

APPLICATION n°4 : Analyse de Monte Carlo

L'analyse de Monte Carlo est utilisée principalement pour évaluer le comportement d'un système en fonction des tolérances des composants qui le composent.

Sur un composant donné, il est possible de définir :

- la tolérance du composant et sa distribution (densité de probabilité),
- la tolérance par lot et sa distribution, qui traduisent la dérive de production d'un composant d'un jour à l'autre lors de sa fabrication.

Sur les composants de base (R, L, C, ...), il est possible d'utiliser l'attribut TOLERANCE. Dans ce cas, on considère que toutes les tolérances ont la même répartition qui correspond à la répartition par défaut défini dans la fenêtre **Simulation Settings** au niveau de l'option **Use Distribution**.

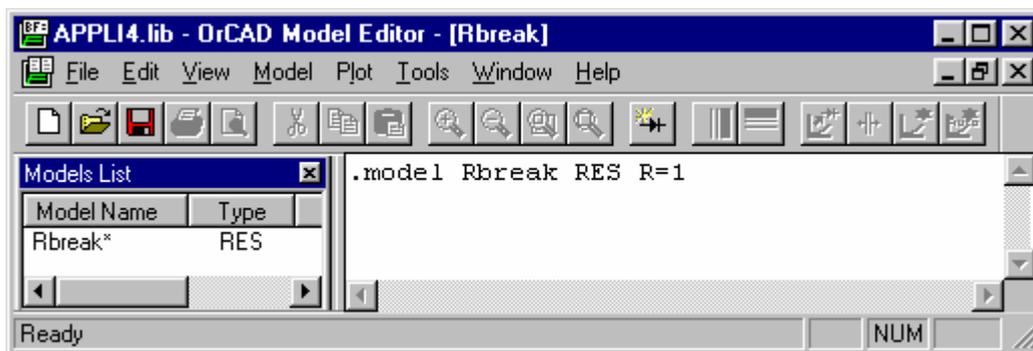
Le simulateur connaît deux distributions **Uniform** et **Gaussian**, mais il est possible de définir sa propre distribution à l'aide de la directive **Distributions**.

Distribution spécifique

Si vous voulez définir une tolérance sur un composant avec une répartition différente des autres tolérances, il faudra remplacer le composant de base (R, L, C) par un composant primaire (Rbreak, Lbreak, Cbreak) de la librairie BREAKOUT.OLB, puis définir le modèle de ce composant (tolérance et répartition) par accès au menu **Edit/Spice Model...**

Par exemple, après placement d'un composant Rbreak sur le schéma, il faut lui associer son nouveau modèle.

☞ Sélectionnez cette résistance sur le schéma, puis accédez au menu **Edit/Spice Model** :



☞ Remplacez `.model Rbreak RES R=1` par `.model Rmod RES(R=1 DEV=5%)`

Ce modèle définit une résistance dont la tolérance est de 5% avec une loi de probabilité uniforme. Il est sauvegardé dans une librairie portant le même nom que celui du projet (application6.lib) qui est stocké dans le dossier **Model Libraries** du gestionnaire de projet.

Pour d'autres résistances, modifiez l'attribut **model** par **model= Rmod**.

Si l'on veut une loi de probabilité gaussienne : `.model Rmod RES(R=1 DEV/GAUSS=5%)`
Attention, 5% représente la valeur de σ , ce qui signifie que la résistance est définie à $\pm 15\%$.

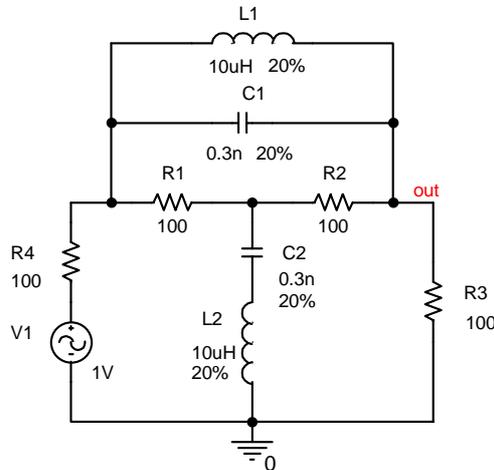
Autre exemple : `.model Rmod RES(R=1 DEV=1% LOT/GAUSS=5%)`

Utilisation d'une distribution personnelle :

`.distribution Distri_perso (-1,0) (0,1) (1,0)`
`.model Rmod RES(R=1 DEV=1% LOT/Distri_perso=5%)`

Le projet 'application4.OPJ' s'appuie sur un filtre réjecteur à 3 MHz. Le but est de visualiser, sous forme d'histogramme, la répartition de la fréquence de réjection lorsque l'on définit des tolérances de 20% sur les selfs et les capacités. La bande de fréquence à explorer est de 300 kHz à 30 MHz.

