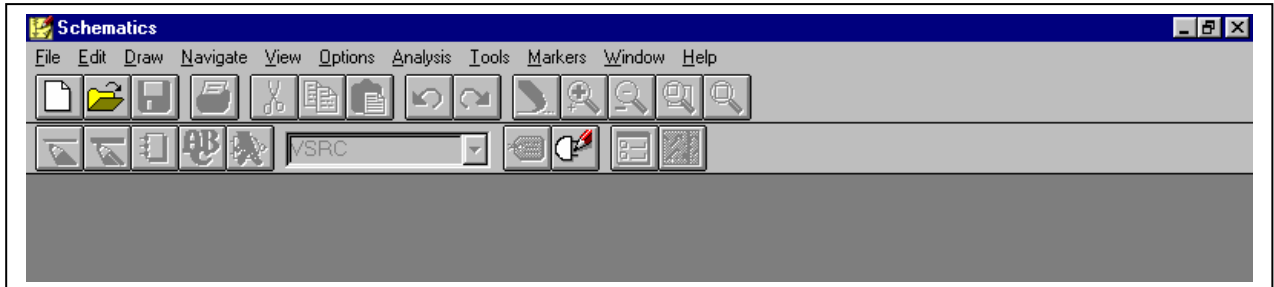


## II La saisie de schémas **SCHEMATICS**

SCHEMATIC ne permet pas seulement de dessiner le schéma du circuit sur l'écran il donne également accès à tous les outils logiciels nécessaires pour effectuer une simulation complète.

L'écran initial de Schematics est reproduit ci dessous .



Sur la première ligne **File** permet comme d'habitude de charger ou sauver des fichiers., il commande l'impression mais aussi l'édition des librairies.

### Recherche et placement d'un composant

**DRAW** donne accès aux composants :

**Place part** permet de placer un composant parmi ceux qui ont déjà utilisés au début du tracé , leur liste apparaît en effectuant un click sur le bouton ou par ^P (Ctrl P ) Le composant sélectionné apparaît à l'écran en noir , il suit la souris jusqu'au click qui le fixe à la position souhaitée, il est alors tracé en bleu. Un composant sélectionné est tracé en rouge, il est alors possible de le détruire (Suppr) ou de le déplacer à l'aide de la souris.

**Wire** ou ^W permet de tracer une liaison, la connexion avec une patte de composant est automatique si le trait passe sur cette extrémité. Sinon un click de souris assure la liaison entre deux fils qui se croisent. En cliquant sur un fil existant il devient rouge et peut être déplacé ou supprimé (Avec la touche Suppr).Pour reprendre un tracé après une connexion il n'est pas nécessaire de refaire ^W , *une action sur la barre d'espacement suffit.*

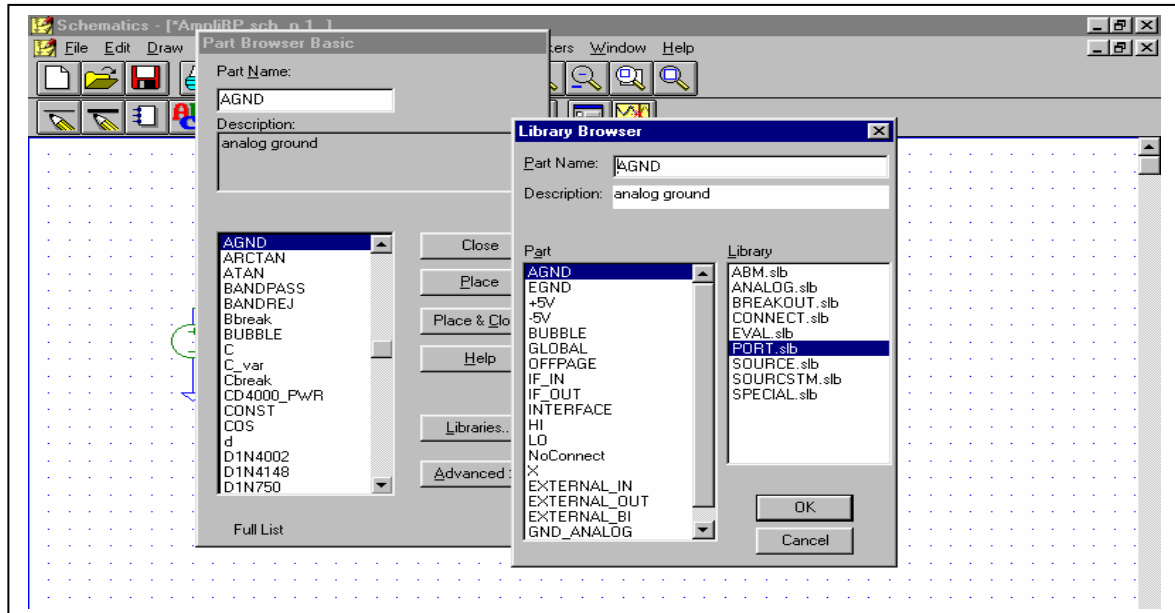
**Block** est utilisé pour créer des sous circuits , voir plus loin.

**Get New Part** ou ^G est la commande la plus importante, elle permet de rechercher un composant dans l'une des bibliothèques.

