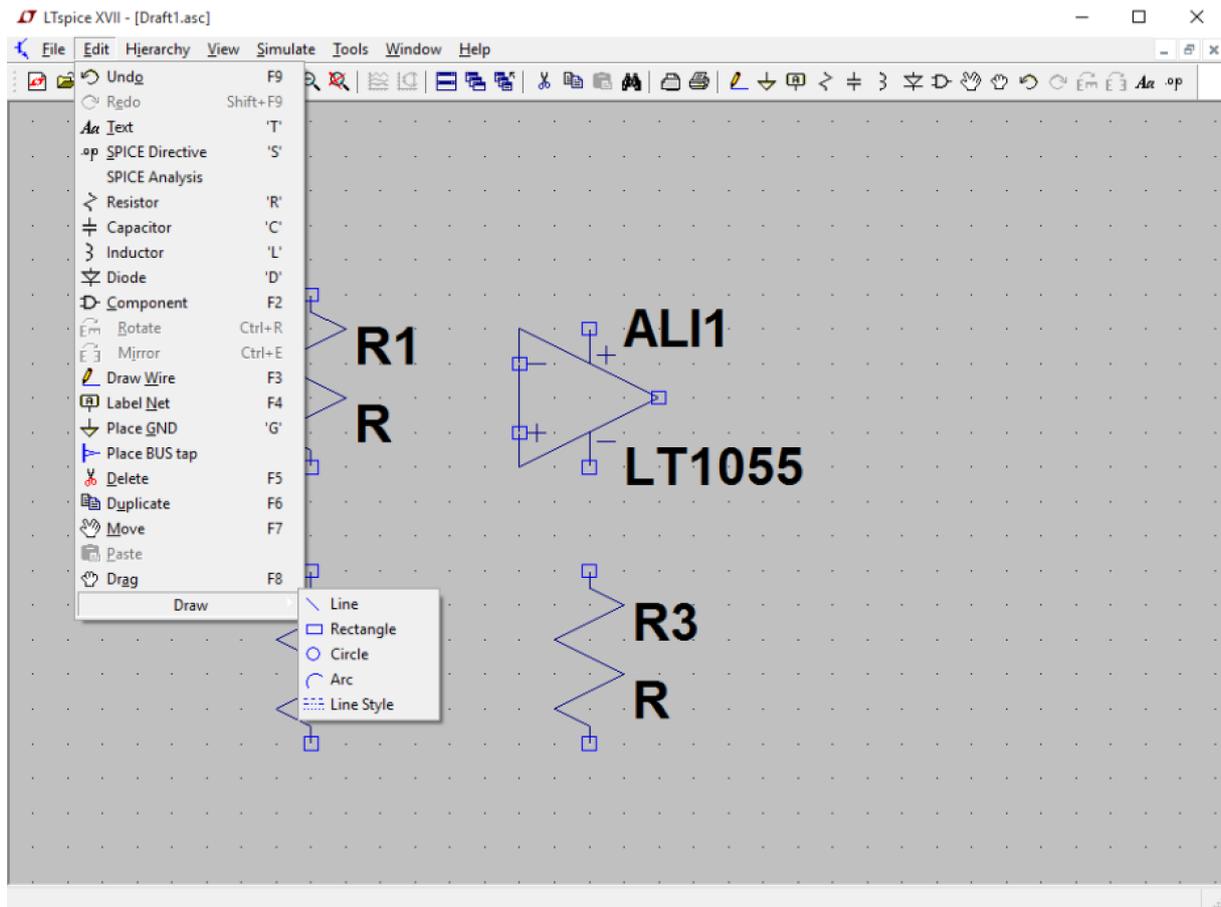
2.1.4 Les composants complexes

Des composants comme les tubes ou les amplificateur sont plus complexes à configurer.