Saisie du schéma

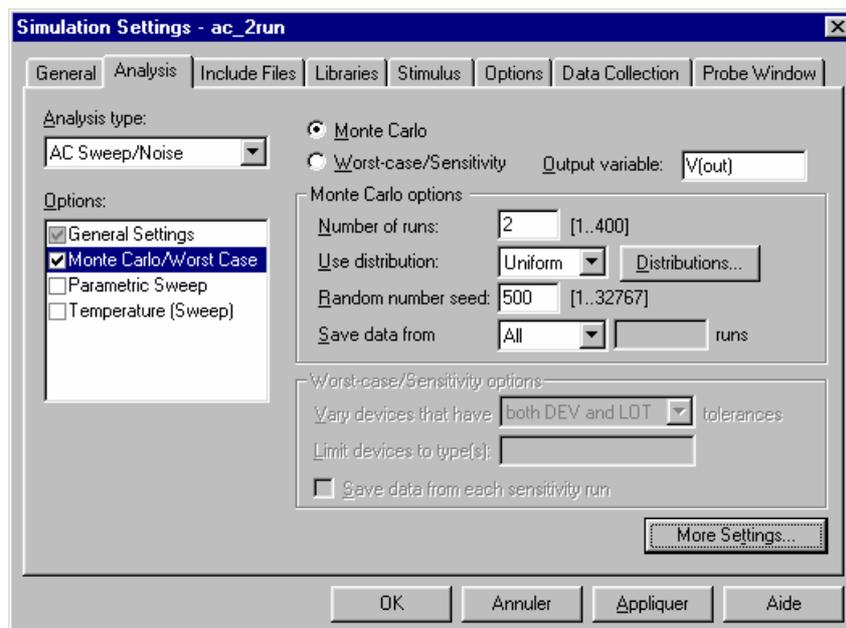


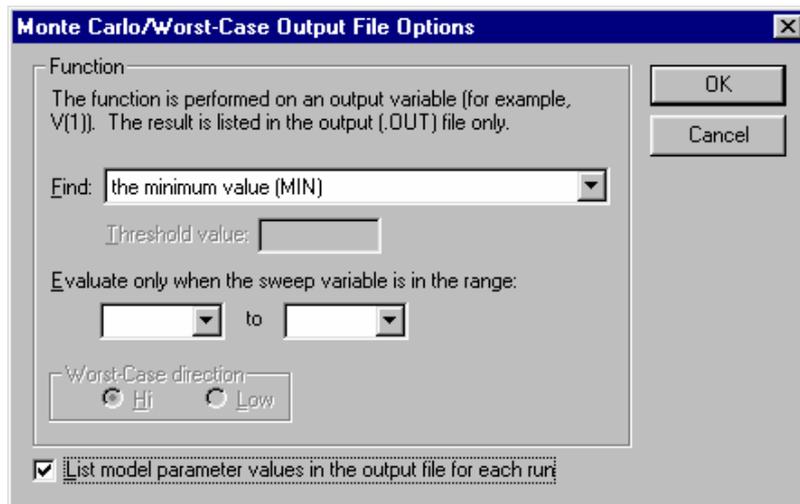
Remarque : pour définir les tolérances, cliquez sur le composant dans le schéma, éditez **Edit/Properties** (ou bouton droit de la souris et choisir **Edit Properties**). Remplissez le champ TOLERANCE, puis cliquez sur **Apply**. Si vous voulez faire apparaître la valeur sur le schéma, cliquez sur **Display Properties** et choisissez **Value Only**.

Configuration de l'analyse de Monte Carlo

Plusieurs analyses (runs) peuvent être lancées. Le run n°1 correspond à la simulation du circuit pour toutes les valeurs NOMINALES des composants. Ensuite, pour un run donné et pour chaque composant possédant une tolérance, le logiciel « tire » une valeur aléatoire du composant selon sa distribution et sa tolérance. Lorsque toutes les valeurs sont déterminées, le logiciel effectue une simulation et passe au run suivant.

La configuration pour 2 analyses de Monte Carlo est la suivante :





Analysis type : L'analyse de Monte Carlo s'effectuera sur l'analyse **AC Sweep**.

