

1	<i>Introduction :</i>	11
2	<i>Redressement double alternance :charge résistive</i>	13
3	<i>La simulation en régime statique : (DC Sweep)</i>	19
4	<i>Changement du paramètre d'un modèle</i>	25
5	<i>Analyse avec un paramètre</i>	27
6	<i>Analyse en fréquence : AC Sweep</i>	30
7	<i>Analyse de Fourier : Recherche du spectre d'un signal</i>	33
8	<i>L'échantillonnage</i>	42
9	<i>La modélisation comportementale</i>	44
10	<i>Les oscillateurs</i>	53
9	<i>Modulations et démodulation d'amplitude</i>	55
11	<i>Modulation de Fréquence</i>	56
12	<i>Electronique de puissance</i>	59
13	<i>Utilisation de bibliothèques externes</i>	64
14	<i>Utilisation de TL081</i>	64
15	<i>La fonction Design Journal (ou Checkpoint)</i>	71
16	<i>Quelques adresses utiles :</i>	78

Respecter le copyright en mentionnant le véritable auteur de ces pages merci...

INITIATION A ORCAD PSPICE

De quoi s'agit-il ?

Pspice est un simulateur mixte de l'électronique, c'est à dire qu'il est possible de simuler le comportement électrique de dispositifs associant des fonctions analogiques et logiques.

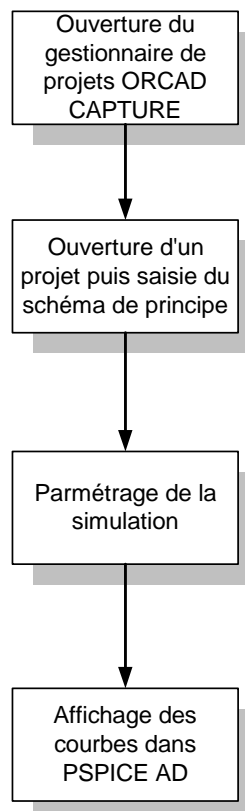
Pour fonctionner Pspice repose sur une bibliothèque de modèles : Spice.

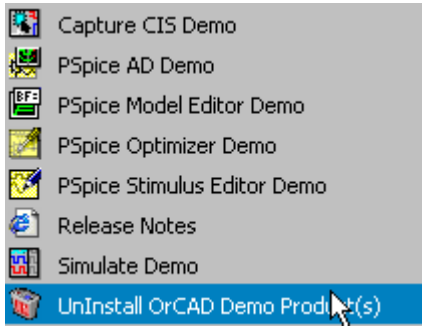
En outre, il permet de simuler des montages complexes avec un réalisme étonnant. L'utilisation de Windows permet de le rendre plus convivial, toutefois seules des machines puissantes (au minimum un Pentium) permettent de travailler dans des conditions acceptables.

UTILISATION DE PSPICE

Une simulation se déroule selon le schéma suivant :

Ce diagramme sommaire n'est pas univoque, Pspice est formé de plusieurs programmes totalement autonomes.

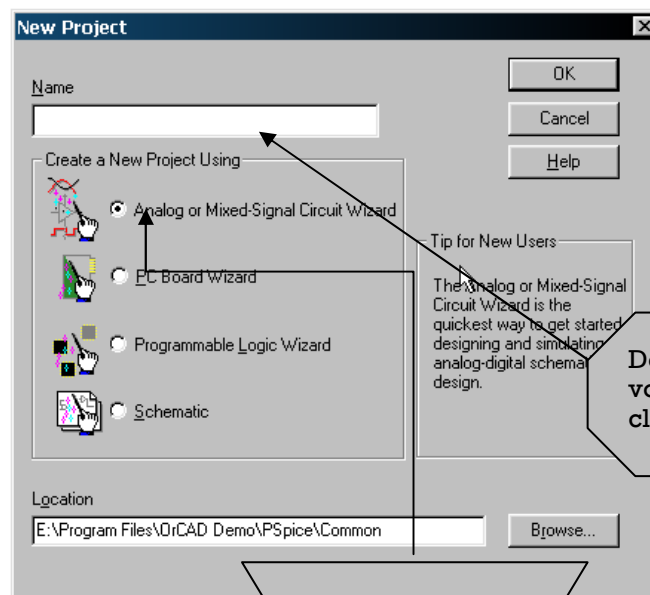
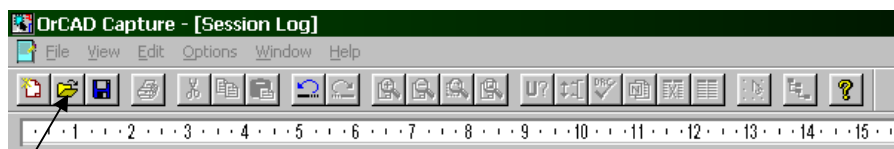




- ↳ **Capture** permet lancer le gestionnaire de projets
- Afin d'ouvrir ou de créer un nouveau projet par exemple.
- ↳ **PsPice AD demo** : permet d'afficher les résultats autrefois son nom était PROBE.
- ↳ **PsPice Model Editor** : Permet d'élaborer des modèles de composants, la version d'évaluation permettra de créer des symboles à partir de macromodèles
- ↳ **PsPice Optimizer** permet d'optimiser un montage à partir de la définition d'une ou plusieurs contraintes

En règle générale une simulation démarre dans Orcad Capture pour la création d'un nouveau projet ou l'ouverture d'un projet existant.

Utilisation d'Orcad Capture



Permet de créer un nouveau projet. La fenêtre de droite s'ouvre alors.

Donner un nom à votre projet. Puis cliquer sur OK.




Analyse utilisant PSpice

Une fois le projet créer Schématic se lance.



Schématix est constitué d'une ou deux barres d'icônes (selon la résolution de l'ordinateur), qui permettent de réaliser facilement toutes les tâches nécessaires pour construire le schéma. Lorsque l'on place le curseur de la souris sur une icône, on obtient une description de sa fonction en bas à gauche de l'écran.

