

VI Analyses statistiques Monte Carlo et Worst-case

Lorsque l'on construit un équipement en série, les performances obtenues ainsi que les points de polarisation des composants peuvent varier énormément d'un modèle à un autre à cause de la dispersion des valeurs des éléments. Si une grandeur est une fonction simple d'une autre, par exemple la tension de collecteur d'un transistor en fonction du β de ce dernier:

$$V_{CE} = E - R_C \beta (E - 0.6) / R_B$$

il est facile de calculer la dispersion des valeurs de V_{CE} si l'on connaît la loi de répartition des β , par exemple une loi de Gauss centrée sur $200k\Omega$ et de variance $10k\Omega$ (5%) Par contre lorsque le nombre d'éléments intervenant est grand et la relation mathématique complexe ce calcul peut se révéler difficile, ou même impossible. On fait alors appel à une méthode de tirage au hasard, la méthode dite de Monte Carlo. Elle consiste à effectuer de nombreuses simulations du circuit complet en prenant pour chacune des valeurs tirées au hasard, compte tenu des lois de dispersion connues, des composants.

Avant tout lancement d'une analyse Monte Carlo des tolérances doivent être définies pour les composants. Ces tolérances sont introduites dans les modèles Dans les versions DOS on introduisait dans la Netlist la ligne de commande

.MODEL RTYPE1 RES(R=1 DEV=10%)

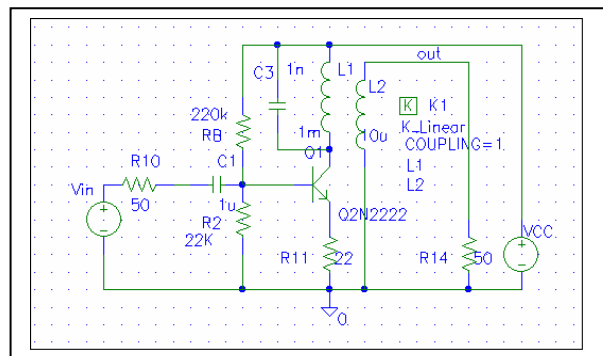
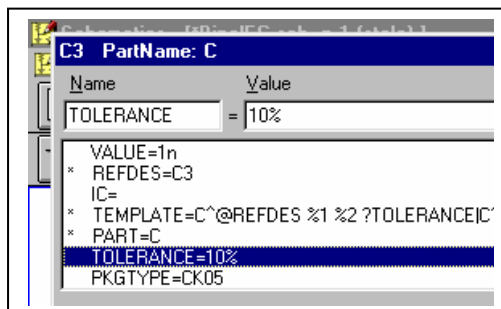
RTYPE1 est le nom d'un type de résistance, RES le nom du modèle des résistances en général, R=1 veut dire que la résistance vaudra la valeur nominale lue sur le schéma (si on mettait 2 elle serait double), DEV défini la déviation en %, sans précisions la répartition est uniforme dans la zone, en écrivant DEV/GAUSS=10% la répartition sera gaussienne (DEV est alors le terme σ)

Dans les versions Windows la commande est semblable dans la boîte ouverte par **Edit** \Rightarrow **Attributes** (Pour un composant passif R L C la commande Model de Edit ne s'ouvre pas.)

A titre d'exemple considérons l'amplificateur HF ci contre. Nous allons étudier l'influence d'une dispersion de la valeur du condensateur d'accord sur la courbe de gain.

Activons d'abord le condensateur C3, qui devient rouge, puis **Edit** \Rightarrow **Attributes**

La fenêtre ci dessous s'ouvre :



Introduisons la tolérance 10% puis OK

Il suffit maintenant de programmer l'analyse Monte Carlo par **Analysis**

⇒**Setup**⇒**Monte Carlo**

Dans la fenêtre il faut choisir les options suivantes

Monte Carlo

MC Runs= C'est le nombre d'analyse qui seront effectuées avec des valeurs aléatoires des paramètres 10 est une bonne valeur , on peut aller jusqu'à 100.

Analyse AC Toute autre analyse est possible

Output Var C'est le nom de la variable pour laquelle est effectué l'analyse

Les choix dans la case **Function** concernent des données qui seront écrites dans le fichier .OUT (fichier texte) Pour réduire le volume des résultats on peut ne noter dans ce fichier que l'écart maximal avec la valeur nominale (**YMAX**), la valeur **MAX** ou **MIN** , combien de fois un résultat a t'il été trouvé supérieur à une zone définie par **Range Lo Range Hi** (**RISE**) ou inférieur à cette zone (**FALL**).