En cliquant sur ce bouton une première fenêtre apparaît qui présente dans la colonne de gauche les composants de la bibliothèque active. Pour choisir l'un d'entre eux il suffit de cliquer dessus. Si le composant cherché ne figure pas on peut ouvrir une nouvelle librairie, un click sur le bouton Librairies ouvre une fenêtre qui présente les librairies disponibles. La figure suivante montre les librairies disponibles dans la version d'évaluation du logiciel. Les composants actifs disponibles sont regroupés dans eval.lib. La version complète du logiciel présente des dizaines de librairies fournies par les principaux constructeurs. La version d'évaluation autorise l'utilisateur à définir une librairie personnelle dans

laquelle 10 composants particuliers peuvent être placés. Cette librairie personnelle peut être construite pour un circuit particulier et sauvée avec lui ce qui donne une assez grande souplesse au logiciel réduit malgré sa relative pauvreté en composants disponibles.

On trouve dans les librairies non seulement les composants mais aussi les stimuli qui ont été décrits plus haut et bien d'autres.



Un composant placé à l'écran peut être sélectionné en cliquant dessus il devient alors rouge, il peut alors être déplacé avec la souris mais aussi :  
 retourné horizontalement par **^F**  
 tourné de 90° par **^R**

Le dessin à l'écran peut être imprimé, il suffit de l'encadrer en créant un cadre de sélection avec la souris et l'imprimer avec la commande **File ⇒ Print**. Ces manœuvres sont familières à un utilisateur de Windows.

### Nom et valeur d'un composant

Un composant placé à l'écran possède un nom et une valeur attribués par défaut par le logiciel, par exemple une résistance vaut 1k et un condensateur 1nF. Pour les modifier deux méthodes sont possibles :

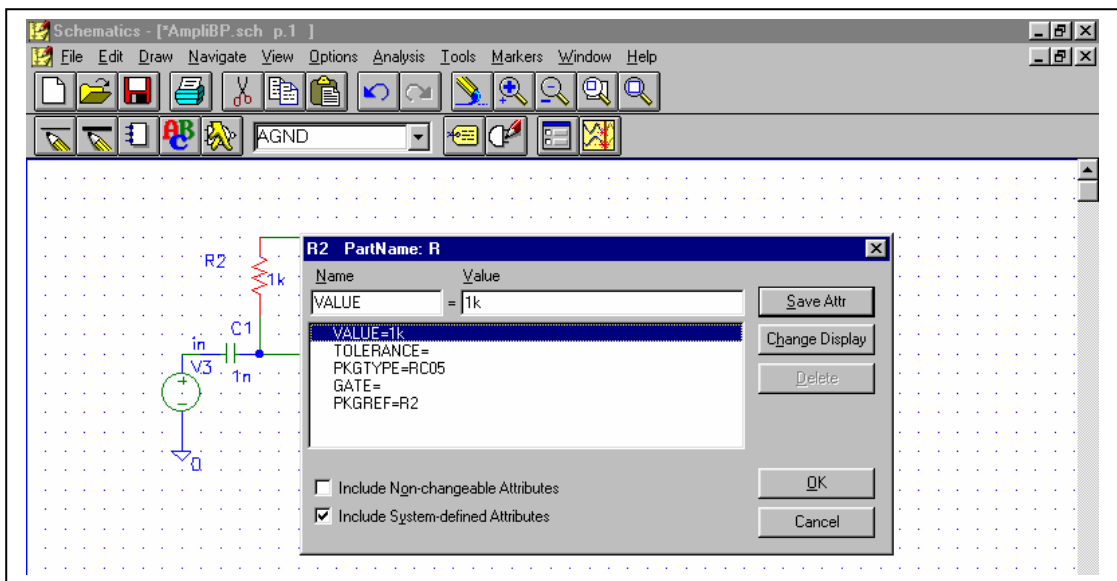
#### Pour changer le nom :

Il suffit de cliquer une première fois sur le nom du composant, par exemple R1, ce nom apparaît dans une fenêtre bleue et le composant lui-même est entouré de pointillés. (Ceci permet de reconnaître le composant sélectionné dans le cas où les noms auraient été regroupés dans un coin de la page pour alléger le dessin.) Deux clics de souris sur le nom ouvrent une fenêtre dans laquelle il est possible d'introduire le nouveau nom. Attention la première lettre doit être conservée, elle est caractéristique du type de composant, un condensateur C1 peut être renommé Cout mais non Kout ou K2, sinon une erreur serait déclarée au lancement de l'analyse.

### Pour changer la valeur

La méthode est rigoureusement la même en cliquant sur la valeur .

La seconde méthode consiste à cliquer sur le composant lui même, dans ce cas une fenêtre plus grande s'ouvre dans laquelle il est possible de changer la valeur en cliquant sur VALUE et en effectuant l'édition dans la ligne réservée à cet effet en haut de la fenêtre. Le nom peut de même être modifié en cliquant sur PKGREF et en entrant le nouveau Nom dans la ligne d'édition. Il en est de même de la tolérance (si on effectue une analyse Monte Carlo) ou d'autres paramètres suivant le composant sélectionné.



### Les bibliothèques

On accède à la liste et au contenu des bibliothèques par ^G puis en cliquant sur le bouton LIBRAIRIES

### ABM.SLB

C'est une bibliothèque très importante qui contient tous les stimuli de la modélisation comportementale.

ABM est une source de tension (ABM/I une source de courant) qui peut être une constante ou une fonction du temps utilisant la variable définie TIME ,par exemple  $4 * \cos(2 * 3.14159 * 1K * TIME)$  sinusoïde 4volts 1kHz.