Voici résumées les principales commandes :

Actions	Commandes
Appel des composants	Place / Part OU Shift+P OU Cliquer sur l'icône  de la barre d'outils située à droite.
Déplacer un composant	Il suffit de cliquer dessus pour le sélectionner, (il devient rouge), puis de maintenir le bouton gauche de la souris et de le déposer à l'endroit souhaité.
Dessiner un fil	taper Shift+ W OU Cliquer sur l'icône : 
Dupliquer	Sélectionner l'élément Utiliser la commande Copy du menu Edit puis de nouveau Edit / Paste
Effet Miroir (intéressant pour les amplificateurs opérationnels)	Sélectionner puis : Edit / Mirror / Verticaly OU Utiliser le bouton droit de la souris
Lancer la simulation	Sélectionner Pspice / Run OU Cliquer 
Modifier la valeur d'un composant	Double-cliquer sur sa valeur.
Placements de Labels	Il est intéressant de nommer des nœuds ou des fils, pour cela taper Shift / N et

	donner un nom (Par défaut Pspice attribue automatiquement des noms, mais cela rend l'exploitation parfois difficile).
Rappeler la dernière action	Appuyer sur la barre d'espace (cette commande ne fonctionne pas si l'option Auto repeat du menu Options est cochée)
Rotation d'un composant	Il faut le sélectionner en cliquant dessus puis : Edit / Rotate OU Ctrl+R
Sélectionner un ou des composants	Cliquer sur le composant ou déplacer la souris sur le groupe de composants que vous souhaitez sélectionner. Tout élément sélectionné devient rouge.
Supprimer un élément	Le sélectionner Appuyer sur la touche Suppr du clavier

LES BIBLIOTHEQUES

Dans la version d'évaluation elles sont au nombre de 9 :

ABM
 ANALOG
 BREAKOUT
 CONNECT
 EVAL
 PORT
 SOURCE
 SOURCSTM
 SPECIAL

ABM : est une bibliothèque d'éléments comportementaux (blocs de Laplace, synthèse de Filtres etc...)

BREAKOUT : est une librairie dont tous les éléments sont parfaits

CONNECT : est une librairie dédiée à la connexion des composants

EVAL : est la bibliothèque d'évaluation (AOP, Diode, Thyristor, Transistors, etc...)

PORT : contient des éléments qui permettent de réaliser des connexions entre plusieurs composants

SOURCE : répertorie toutes les sources d'alimentation

SOURCSTM : Alimentations réalisées avec l'éditeur de Stimulis

SPECIAL : Contient des éléments qui ne rentrent pas dans les classifications précédentes.

LES ALIMENTATIONS

La liste est importante car on y trouve des sources de tension et de courant, examinons les plus importantes :

VSIN, ISIN : Sources sinusoïdales de tension ou de courant :

Equation pour la source de tension :

$$V \sin = \left\{ B + A \sin \left(2\pi f (t - td) + \left(\frac{2\pi}{360} \right) * \varphi \right) e^{-\beta(t-td)} \right\}$$

Pour $t \geq td$

Lorsque $0 \leq t \leq td$ $V \sin = B + A \sin \left(\left(\frac{2\pi}{360} \right) * \varphi \right)$

Compte tenu de la définition, il est possible d'obtenir une sinusoïde amortie de valeur moyenne non nulle, accompagnée d'un retard.

Double cliquer sur VSIN vous obtenez une page que vous faites défiler à gauche pour voir les champs suivants.

Pspice Template											
1	SCHEMATIC1 : PAGE1 : V2	<input type="checkbox"/>	DC	AC	VOFF	VAMPL	FREQ	TD	DF	PHASE	PSpiceOnly
					0	100	50	0	0	0	TRUE
Voff : Tension d'offset	Vampl : Amplitude	FREQ : Fréquence	TD : Temps de retard	DF : Amortissement							

Attributs	Symbole	Unités
Phase	φ	Degrés
Composante continue	B	Volts
Amplitude	A	Volts
Fréquence	F	Hz
Amortissement	β	s^{-1}
Retard	Td	s

VEXP, IEXP : Permet de générer des tensions ou des courants de forme exponentielle.

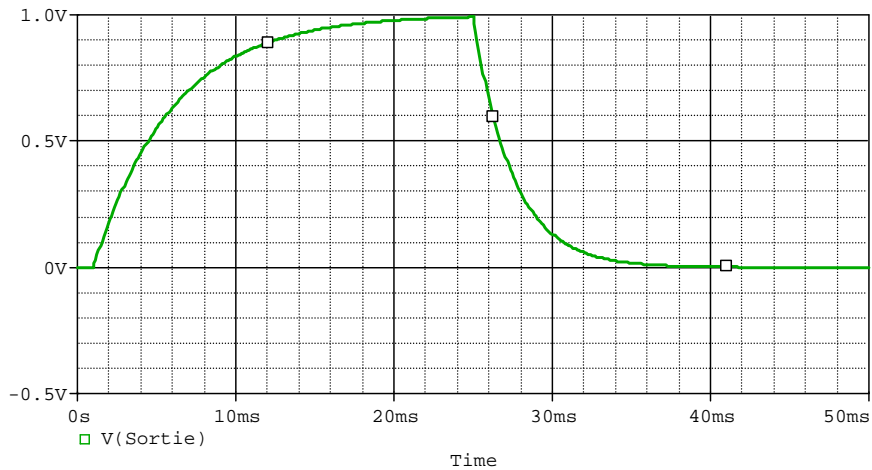
Pspice Template											
1	SCHEMATIC1 : PAGE1 : V3	TRUE	TC2	TD2	TC1	TD1	V2	V1	AC	DC	ID

Attributs	Fonction	Unités
V1	Tension initiale	Volts
V2	Tension maximale atteinte	Volts
TD1	Instant de début du front montant	s
TC1	Constante de temps du	s

	front montant	
TD2	Instant de début du front descendant	s
TC2	Constante de temps du front descendant	s

Exemple :

	TC2	TD2	TC1	TD1	V2	V1	PCB Footprint	Name	Part Reference	Reference	Designator	Value	Primitive	Implementation Type	Implementation	Impl
1	2.5m	25m	5m	1m	1	0		/00067	V3	V3		VEXP	DEFAULT	PSpice Model		