2.2 Tracer un schéma

Il nous faut décrire les différents éléments que nous pourrions placer. Règles importantes de base :

- Quand on choisit en cliquant dans la barre d'outils sur le composant que l'on veut placer, un clic sur le schéma ajoute le composant, un deuxième clic en ajoute un deuxième...
- Il faut cliquer droit quand on a placé le nombre de composants voulus.
- Ensuite, pour accéder aux propriétés d'un composant, on clique droit sur celui-ci.
- Un circuit doit toujours avoir une masse !



Soit sur la barre d'outils soit dans le menu Edit, l'utilisateur a un grand nombre de possibilités pour tracer son circuit :

Undo: annuler la dernière action

Redo: refaire la dernière action

Text: placer un texte sur le schéma. Ceci permet de commenter le schéma et n'a aucune influence sur le comportement de ce dernier.

SPICE Directive: Placer sur le schéma une directive spice qui aura un impact sur le comportement du circuit. Nous reviendrons là-dessus plus tard.

SPICE Analysis: Entrer/modifier une commande de simulation Resistor: placer une nouvelle résistance sur le schéma.

Capacitor(Condensateur): placer un nouveau condensateur sur le schéma.

Inductor (Inductance): placer une nouvelle inductance sur le schéma.

Diode: placer une nouvelle diode sur le schéma.

Component(Composant): Placer un nouveau composant sur le schéma. Cette commande appelle une boîte de dialogue qui vous permet de parcourir et pré-visualiser la base de données de symboles.

Rotate(Tourner): Faire tourner le composant sélectionné.

Mirror(Miroir): Dessiner en miroir le composant sélectionné.

Draw Wire: après avoir positionné la souris, cliquer sur le bouton gauche de la souris pour commencer un fil. Faites défiler la souris en X ou en Y. Chaque clic de souris définit un segment supplémentaire. Cliquer deux fois pour terminer le fil.

Label Net (Nom d'équipotentielle): spécifie le nom d'un noeud ou d'une équipotentielle sur le schéma. Sinon le système générera les noms automatiquement.

Place GND (Placer une masse): Placer une masse sur le circuit (le noeud N° 0).

Delete (supprimer): Supprimer les objets (composant, groupe de composants, fils, etc.) en les cliquant ou en les entourant par une boîte dessinée à la souris.

Duplicate (Dupliquer): Dupliquer les objets (composant, groupe de composants, fils, etc.) en les cliquant ou en les entourant par une boîte dessinée à la souris.

Move (Bouger): sélectionner les objets (composant, groupe de composants, fils, etc.) en les cliquant ou en les entourant par une boîte dessinée à la souris ; puis déplacer la sélection avec la souris.

Drag (Tirer): sélectionner les objets (composant, groupe de composants, fils, etc.) en les cliquant ou en les entourant par une boîte dessinée à la souris ; puis déplacer la sélection avec la souris. Les liaisons sont conservées. Cela ne marche bien que pour des mouvements latéraux

2.3 Unités

Il n'est pas nécessaire de préciser l'unité quand on entre la valeur numérique d'un composant (si on met 1000 pour une résistance LTSpice « sait » qu'il s'agit d'une résistance).

En revanche on a souvent besoin des préfixes milli-, kilo, micro- En voici la liste :

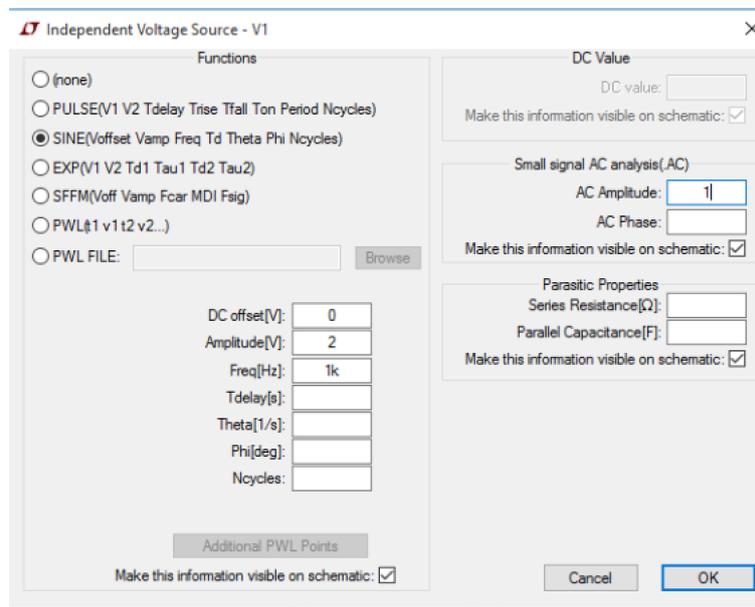
f ou F	femto
p ou P	pico
n ou N	nano
u ou U	micro
m ou M	milli
k ou K	kilo
Meg ou MEG	méga