ABM1 est une source de tension à 1 entrée et 1 sortie , la tension de sortie est une fonction mathématique de la tension d'entrée , par exemple :

$(V\%1) * V(\%1)$  est un quadrateur qui élève une tension au carré. La formule doit être introduite en cliquant sur le composant comme cela a été décrit plus haut, V%1 représente la tension d'entrée.

ABM2 est une source de tension (ABM2/I une source de courant) qui possède deux entrées , par exemple  $(V\%1) * (V\%2) / 10$  simule un multiplicateur 4 quadrants

Sont également disponibles des fonctions prédéfinies appliquées à la tension d'entrée , COS prendre le cosinus, LOG10 le log décimal,DIFFR la dérivée INTEG l'intégration , LOPASS un filtre passe bas défini par sa fréquence de coupure , ondulation dans la bande et atténuation limite.

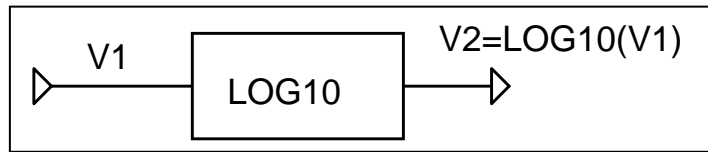


TABLE est une fonction très intéressante, elle définit une fonction par une suite de couples de valeurs , entre ces valeurs la loi est linéaire ,c'est par exemple précieux pour introduire un écrêtage

L'exemple ci contre représente un ampli continu de gain 100000 avec écrêtage à  $\pm 15V$

D'autres pseudo composants sont bien utiles pour représenter des amplificateurs non linéaires .Par exemple

TABLE	
Vin	Vout
-150uV	-15V
0	0
+150uV	+15V

GLIMIT est un quadripôle qui remplit la fonction  $V2=G.V1$  pour  $A < V2 < B$  c'est à dire une amplification avec écrêtage.

Par exemple avec  $G=100k$   $A=-15V$  et  $B=+15V$  on obtient une simulation d'amplificateur opérationnel ( A une seule entrée cependant )

ETABLE ( ou GTABLE en courant ) est un quadripôle dont la tension de sortie est une fonction non linéaire de la différence de potentiel entre les deux entrées associé à une table de valeurs :

Avec  $EXPR=2*\log_{10}(ABS(V(\%IN+,\%IN-)))$

Et  $TABLE (-1,-1)(1,1)$

On obtient une tension de sortie qui vaut 2 fois le logarithme décimal de la valeur absolue de la différence de tension entre les deux entrées mais limité à  $-1,1$

E ou GLAPLACE remplit une fonction du même type mais dans le domaine spectral :

ELAPLACE avec  $EXPR=(V\%IN+,V\%IN-)$

Et  $XFORM=1/s$

Est un intégrateur ( $1/s$ ) de la différence entre les tensions d'entrée .

## PORTs.slb

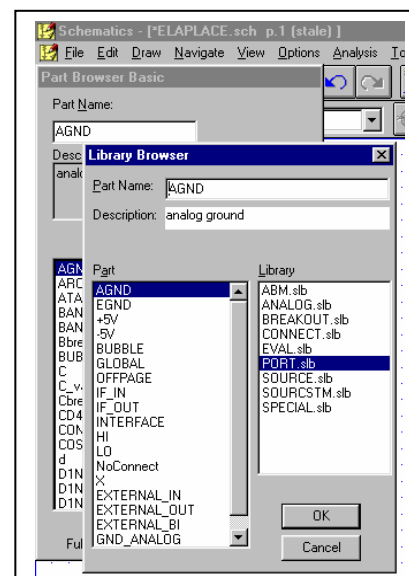
Contient les symboles associés aux points du circuit.

BUBBLE nomme un point du circuit .Les points du circuit ayant le même nom sont reliés entre eux .Ce symbole est très utilisé pour les alimentations .

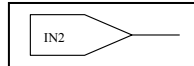
GLOBAL joue le même rôle avec un graphisme différent.

+5 -5 sont utilisés pour la simulation logique.

AGND (Analogic Ground ) est la masse analogique , c'est à dire le nœud zéro du circuit.



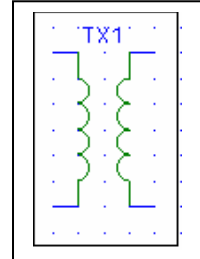
X est un accès



### **ANALOG.slb**

Contient les stimuli classiques de PSPICE E EPOLY F FPOLY etc et également Résistance , Condensateurs

K\_Linear est un coefficient de couplage entre 2 ou plusieurs bobinages, il permet de simuler des transformateurs complexes. Pour un transformateur simple ne possédant qu'un seul primaire et un seul secondaire on peut utiliser XFRM\_LINEAR (Figure ci contre )

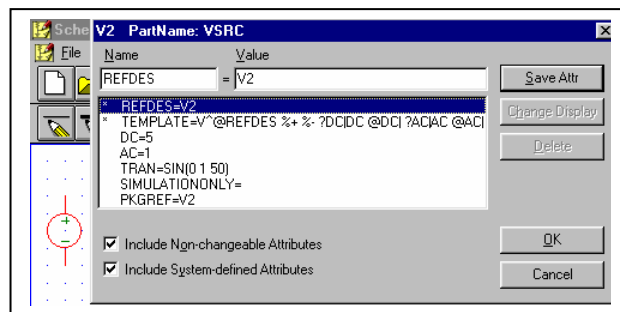


Cette bibliothèque contient également les modèles de ligne à retard sans pertes T , définies par l'impédance caractéristique ZO ,le délai de transmission TD, et la fréquence pour laquelle on définit la longueur en nombre de longueurs d'onde NC .Il existe également un modèle de lignes avec pertes d'emploi plus délicat.