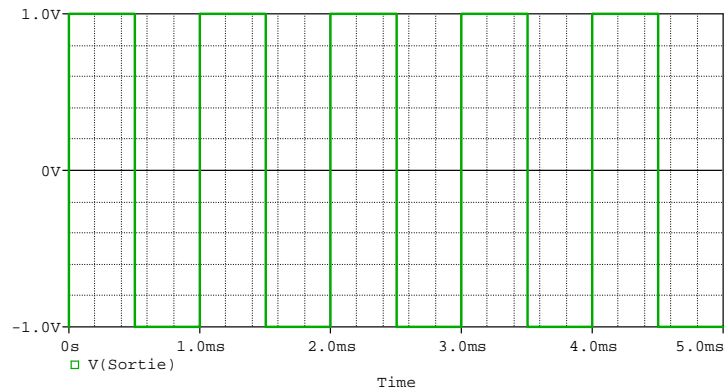
VPULSE, IPULSE : Ces sources permettent de définir des ondes rectangulaires, triangulaires, de tension ou de courant.

Attributs	Fonction	Unités
V1	Tension minimum	Volts
V2	Tension maximum	Volts
TD	Instant de début de l'onde	s
TR	Temps de montée	s
TF	Temps de descente	s
PW	Durée du niveau haut	s
PER	Période	s

Exemple :

	V2	TR	V1	PER	PW	TF	TD	PCB Footprint	Name	Part Reference	Reference	Designator	Value	Primitive	Implementation Type	Implementation	Im
1	1	1u	-1	1m	0.5m	1u	0		/00139	V4	V4		VPULSE	DEFAULT	PSpice Model		

Il s'agit d'une onde rectangulaire d'amplitude +1V et de valeur moyenne nulle.



VPWL, IPWL : permet de définir des ondes arbitraires de tension ou de courant à partir de couples de point (X,Y)

Attributs	Fonction	Unités
T1	Point d'abscisse T1	s
V1 OU I1	Ordonnée correspondante à l'abscisse T1	Volts ou Ampères

VSFFM, ISFFM : Générateur sinusoïdal modulé en fréquence

Attributs	Fonction	Unités
VOFF	Offset	Volts
VAMPL	Amplitude de la porteuse	Volts
FC	Fréquence de la porteuse	Hz
MOD	Amplitude du signal modulant	Volts
FM	Fréquence du signal modulant	Hz

VDC ,IDC,VSRC,ISCR : Sources continues de tension et de courant.

Remarque importante :

Chaque source comprend deux paramètres notés *AC* et *DC*.

AC : correspond à la valeur efficace de la tension en régime harmonique, ainsi il est possible d'étudier le régime harmonique d'un circuit avec n'importe quelle source, à partir du moment que le champ *AC* de celle-ci est renseigné.


DC : correspond à la valeur de la tension en continu. Cela permet d'étudier le régime statique avec n'importe quelle source renseignée avec le paramètre *DC*.

UTILISATION D'ORCAD PSPICE AD...

Présentation

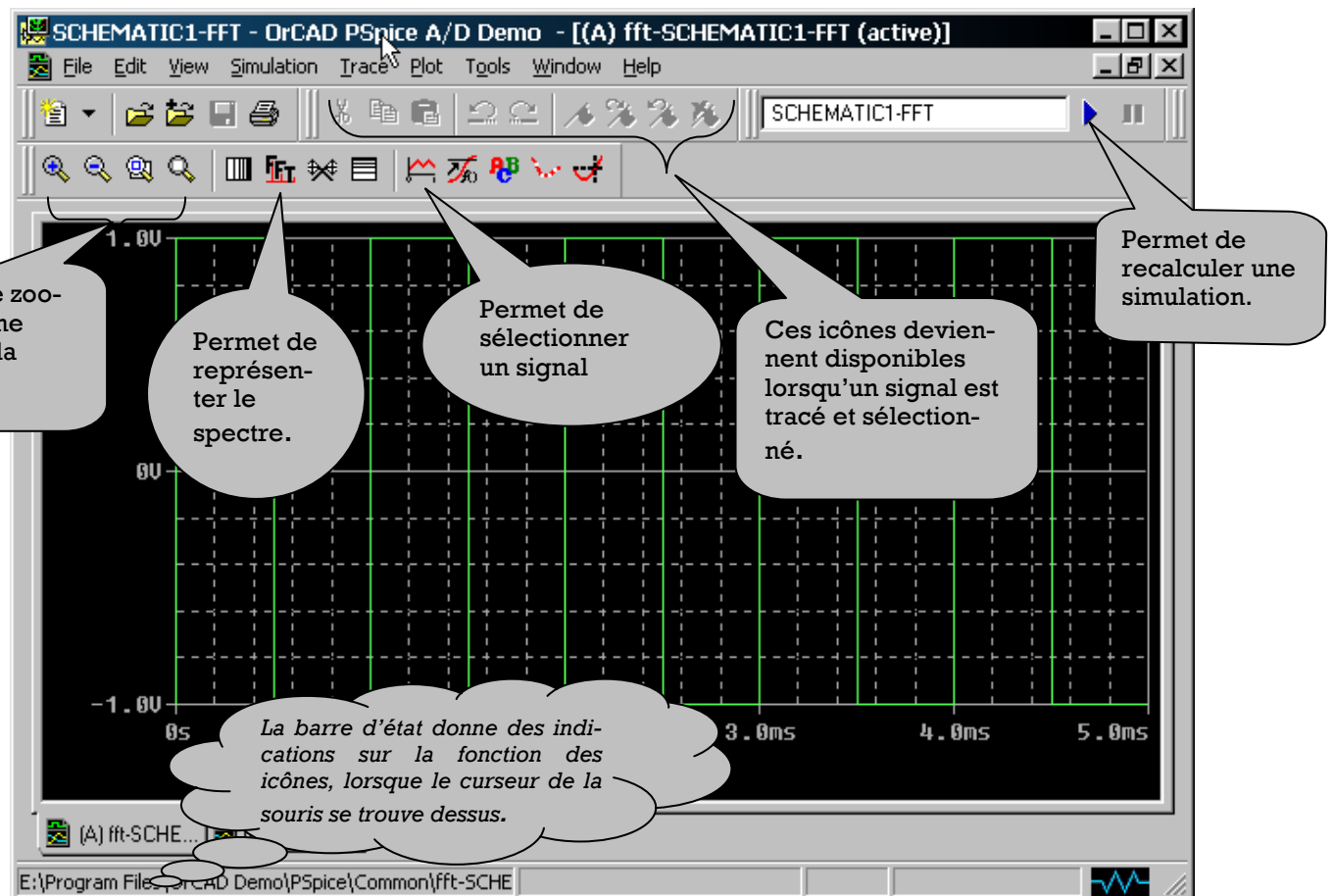
Orcad Pspice AD autrefois appelé PROBE est l'afficheur de courbe de PSPICE.