Attention au piège de M : ce n'est pas le symbole de Méga !

Exemple pour une capacité de 100 nF : 100n ou 0.1u.

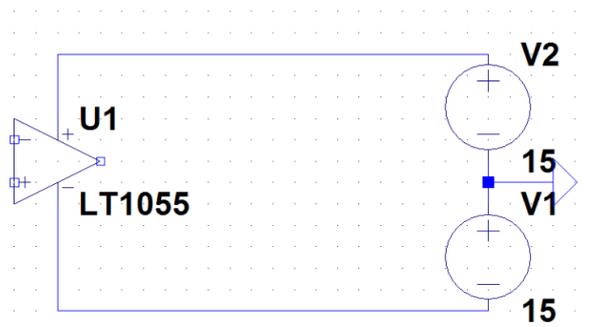
Dessinez le schéma du circuit RC de la figure 2.

On utilisera les paramètres suivants pour configurer la source de tension (la partie *Small signal AC analysis* n'est nécessaire que si on veut par la suite tracer le diagramme de Bode).



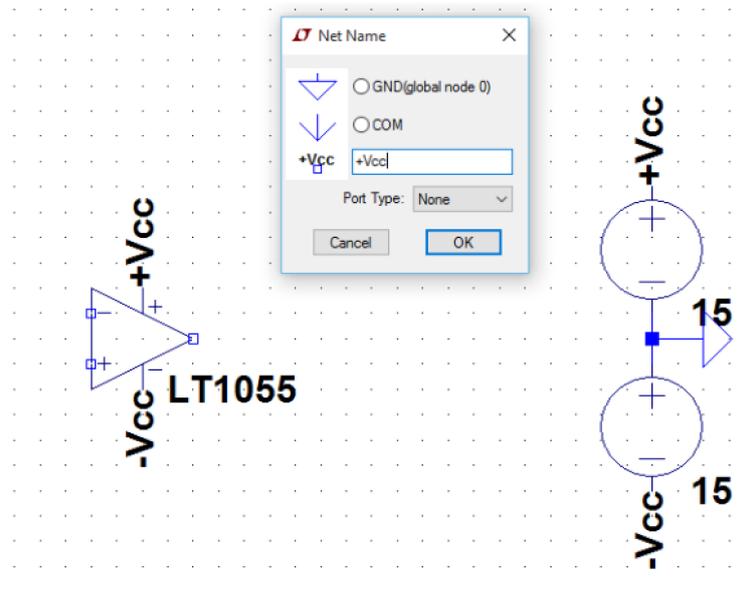
2.4 Cas d'un circuit intégré actif

Dans le cas d'un ALI par exemple, il est nécessaire de l'alimenter. Si on veut le faire en $\pm 15V$, on peut par exemple faire comme cela (exemple avec le LT1055) :



On voit que cela surcharge le schéma qui risque de devenir illisible, surtout s'il y a beaucoup de composants actifs.