### **SOURCES.Slb**

Contient les sources les plus classiques ,mais on peut presque se limiter à VSRC (ou ISRC en courant ) dans laquelle on peut définir simultanément des valeurs continue (pour DC) alternatives (AC) ou de forme quelconque (SIN PULSE....).pour l'analyse TRANS.

En cliquant sur le cercle représentant cette source une fenêtre s'ouvre sur laquelle on peut indiquer les différentes valeurs qui seront utilisées dans les diverses analyses. Par exemple (Figure ci contre) une tension continue DC de 5V (Pour le calcul du point de polarisation ) AC=1V pour l'analyse AC ce qui fournit directement la valeur du gain., SIN(0 1 50) sinusoïde d'un volt d'amplitude , centrée sur 0 et de fréquence 50Hz (pour la simulation transitoire)



### **SPECIAL.slb**

Contient des pseudo composants qui sont des directives permettant de définir des valeurs initiales ou des paramètres.

IC1 IC2 définissent les tensions initiales d'un nœud ou la différence de potentiel initiale entre deux nœuds.

NODESET1 NODESET2 sont des valeurs initiales utilisées seulement pour faciliter la convergence des algorithmes.

IPROBE introduit sur un fil un générateur de tension nulle (générateur ampèremètre ) permettant d'afficher une valeur de courant .

VIEWPOINT affiche sur le schéma la valeur d'une tension de repos , elle n'apparaît qu'après simulation.

PARAM permet d'introduire des paramètres (maximum 3 )

## EVAL.slb

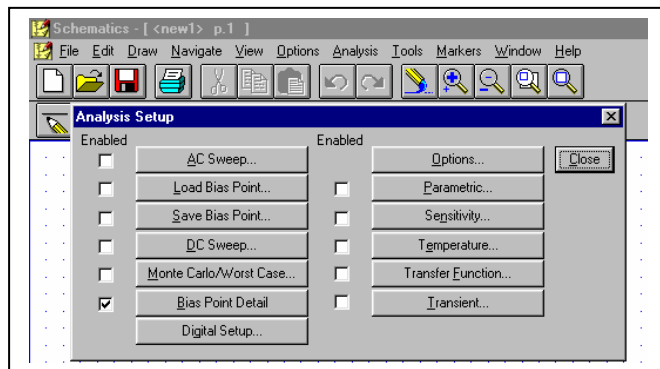
Contient la description des composants disponibles dans la version d'évaluation, 4 transistors PNP et NPN , des diodes, 2 ampli op , des JFET et des MOS de puissance L'utilisateur peut dans des limites assez étroites créer sa propre bibliothèque.

### Les stimuli

Ce sont les sources d'excitation et d'alimentation. Leur choix dépend du type d'analyse demandé. Pour effectuer une analyse AC le schéma doit comporter au moins une source alternative , pour une analyse TRANS au moins une source fonction du temps SIN PULSE etc . ; Ces sources sont, comme nous venons de le voir, disponibles pour la plupart dans la bibliothèque SOURCES.slb Les sources VSRC ou ISRC peuvent être les seules utilisées car elles peuvent être configurées pour toutes les analyses.

### Paramétrage des analyses à effectuer

Dans la ligne supérieure de l'écran initial de Schematics on clique sur le bouton **Analysis ⇒Setup**. La fenêtre ci contre s'ouvre permettant le choix entre toutes les analyses disponibles. Le bouton **Bias Point Detail** est déjà coché car la logiciel calcule nécessairement les points de polarisation.



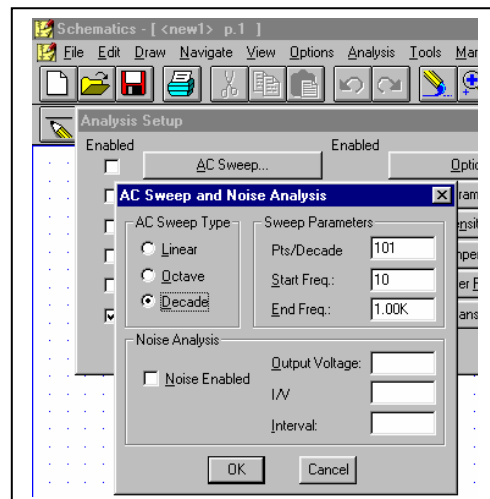
Nous détaillerons seulement les analyses les plus importantes AC Sweep DC Sweep Transient .

### AC Sweep

En cliquant sur le bouton correspondant on obtient la fenêtre ci contre :

La partie droite en haut défini le nombre de fréquences pour lesquelles l'analyse est effectuée, nombre de points au total ,(si choix linéaire ) ou par octave ,ou décade , ainsi que les fréquences limites. Les points sont répartis linéairement en fréquence ou suivant une loi logarithmique .Sur la figure ci contre on a demandé 101 points par décade entre 10Hz et 1kHz .