Orcad Pspice AD se charge automatiquement à la fin d'une simulation, et mémorise tous les résultats. Il ne reste plus qu'à lui demander d'afficher les graphes souhaités. Pour cela plusieurs méthodes sont possibles :

Cliquer sur l'icône :  OU Taper sur la touche du clavier « **Inser** » OU

Ouvrir **Trace \ Add** .

Voici l'écran de Orcad Pspice AD



Nous étudierons au fur et à mesure les fonctionnalités de Orcad Pspice AD.

APPENDICE A

Liste des fonctions mathématiques disponibles dans Orcad Pspice AD

Fonction	signification	Fonction	signification
ABS(x)	$ x $	LOG10(x)	$\log(x)$
ARCTAN(x)	$\tan^{-1}(x)$	M(x)	Amplitude de x
ATAN(x)	$\tan^{-1}(x)$	MAX(x)	Maximum de la partie réelle de x
AVG(x)	$\langle x(t) \rangle$ ou \bar{X}	MIN(x)	Minimum de la partie réelle de x
AVGX(x,d)	$\langle x(t) \rangle$ ou \bar{X} (sur l'intervalle [x-d ; x])	P(x)	Phase de x, le résultat est en degrés.
COS(x)	Cos(x)	PWR(x,y)	x^y
d(x)	$\frac{d(x)}{dt}$ par exemple si l'axe des abscisses est le temps.	R(x)	Partie Réelle de x
DB(x)	$20\log(x)$	RMS(x)	Valeur efficace de x
EXP(x)	e^x	s(x)	$\int x(t)dt$
G(x)	Retard de groupe	SGN(x)	+1 si x > 0 0 si x = 0 -1 si x < 0
IMG(x)	Partie imaginaire de x	SIN(x)	Sin(x)
LOG(x)	$\ln(x)$	SQRT(x)	\sqrt{x}
		TAN(x)	Tan(x)

LES UNITES

Voici le tableau de correspondance des unités : (Les majuscules ne sont pas obligatoires).

Symbole	Echelle	Nom
F	10^{-15}	Femto
P	10^{-12}	Pico
N	10^{-9}	Nano
U	10^{-6}	Micro
M	10^{-3}	Milli
K	10^3	Kilo
MEG	10^6	Méga
G	10^9	Giga
T	10^{12}	Téra

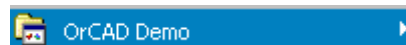
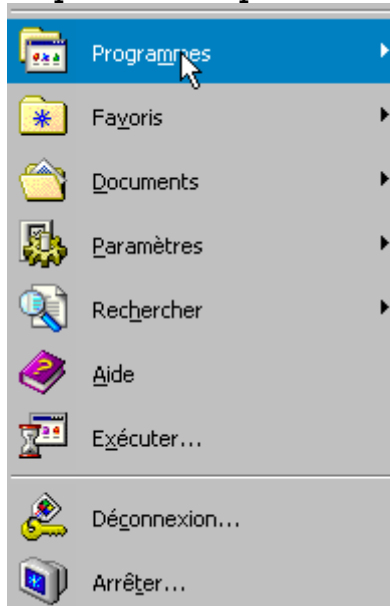
Attention aux confusions avec

UTILISATION D'ORCAD™ PSPICE®

Introduction :

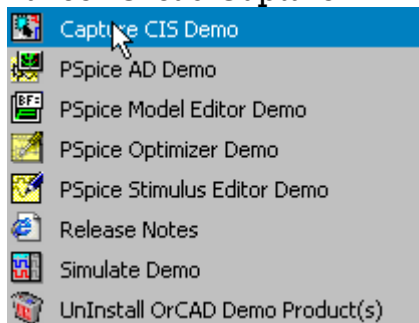
ORCAD PSPICE n'est pas qu'un logiciel de simulation mixte de l'électronique. Il permet également de créer des typons, de programmer des PLD. En ce qui concerne ce stage nous ne nous intéresserons qu'à la simulation.

Etapes à suivre pour simuler : Rechercher le programme intitulé Orcad Demo

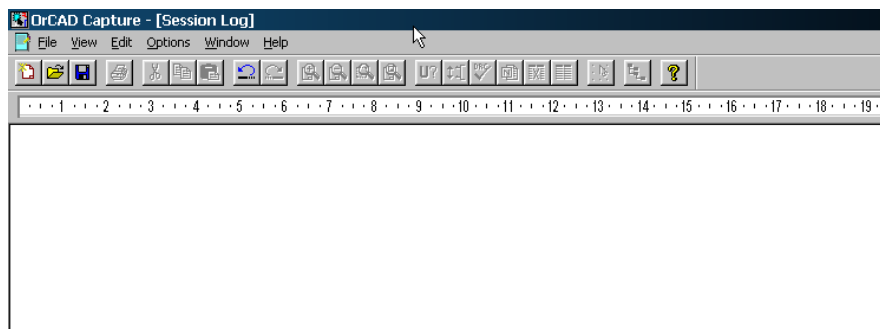


puis :

Lancer Orcad Capture :