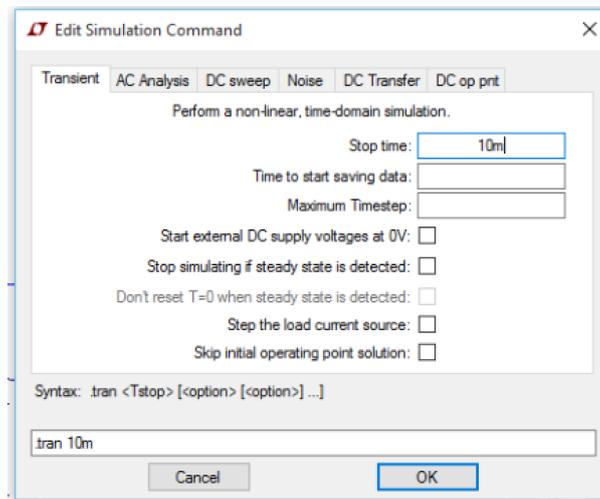
On préférera créer deux points équipotentiels que l'on appellera par exemple +Vcc et -Vcc et qui seront donc aux potentiels +15 V et -15 V partout dans le schéma.



3 Simulation

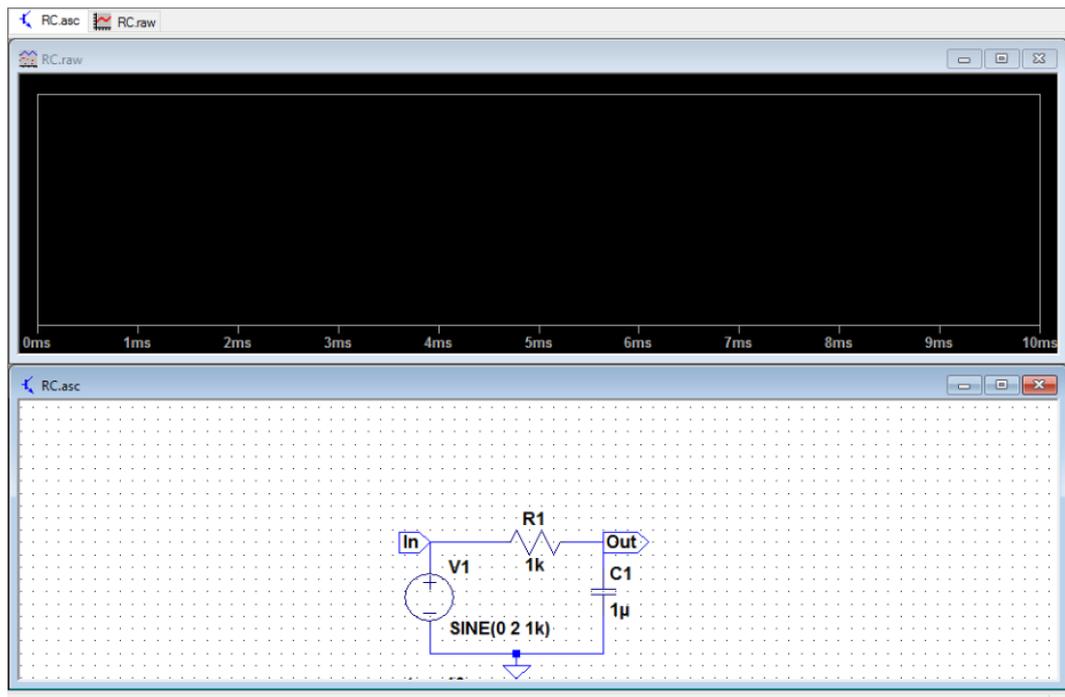
3.1 Paramétrage de la simulation

Ouvrir la fenêtre de configuration de la simulation en allant dans *Simulate/Edit Simulation Cmd*. Une fenêtre s'ouvre. Les deux types de simulation que nous utiliserons le plus sont : la simulation temporelle (onglet *Transient*) et la simulation fréquentielle (diagramme de Bode), onglet *AC analysis*.