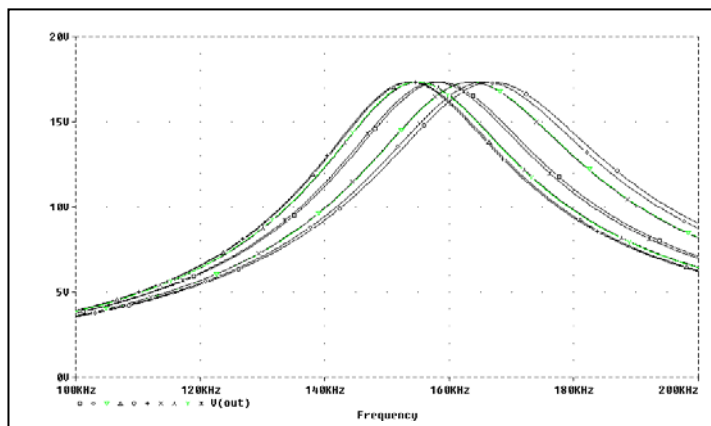
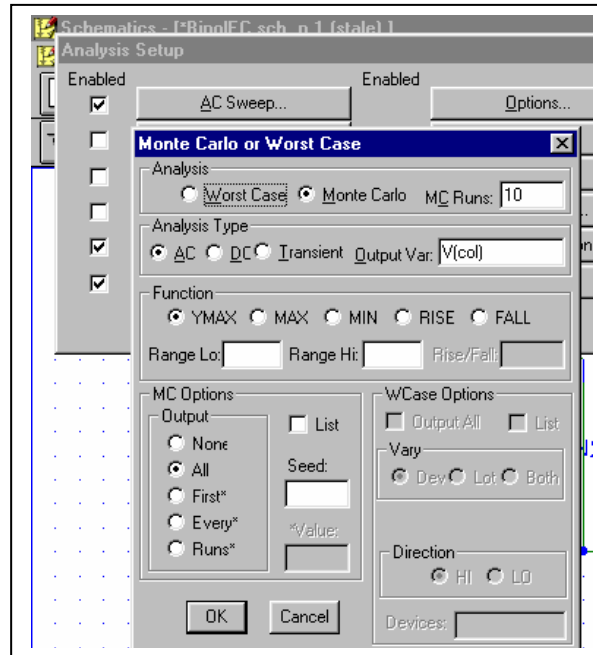
La boîte **MC Options** permet de choisir le nombre de courbes qui seront affichées à l'écran **None** aucune, **All** toutes, **First n** les n premières ,**Every n** toutes les n **Runs** list , seules celles dont le numéro est défini.

Il ne faut pas oublier de programmer l'analyse désirée , ici **AC Analysis**

⇒**Setup**⇒**AC Sweep**

Puis lancer **Analysis** ⇒**Simulate**

Et le résultat :



La même méthode est applicable avec un composant actif, étudions par exemple l'influence du gain du transistor . Supprimons d'abord la tolérance de 10% sur C3 , puis sélectionnons le transistor. (Quand il est rouge)

Edit ⇒ **Model** ⇒**Edit Instance Model(text)**

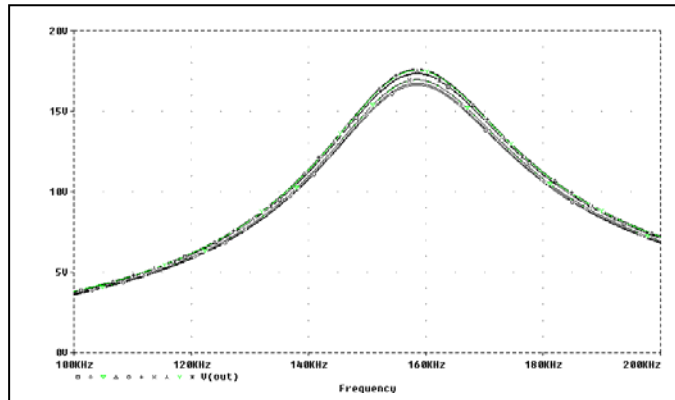
Dans la liste des paramètres qui apparaissent modifions la ligne

Bf=255.6

Par Bf=255.6 DEV 10% puis OK ↵

Une tolérance d'erreur a ainsi été introduite sur le béta du transistor. Il suffit de lancer l'analyse AC /MC .Le résultat est visualisé ci dessous .