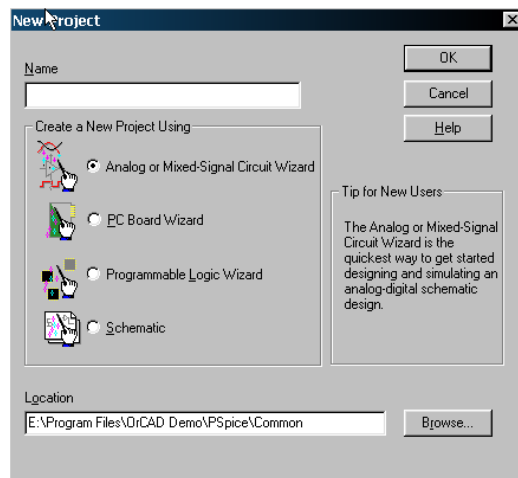


Cliquer sur Capture CIS Demo, vous obtenez l'écran suivant :



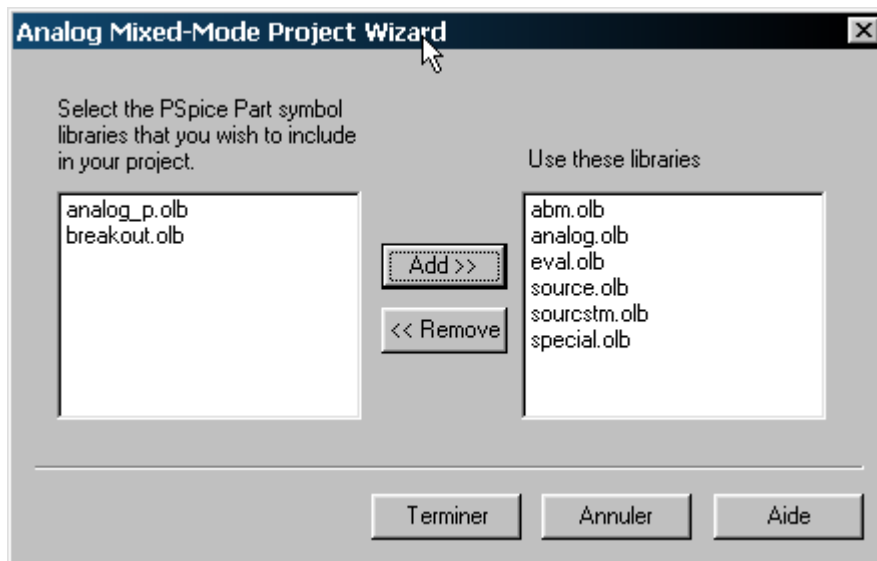
Vous vous trouvez alors dans le gestionnaire de projets.

Choisir : *File*
New
Project



Saisissez un nom puis valider en cliquant sur OK.

A partir de cette étape votre projet est créé, il ne reste plus qu'à préciser les librairies que vous souhaitez utiliser :



Pour cet exemple les librairies eval.olb et abm.olb ont été ajoutées en les sélectionnant puis en cliquant sur Add. (Retenez qu'il est indispensable de placer eval.olb).

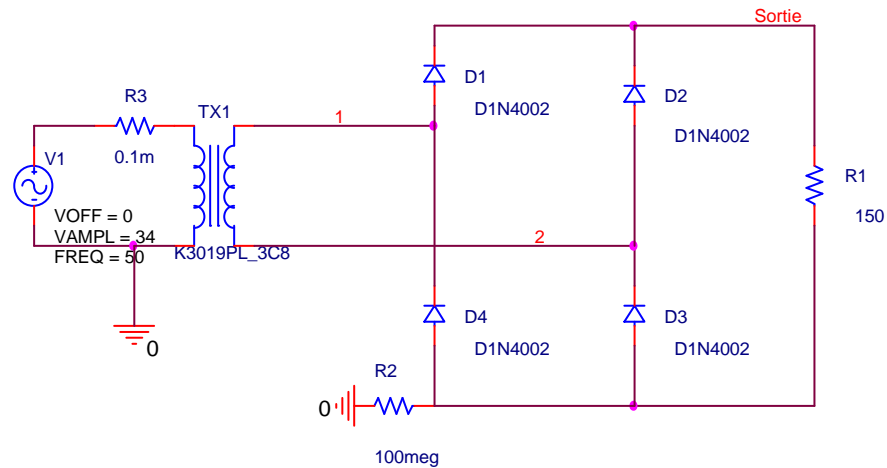
Valider en cliquant sur Terminer.

Saisie du schéma de principe

Une fois les étapes précédentes effectuées, il s'agit maintenant de saisir le schéma de principe ; prenons l'exemple d'un redressement double alternance.

Redressement double alternance : charge résistive

Saisie du schéma de principe :

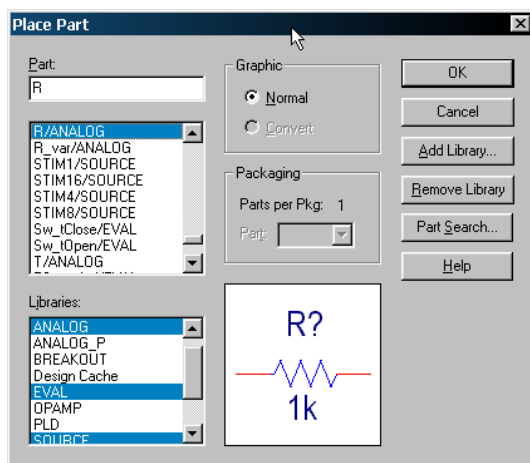


Les composants sont insérés de la manière suivante :

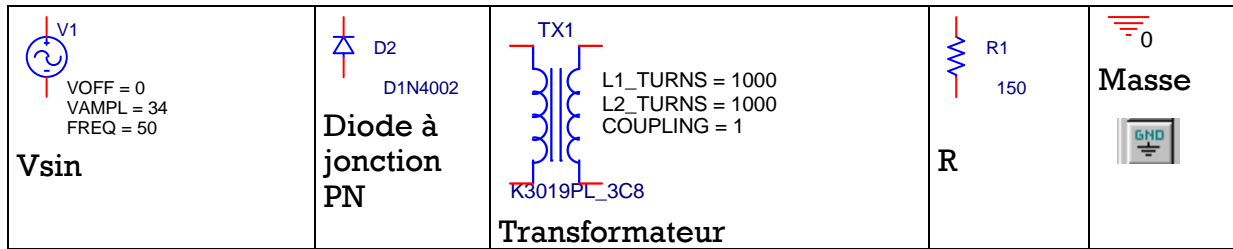
Place

Part pour une résistance taper « r » ou « R » pour une inductance taper « l » ou « L » pour un condensateur taper « c » ou « C » ...etc. pour les diodes il faut dérouler la liste contenue dans le répertoire « eval ».