Pour obtenir des courbes bien



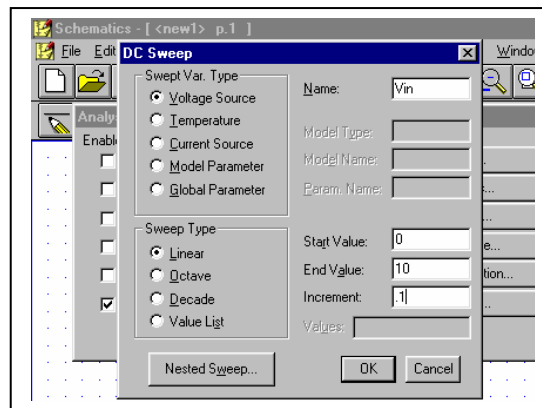
continues il est souhaitable d'effectuer le calcul sur un nombre suffisant de points ,quelques centaines par exemple.

La même fenêtre donne également accès à l'analyse de bruit .

### DC Sweep

En cliquant sur DC Sweep on obtient la fenêtre ci contre .

A gauche est défini d'abord le type de variable qui est en jeu, tension, courant , température ou paramètre (voir plus loin analyse paramétrique ). Puis à droite le nom de la variable, ici une tension ayant pour nom Vin .La partie inférieure précise le nombre de points et la façon dont ils sont répartis ,ici linéairement entre 0 et 10V avec un écartement de 0.1V . (soit 100 points ) .Pour un nombre plus faible de points il est possible de les définir par une liste.



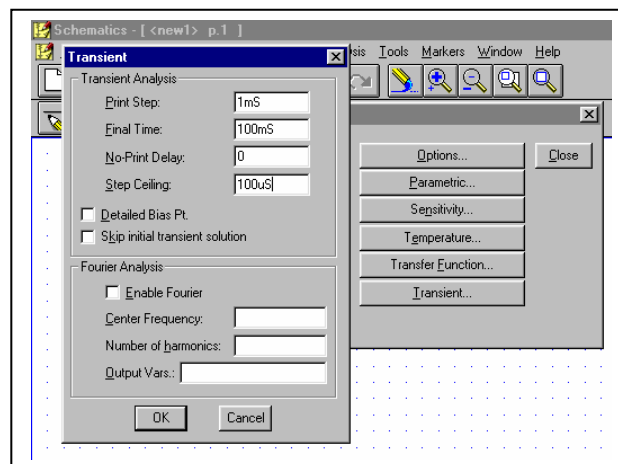
Le bouton inférieur NestedSweep permet de faire une analyse multiple , par exemple analyse en fonction de Vin pour différentes valeurs de la tension d'alimentation Vcc. En activant ce bouton une fenêtre identique à la précédente s'ouvre permettant la définition balayage du second paramètre. Ce dernier peut être une tension ou un courant ,mais aussi la valeur d'un composant ou le paramètre d'un modèle. On parle dans ce cas d'analyse paramétrique. Cet aspect sera développé plus bas.

### Transient

C'est l'analyse transitoire.

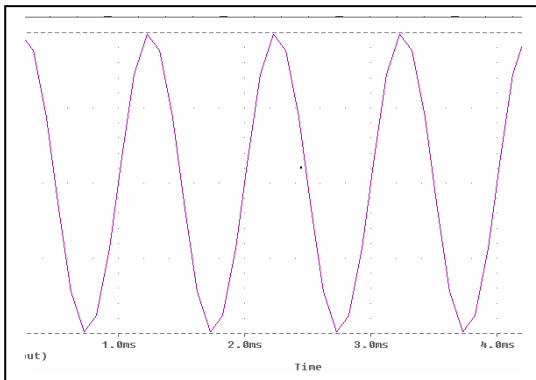
Le seul paramètre essentiel est la durée de l'analyse (Final Time)

A la première ligne Print Step indique l'intervalle de temps entre les points d'analyse qui figureront dans le fichier de résultats .OUT .La troisième ligne (facultative) représente le temps qui s'écoule entre le début de l'analyse et le premier point stocké dans .OUT, cette fonction à été introduite pour alléger le fichier de résultats en n'y inscrivant pas le début de l'analyse qui ne contient peut être pas d'informations intéressantes. La dernière ligne (Step Ceiling ) , également facultative, permet d'obtenir des courbes bien continues à l'écran. Elle précise l'écart maximal entre les points de calcul. Le logiciel pour résoudre les équations choisit automatiquement un écartement permettant d'obtenir une convergence des algorithmes et une précision

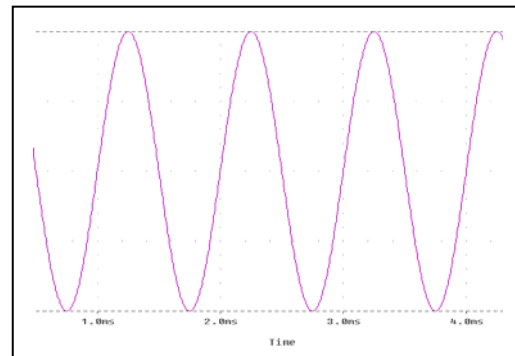


suffisante., dans chaque zone , ces points peuvent se trouver trop écartés pour reproduire correctement la courbe de résultats à l'écran .Une continuité suffisante nécessite à l'écran au moins 300 à 500 points .Pour une durée d'analyse de 1mS on pourra par exemple imposer un intervalle de calcul maximal de 1uS de façon à disposer pour tracer la courbe d'au moins 1000 points , en pratique il y en aura bien plus dans les zones où le signal varie rapidement mais ,au moins 1 par microsonde , dans les zones où il varie lentement.