Options : Sélectionnez l'analyse de **Monte Carlo/Worst Case**, puis validez (case à cocher).

Cliquez sur **Monte Carlo options** :

Output variable : Signal étudié par l'analyse de Monte Carlo.

Number of runs : Indiquez 2 itérations pour l'analyse.

Use distribution : Choisir **Uniform**.

Random number seed : base aléatoire (rien par défaut).

Save data from : Sélectionnez ALL afin que les résultats de toutes les itérations soient visualisables.

Cliquez sur **More Settings** :

Find : YMAX : Recherche l'écart maximal entre la courbe nominale et la courbe de l'itération n.

MAX : Recherche la valeur maximale sur la courbe pour l'itération n.

MIN : Recherche la valeur minimale sur la courbe pour l'itération n.

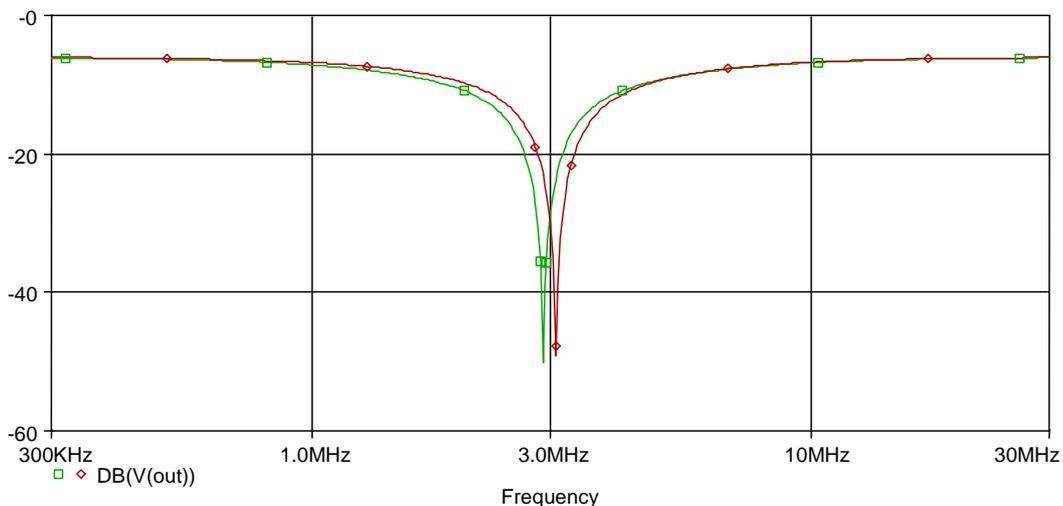
RISE : Recherche la première occurrence supérieure à la valeur RISE/FALL.

FALL : Recherche la première occurrence inférieure à la valeur RISE/FALL.

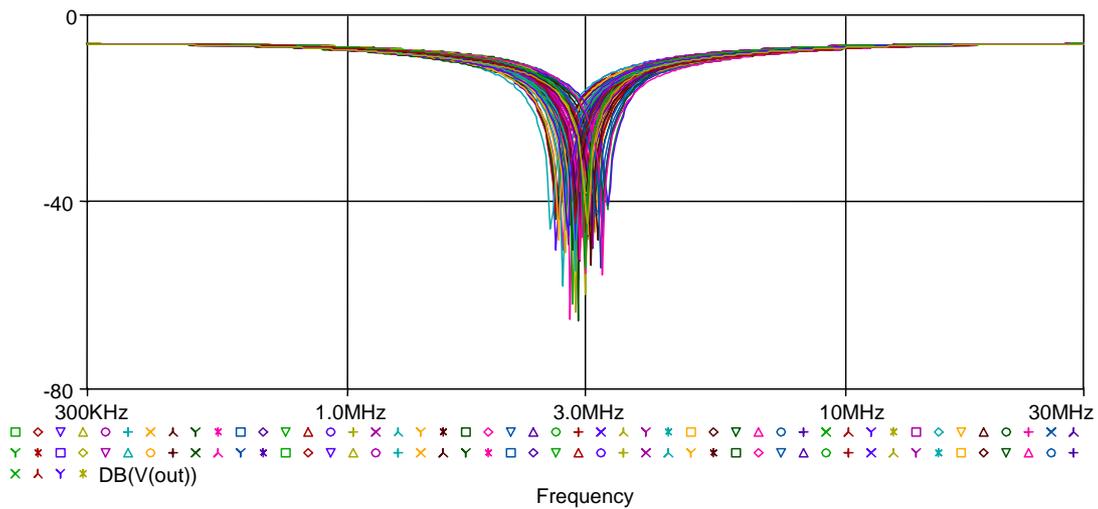
Sélectionnez également la case à cocher **List model parameter values in the output file for each run**, pour connaître les valeurs de chaque composant pour chacun des tirages (voir fichier output).