Par exemple



Liste des éléments :



(pour fixer la valeur des composants double cliquez dessus puis remplissez dans les champs correspondants).

Une fois les éléments placés, connectés, et paramétrés il ne reste plus qu'à choisir le type de simulation.

Paramétrage de la simulation :

Pspice offre de multiples choix de simulations, nous n'allons pas les détailler ici, mais plutôt mettre en œuvre l'une d'entre elles : il s'agit de l'analyse temporelle qui comprend également de part sa nature l'analyse du régime transitoire.

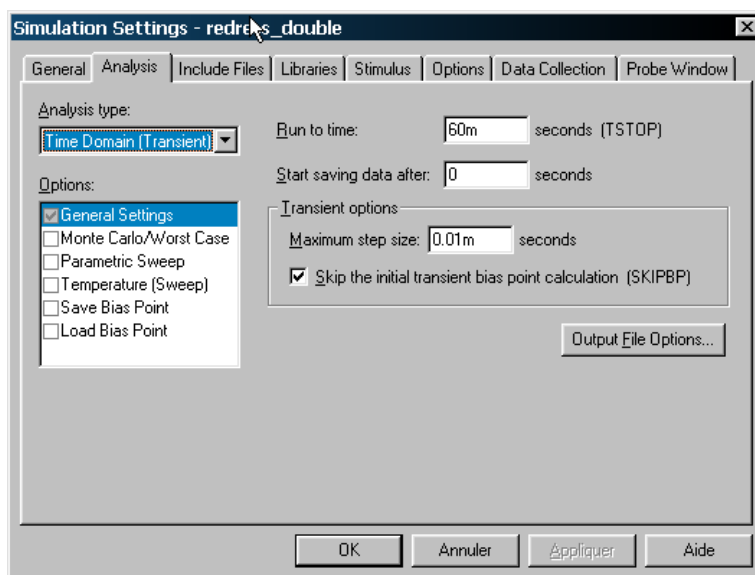
Dérouler le menu **PSpice**

Sélectionner **New Simulation Profil**

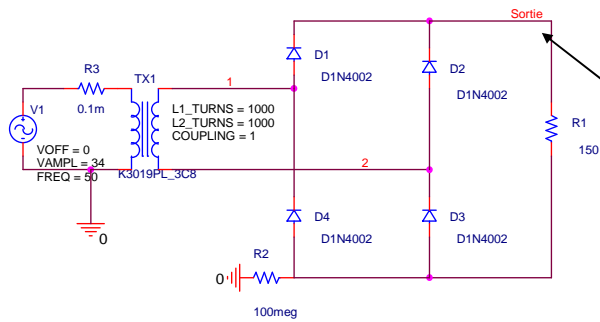
Choisir **Un nom de fichier puis valider**

Sélectionner **Pspice**

Edit Simulation Settings



Il reste maintenant à annoter le circuit, afin de visualiser aisément les tensions et/ou les courants :



~~~~~  
 Pour placer ce label, il suffit de cliquer sur l'icône place net alias :



Puis de choisir un nom.  
 ~~~~~

Nous pouvons maintenant passer à la simulation, pour cela appuyer sur l'icône



Une fois la simulation achevée, le module d'affichage « Orcad Pspice AD » est lancé.

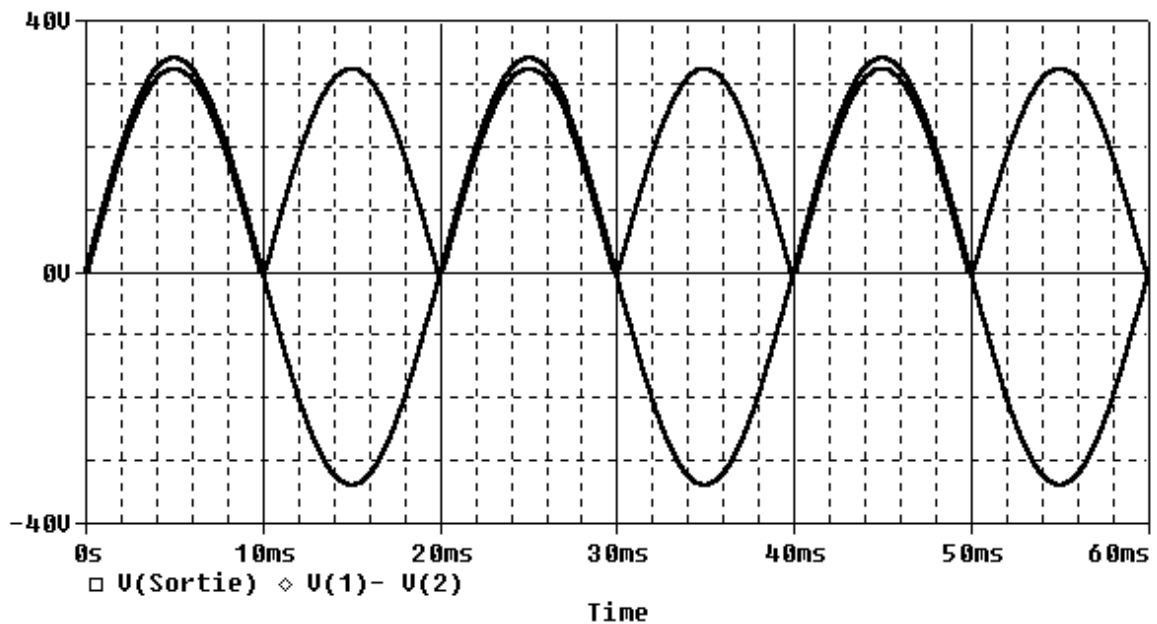
Pour visualiser la tension de sortie effectuer les manipulations suivantes :

Appuyer sur la touche « Inser »

Les tensions sont repérées par la lettre **V** plus le nom du label choisi sur le schéma

Sélectionner V(sortie)

Afficher maintenant la tension d'alimentation V1-V2



Pour les courants la commande est **I(nom du label choisi sur le schéma)**.