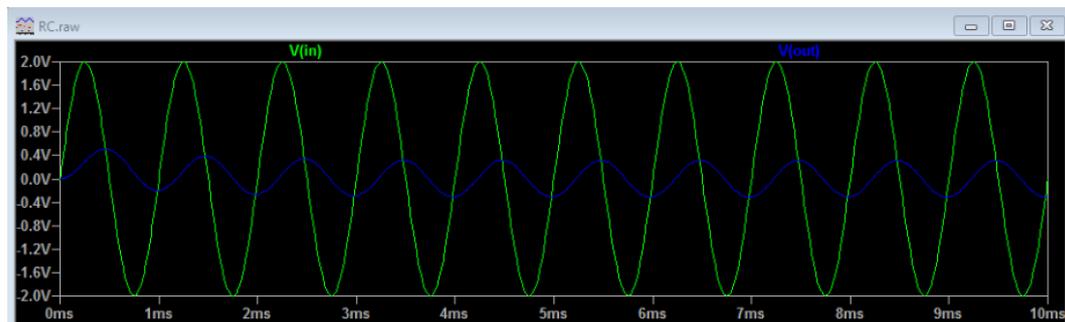


3.2 Simulation temporelle

Dans la case *Stop time*, entrez la valeur 10 m (cela demande évidemment un petit calcul de période). Puis appuyez sur *Ok* : la fenêtre se divise en deux avec une partie graphique.



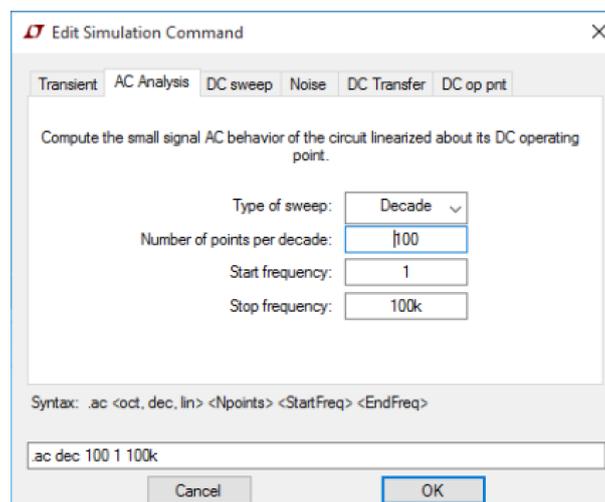
Pour ajouter une courbe, on peut promener la souris à l'endroit voulu sur le circuit (par exemple In et Out ici) et cliquer pour tracer.



On peut aussi utiliser le menu *Plot settings* qui contient de nombreuses options.

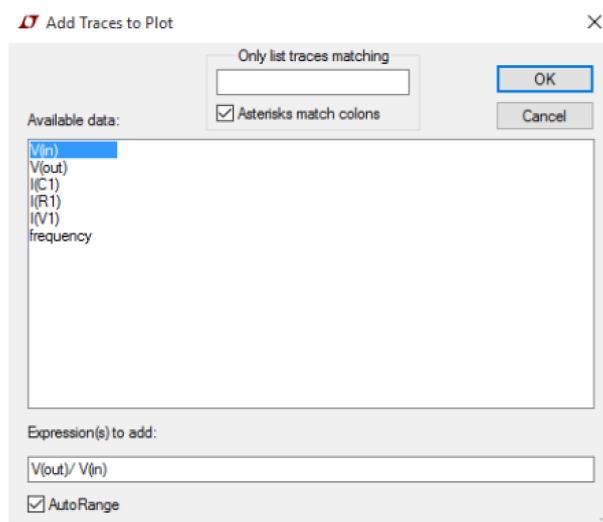
3.3 Simulation fréquentielle

Rouvrir la fenêtre de configuration. Cliquer sur l'onglet *AC analysis*. Et entrez les valeurs suivantes :



Lancez la simulation.

Allez ensuite dans *Plot Settings/Add Trace*. Et entrez V_{out}/V_{in} comme ci-dessous :



Remarque : dans la configuration de la source de tension, si on a bien choisi 1 V pour *Small signal AC analysis*, on peut ne tracer que V_{out} .

On observe alors le diagramme de Bode :