☞ Après avoir effectuer les opérations précédentes, définissez le balayage fréquentiel indiqué, puis lancez la simulation.

☞ Visualisez les résultats dans Pspice et dans le rapport de simulation.



☞ Relancez la simulation pour 100 runs.



On effectue, maintenant, une analyse de performance en vous intéressant à la fréquence de réjection de manière à afficher la répartition de cette fréquence.

Attention : Il n'existe pas de « Measurement » permettant de retrouver la coordonnée X d'un point minimum d'une courbe.

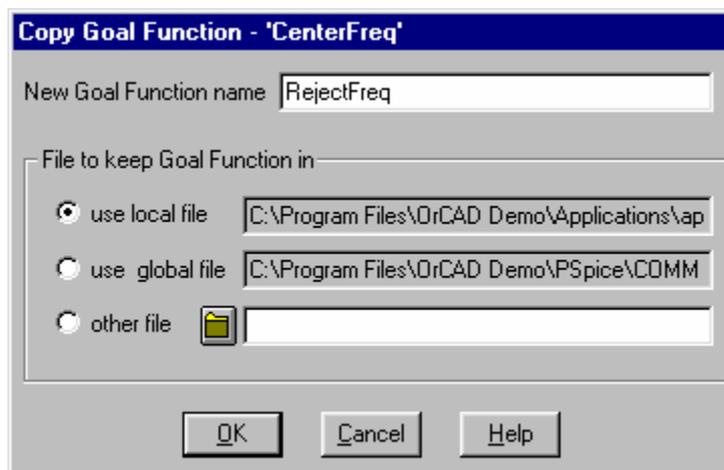
Pour créer ce « Measurement », accédez à la fenêtre **Trace/Measurements**, puis cliquez sur **New**.

Remarque : Si vous devez générer un « Measurement » pour une simulation particulière, cette fonction doit être créée en locale (**use local file**). En revanche, si ce « Measurement » doit être visible par tous les utilisateurs du logiciel, elle doit être définie de façon globale (**use global file**), donc dans le fichier PSPICE.PRB ou dans un fichier (**other file**) connu et accessible par tous les utilisateurs.

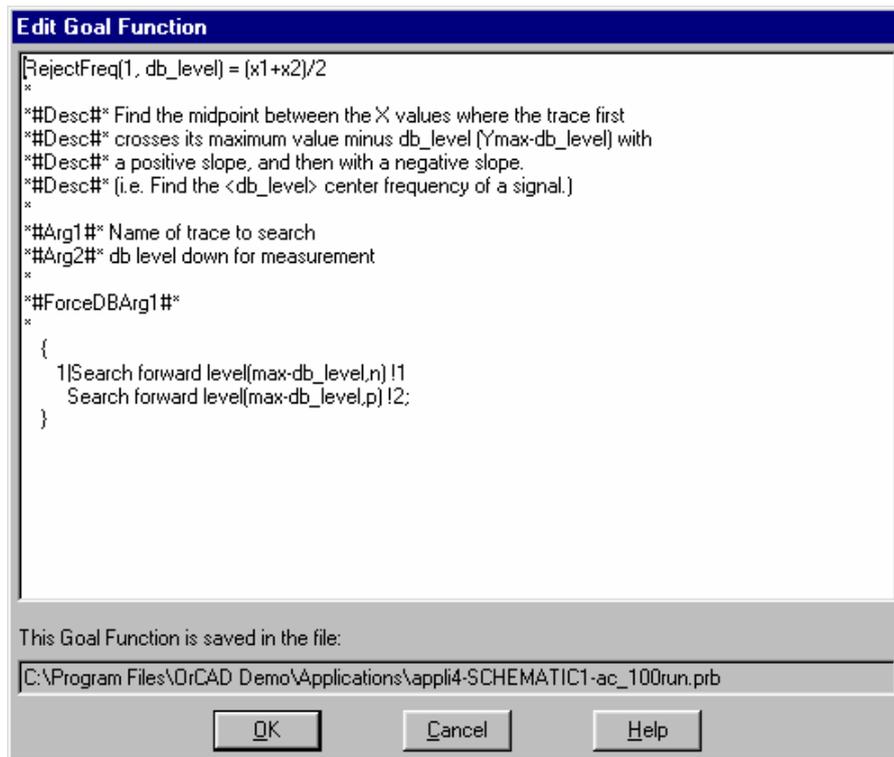
Attention : lors d'une mise à jour du logiciel, il se peut que le fichier PSPICE.PRB soit mis à jour. Par conséquent, effectuez une sauvegarde du PSPICE.PRB si vous avez modifié ce fichier.