*Exemple :* Les tracés ci dessous représentent le signal fourni par une source sinusoïdale SIN(0 1 1k) (amplitude 1V fréquence 1kHz) pendant 10mS, la première en laissant le logiciel placer seul ses points de calcul, la seconde en imposant **Step Ceiling=10uS** (soit 1000 points en 10mS) .



On notera la cassure sur les pointes de la courbe dans le premier cas qui disparaissent dans le second. Bien sûr augmenter le nombre de points de calcul accroît la durée de calcul et pour des circuits complexes il vaut mieux laisser le logiciel calculer seul.



Noter dans la seconde partie de la fenêtre **Transient** le bouton **Skip initial transient solution** .Il faut le cocher si l'on veut qu'au départ de l'analyse les valeurs initiales de charge d'un condensateur (IC) ou d'une self soient prises en compte.

### Analyse Paramétrique **PARAMETRIC**

L'analyse paramétrique se présente sous deux aspects :

- a) Tracé de l'évolution d'une grandeur en fonction d'un paramètre. L'analyse est alors obligatoirement de type DC
- b) Tracés multiples pour différentes valeurs d'un paramètre, c'est le cas par exemple du tracé d'un réseau de caractéristiques. Tous les types d'analyse sont possibles.

Deux outils sont mis en œuvre; le pseudo composant **PARAMETERS**, et dans Analysis l'option **Parametric**.

Le premier permet de donner à un composant une valeur paramétrable , elle est présentée entre { } , par exemple {Rsource}., le second de choisir pour ce paramètre les valeurs souhaitées.

### Premier exemple :Analyse DC en fonction d'un composant

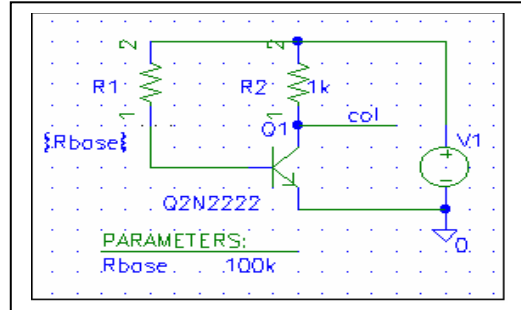
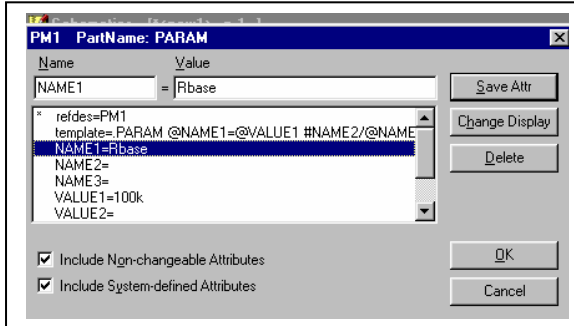


Nous allons dans le montage ci dessous rechercher la valeur optimale de la résistance de polarisation Rbase.

Après avoir dessiné le circuit implantons le pseudo composant :

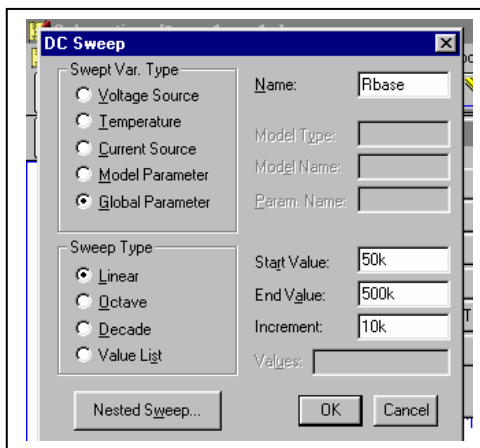
**^G Param** ↵

Cliquons maintenant sur le mot PARAMETERS et introduisons le nom du paramètre NAME1= Rbase VALUE1=100k



Cliquons maintenant sur la valeur de la résistance de base sur le schéma et remplaçons 100k par {Rbase}

Il faut maintenant programmer l'analyse DC .



**Analysis** ⇒ **Setup** ⇒ **DCSweep**

Puis (ci-contre ) Global Parameter

Name= Rbase (Sans {})

Sweep=Linear

Start Value 50k

End value 500k

Step 10k (50 points calculés)

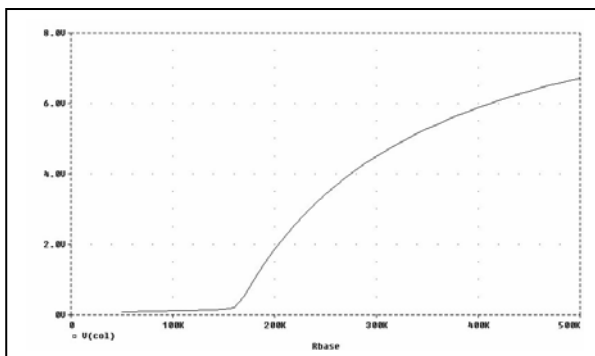
OK ↵

Il ne reste qu'a lancer l'analyse :

**Analysis** ⇒ **Simulate**

Et observer le résultat (Vout) dans PROBE .