Remarquer que le béta influe peu sur la fréquence d'accord mais surtout sur le gain. (Assez peu à cause de la résistance d'émetteur)



Dans l'exemple précédent un seul composant était considéré comme variable Le plus souvent

ce sont tous les composants qui possèdent des tolérances. Supposons par exemple qu'un montage utilise 5 résistances, la solution est de placer l'une d'elle à l'écran , la valider et introduire la tolérance choisie puis la dupliquer pour placer les 4 autres .Ainsi les 5 résistances auront la même tolérance même si on change ensuite leur valeur .

Note : Il existe une seconde commande **LOT** qui est l'écart maximal de la valeur centrale d'un lot de composants par rapport à la valeur nominale.

Les deux écarts s'ajoutent, Valeur=Valeur nominale $\pm a$ DEV $\pm b$ LOT a et b étant des coefficients aléatoires compris entre 0 et 1 , DEV et LOT sont exprimés en % de la valeur nominale.

Analyse Worst Case (Pire cas)

La directive **WCASE** permet de réaliser une analyse de fonctionnement permettant de déterminer compte tenu des tolérances sur les composants utilisés quel est le plus défavorable par rapport au but recherché.

PSPICE recherche d'abord pour chaque composant dont les tolérances ont été précisées quelle est la valeur possible la plus défavorable, puis il effectue une dernière analyse avec toutes les valeurs ainsi trouvées. .les résultats sont différents de ceux obtenus par une analyse .MC car dans ce dernier cas les valeurs les plus défavorables ne sont pas forcément tirées au sort par le logiciel . .

La boîte de dialogue dans laquelle il faut valider Worst Case permet de choisir :

Type d'analyse.AC .DC .TRAN

Variable de sortie est la grandeur dont l'analyse est demandée ,une tension de sortie par exemple.

Fonction spécifie le type d'opération effectuée sur la variable de sortie afin de réduire les résultats d'une analyse à une valeur unique définissant la différence avec la valeur nominale.

YMAX écart maximal avec la valeur nominale

MAX valeur maximale durant chaque analyse

MIN valeur minimale

RISE_EDGE première occurrence de chaque analyse supérieure à la valeur spécifiée

FALL_EDGE première occurrence de chaque analyse inférieure à la valeur spécifiée

Options

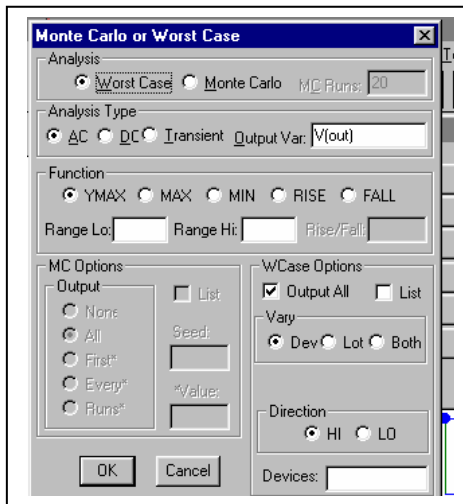
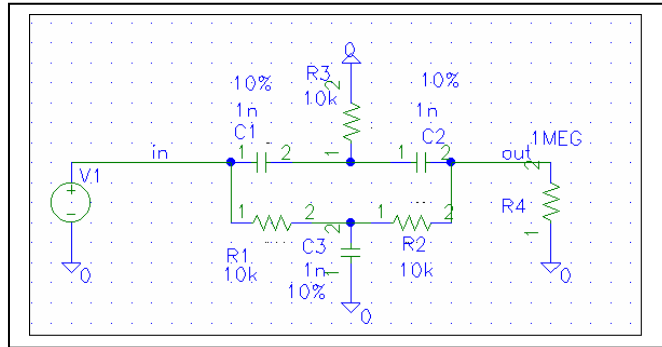
Options all envoie tous les résultats de simulation
RANGE (<valeur basse><valeur haute>) restreint l'intervalle pour laquelle l'opération fonction est évaluée.

HI ou LOW spécifie si le cas défavorable est celui qui est le plus grand ou le plus petit

VARY DEV,VARY LOT,VARY BOTH définit si on utilise les spécifications de tolérance DEV, LOT ou les deux

Exemple: Etude d'un filtre réjecteur double T

Toutes les résistances du schéma ont été créées par duplication d'une première ayant une tolérance de 10%, de même pour les condensateurs .



Dans la fenêtre ci contre HI signifie que le pire cas correspond à une valeur maximale de Vout.