Dans le cas présent, on procède plus directement pour obtenir la fréquence de réjection. En effet, au sein de la liste des « Measurements », existe 'CenterFrequency' pour un filtre passe bande. Il suffit d'en faire une copie et de modifier le calcul en inversant les pentes positive et négative.

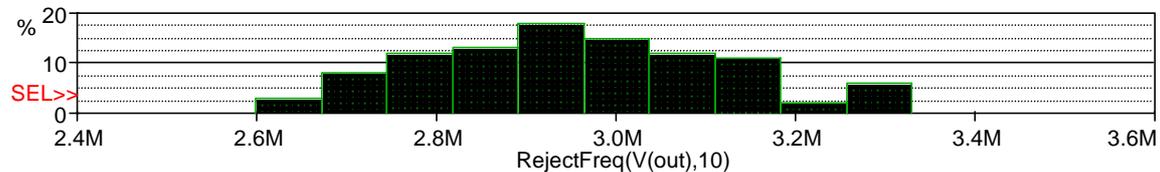
☞ Accédez à la fenêtre **Trace/Measurements**, sélectionnez CenterFrequency et cliquez sur **Copy**. Nommez la nouvelle fonction 'RejectFreq' et créez la en locale (**use local file**).



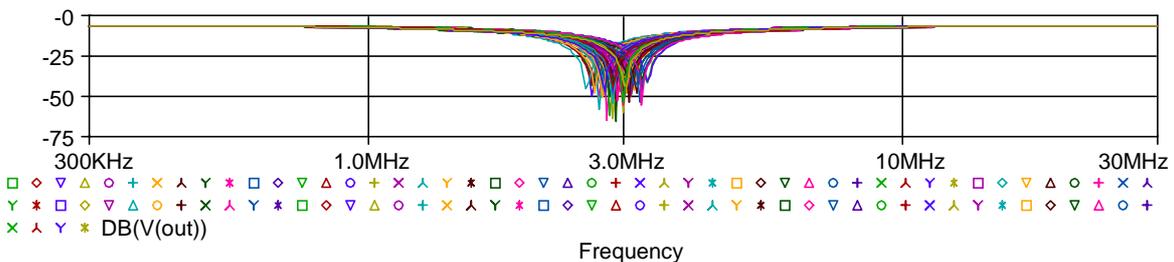
☞ Modifiez les deux dernières lignes (inversion des pentes n et p).



☞ Pour effectuer l'analyse des performances, sélectionnez l'icône . Accédez au menu **Trace/Add Trace** et sélectionnez **RejectFreq(V(out), 10)** (10 dB en dessous du maximum).



n samples	= 100	sigma	= 166277	median	= 2.93707e+006
n divisions	= 10	minimum	= 2.59884e+006	90th %ile	= 3.16994e+006
mean	= 2.95534e+006	10th %ile	= 2.73874e+006	maximum	= 3.32981e+006



L'affichage des statistiques précise :

- n samples : nombre d'itérations de la simulation analysée,
- n divisions : nombre de divisions de l'intervalle [Xmin, Xmax] utilisées pour réaliser l'histogramme,
- mean : moyenne arithmétique des valeurs prises par la fonction d'évaluation,
- sigma : écart-type des valeurs prises par la fonction d'évaluation,
- minimum : valeur minimale de la fonction d'évaluation,
- 10th %ile : valeur de l'axe X telle que 10% des valeurs prises par la fonction d'évaluation lui soient inférieure,

- median : valeur de l'axe X telle que 50% des valeurs prises par la fonction d'évaluation lui soient inférieure,
- 90th %ile : valeur de l'axe X telle que 90% des valeurs prises par la fonction d'évaluation lui soient inférieure,
- maximum : valeur maximale de la fonction d'évaluation.

Visualisez le fichier de résultats et en particulier le tri des données en accédant à **View/Output File**.