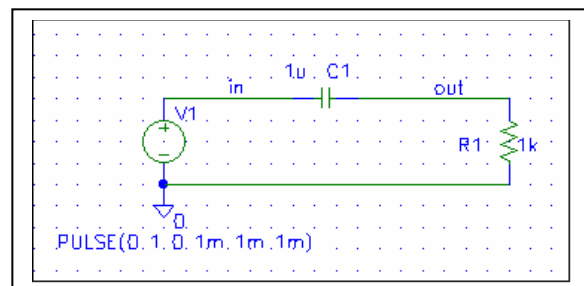
On voit sur la figure ci contre que le transistor cesse d'être saturé pour Rbase plus grand que 160k environ



**Second exemple: Analyse du comportement d'un circuit en fonction de la valeur d'un composant .**

Considérons par exemple

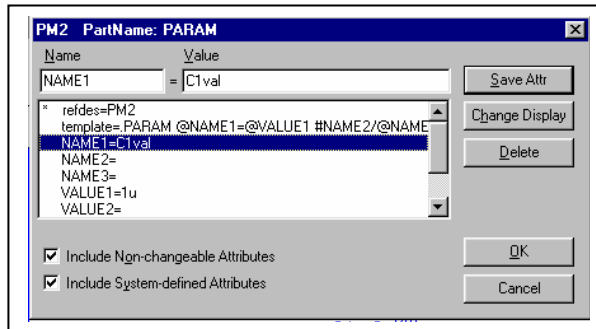
ce circuit très simple ci contre pour lequel nous voulons étudier la forme du signal de sortie pour différentes valeurs du condensateur de liaison . Pour cela nous mettrons en œuvre une analyse paramétrique.



La démarche est au début la même que précédemment.

1° Cliquer 2 fois sur le composant que l'on veut faire varier de façon à ouvrir la fenêtre de modification de valeur et pour valeur mettre {C1val} nom quelconque mais entre { }. Valider.

2° Rechercher maintenant dans les bibliothèques le symbole PARAM, par exemple par Ctrl G (noté ^G) puis PARAM : ^G ⇒ **PARAM** et placer ce pseudo composant sur le schéma.



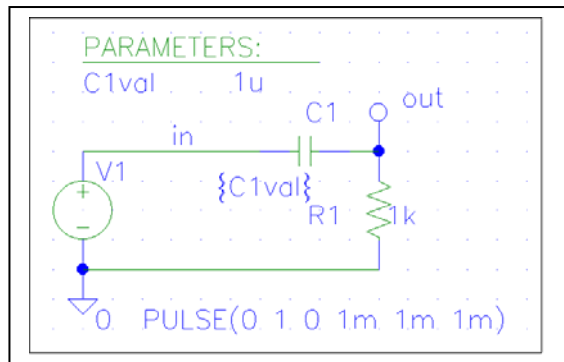
3° Cliquer deux fois dessus, apparaît la fenêtre ci contre qui permet d'introduire au maximum 3 paramètres. Ici un seul suffit.

Pour le 1<sup>er</sup> nom **NAME1** entrer C1val sans les { }

Puis une valeur

**VALUE1** qui sera utilisée par le logiciel pour le calcul du point de polarisation, par exemple 1uF.

Valider par **OK** Les 2 informations introduites C1val et 1u apparaissent sous le mot **PARAMETERS**

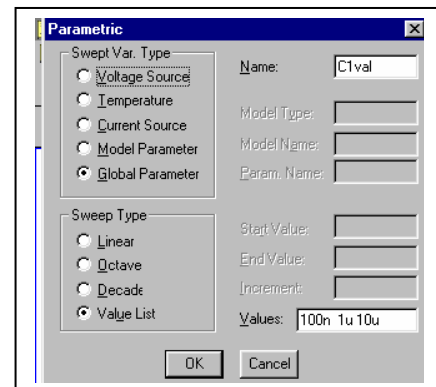
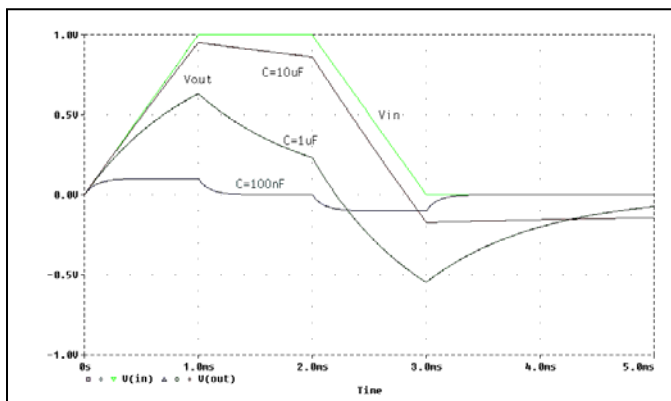


4° Définir maintenant le type d'analyse par exemple **Transient** avec une durée de 5mS (Le signal d'entrée est un pulse triangulaire de durée 3 mS)

5° Puis enfin, et c'est là qu'intervient le second outil annoncé plus haut :

**Analysis ⇒ Setup ⇒ -PARAMETRIC** (figure ci contre).

Il s'agit d'un paramètre GLOBAL dont le nom est C1val. Nous définirons une liste de valeurs (Value List) 100n 1u 10u Puis OK



Il suffit de lancer l'analyse.

Pour la tension de sortie V(out) 3 courbes seront tracées avec les trois valeurs de C1.