Il est possible d'effectuer des opérations mathématiques ainsi pour visualiser la puissance consommée par la résistance taper : (prenez soin de rajouter un axe vertical pour cela taper Ctrl+Y)

$150 * I(R_1) * I(R_1)$ ou bien $150 * pwr(I(R_1), 2)$

Permet d'élever à la puissance « n ».

Il est également possible de définir une macro fonction afin d'éviter de répéter des opérations fastidieuses dans le cas de la puissance il suffit d'effectuer les opérations suivantes :

A partir de Pspice AD :

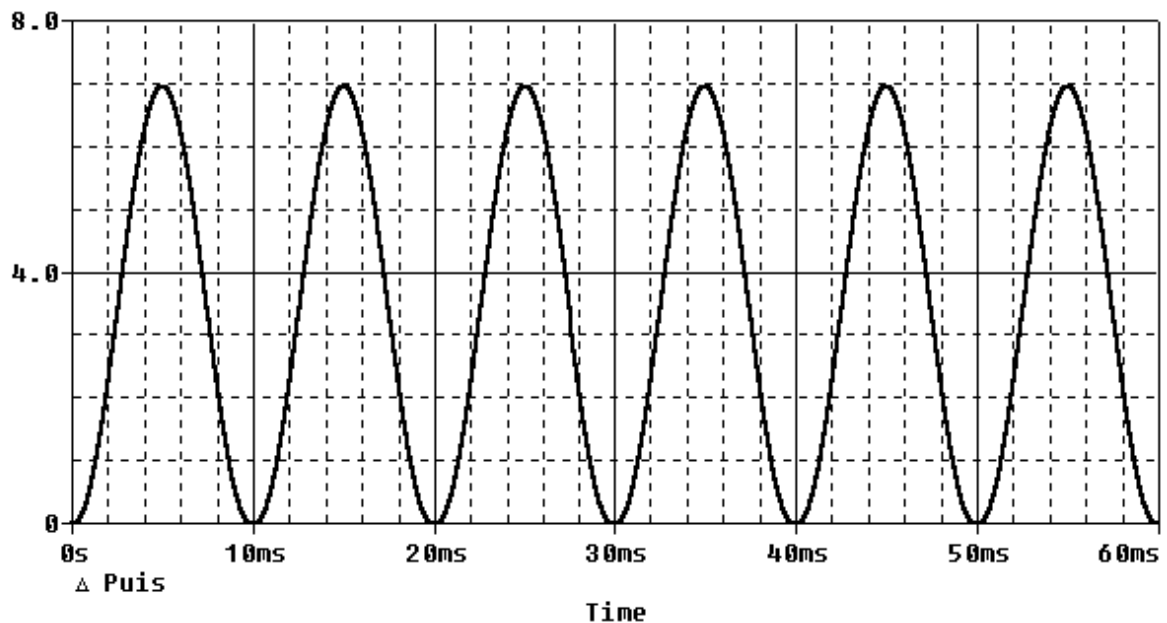
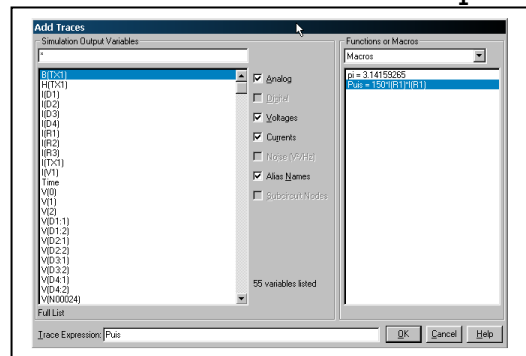
Trace

Macros

Taper : $Puis = 150 * I(R1) * I(R1)$

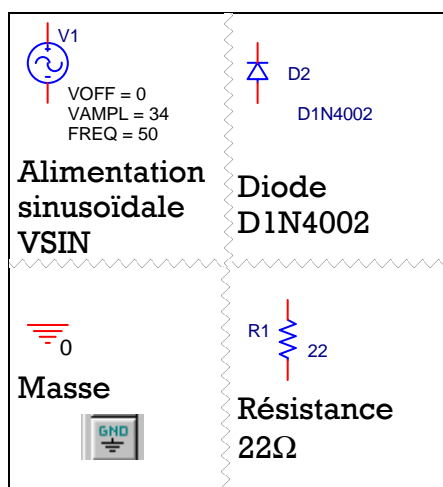
Voici notre macro définie. Pour visualiser son résultat, appuyer sur la touche (Inser) taper Puis et valider avec Ok.

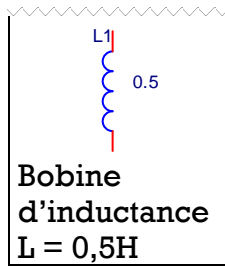
Voici l'écran que l'on obtient :