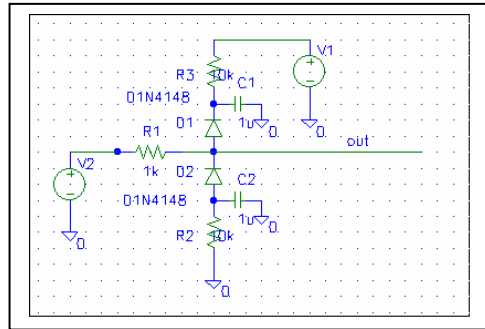
Il est également possible de modifier l'un des paramètres d'un modèle de composant .

**Troisième exemple : Paramétrage d'une amplitude de Stimuli Utilisation de STIMULUS EDITOR**

Dans une analyse transitoire il peut être intéressant d'étudier l'influence de l'amplitude d'un signal d'excitation .Pour définir un tel paramètre on utilisera un outil puissant de PSPICE qui est l'éditeur de Stimuli **STIMULUS EDITOR**

Nous allons prendre comme exemple l'écrêteur à diodes ci contre. .

Les deux condensateurs C1 et C2 sont au repos chargés respectivement à 0 et 2V (V1=2v).Si le signal sinusoïdal d'entrée est de faible amplitude (<0,6V) les diodes restent bloquées et le signal de sortie Vout est le même que celui d'entrée .Il n'en est plus de même si l'amplitude augmente , au delà de 0,6V pour D2 (écrêtage inférieur) ou de 2V pour D1 (écrêtage supérieur.).De plus les condensateurs étant chargés via une résistance de 10k , leur recharge n'est pas instantanée et la forme du signal se sortie dépend à la fois de l'amplitude et de la fréquence . L'étude mathématique d'un tel circuit est très complexe , SPICE est l'outil idéal.



Il est bien sûr possible d'effectuer plusieurs simulations en modifiant entre elles l'amplitude de l'excitation V2 ,mais il est plus élégant d'effectuer cela automatiquement de façon à avoir toutes les courbes sur le même graphique.

Il faut pour cela introduire l'amplitude de V2 comme paramètre. La procédure est la suivante :

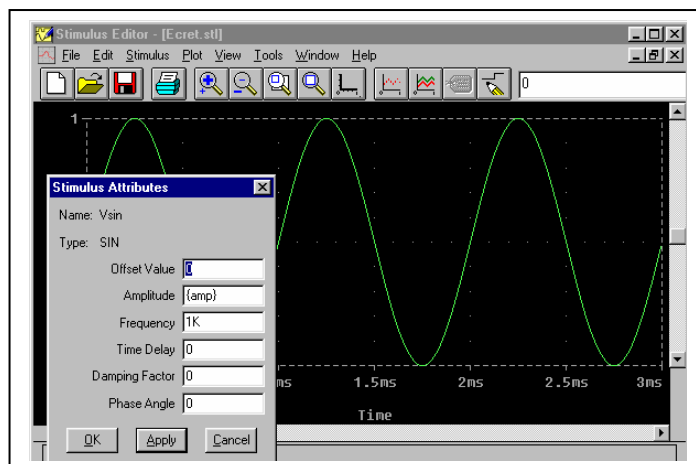
Sur le schéma effacer V2 (qui était un VSRC) et le remplacer par une source paramétrable VSTIM ( pour un courant ce serait ISTIM).

**^G ⇒VSTIM,↓**

A coté du graphisme attribué à cette source apparaît le mot **STIMULUS** cliquer deux fois dessus. Une boîte s'ouvre :

**Set Attribute Value** entrer VSIN (c'est le type de signal utilisé, ici une sinusoïde) Puis OK

Double cliquer maintenant sur le symbole lui même .L'éditeur de symboles s'ouvre.



S'il s'agit d'un nouveau symbole aucun signal n'est dessiné et il faut fermer la fenêtre **Stimulus Attributes** en cliquant sur **Cancel**.

Dans la ligne de commande du Stimulus Editor activer **Tools⇒Parameters**

Et dans la boîte **Parameters** introduire :

Definition AMP=1 Puis OK

(AMP est le nom que l'on donne au paramètre d'amplitude, tout autre nom serait valable )

Dans la ligne de commande activer maintenant :

**Stimulus ⇒ New**

Une boîte **new stimulus** s'ouvre entrer le nom VSIN , vérifier que le choix SIN est bien sélectionné sinon le faire puis OK

La boîte de définition des paramètres s'ouvre , introduire :

l'offset 0

l'amplitude **{amp}** ne pas oublier les { }

La fréquence Par exemple 1K

Puis OK

Le signal ainsi défini s'affiche à l'écran.

Sauver le travail par **Files ⇒ Save**

Et fermer l'éditeur de schémas.

On peut maintenant placer ce paramètre dans PARAM .

**^G ⇒ PARAM** ↓ puis NAME1= amp (sans { })  
VALUE1=1

Ce paramètre pourra être utilisé ensuite pour une analyse , ici TRAN .

Dans **Analysis⇒ Setup ⇒ Transient** définir d'abord les limites de l'analyse , par exemple 5mS .

Puis **Analysis ⇒ Setup ⇒ Parametric**  
activer Global Parameter , comme nom amp et les limites que l'on veut par exemple List .1 .5 2 5 10  
Il ne reste plus qu'à lancer par **Analysis ⇒ Simulate**

D'ou le résultat suivant dans PROBE (tension Vout)