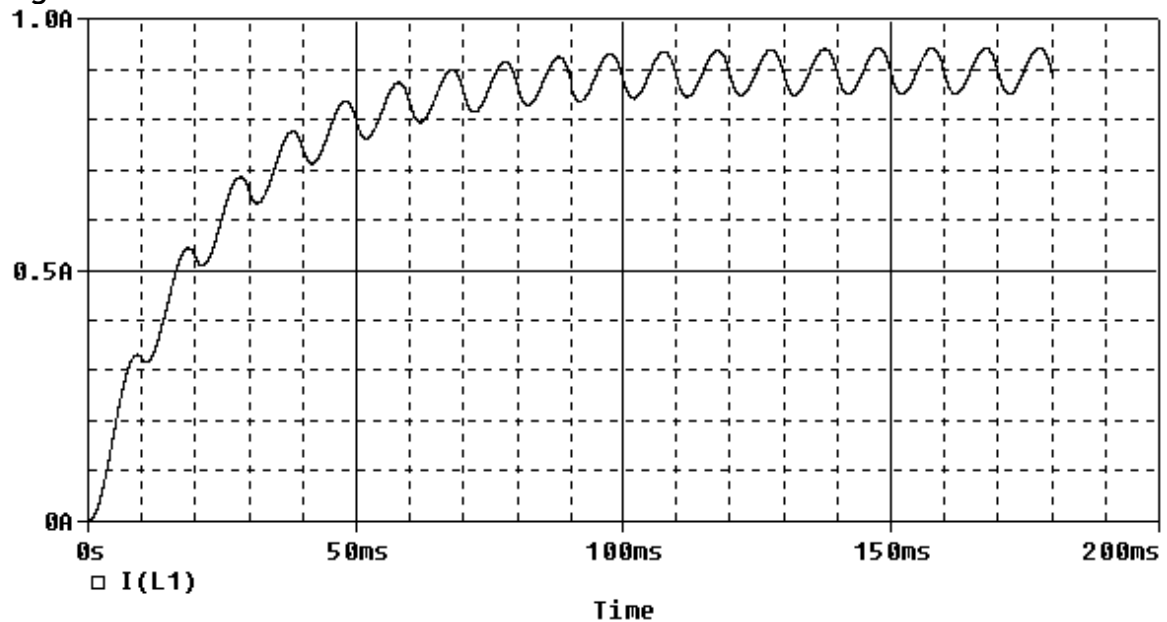
Étude d'une charge inductive :

Reprendre l'exemple précédent avec une bobine d'inductance $L = 0,8 \text{ H}$ en série avec une résistance $R = 22\Omega$.





Il peut être intéressant de visualiser le courant dans la charge, et d'observer ainsi le régime transitoire du circuit :



Nous allons rechercher l'équation approchée du courant dans la charge est comparer la courbe obtenue avec la précédente

La résolution de l'équation différentielle donne le résultat approché suivant :

$$i(t) \approx 0,984 * [1 - e^{-t/\tau}] + 1,88 \cdot 10^{-3} e^{-t/\tau} - 1,88 \cdot 10^{-3} \cos(2\omega t) - 0,043 \sin(2\omega t)$$

Pour obtenir ce résultat j'ai utilisé le développement en série de Fourier (*valeur moyenne plus fondamentale*) de la fonction valeur absolue de $\sin(x)$, puis superposé les solutions de l'équation différentielle.

Comment superposer cette courbe avec celle de l'analyse ?

Pour cela il faut utiliser les macro fonctions de Probe :

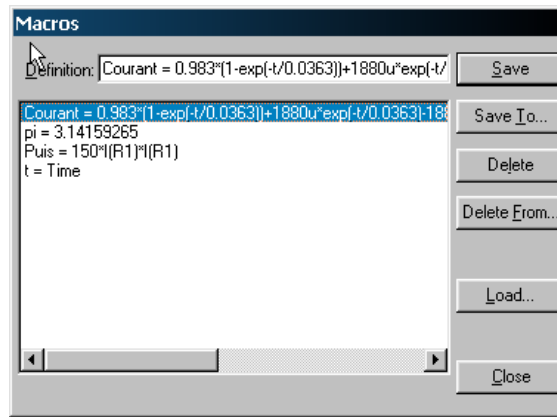
Sélectionner :

Trace

Macros

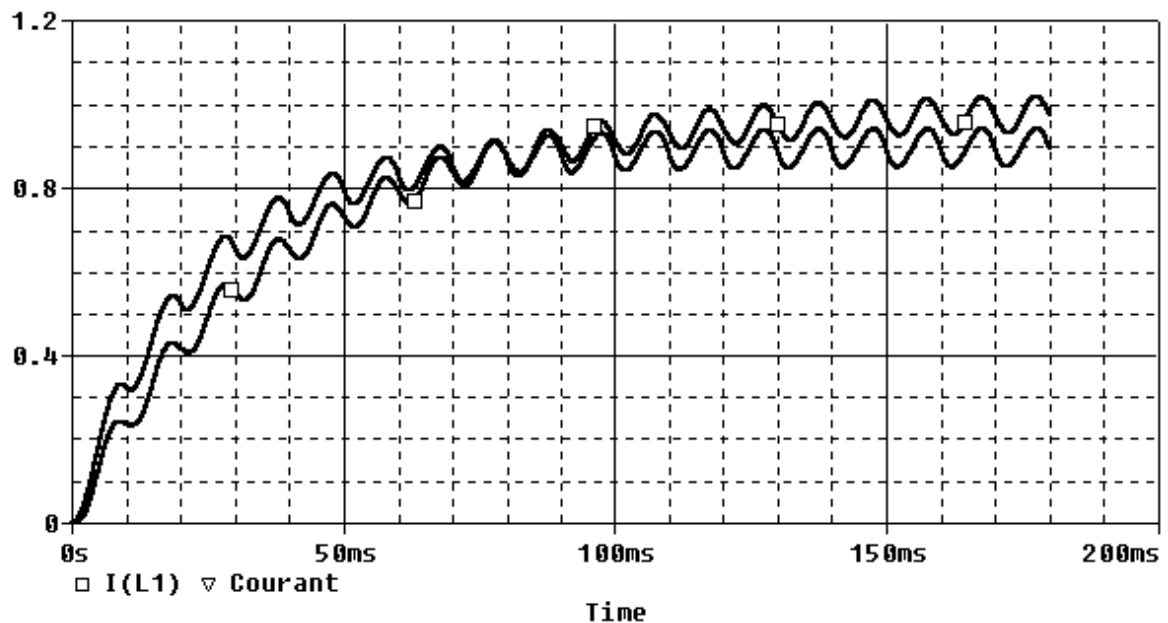
Taper : $t = \text{Time}$ et valider avec entrée

Taper : courant = $0.983*(1-\exp(-t/0.0363))+1880u*\exp(-t/0.0363)-1880u*\cos(2*314*t)-0.0429*\sin(2*314*t)$

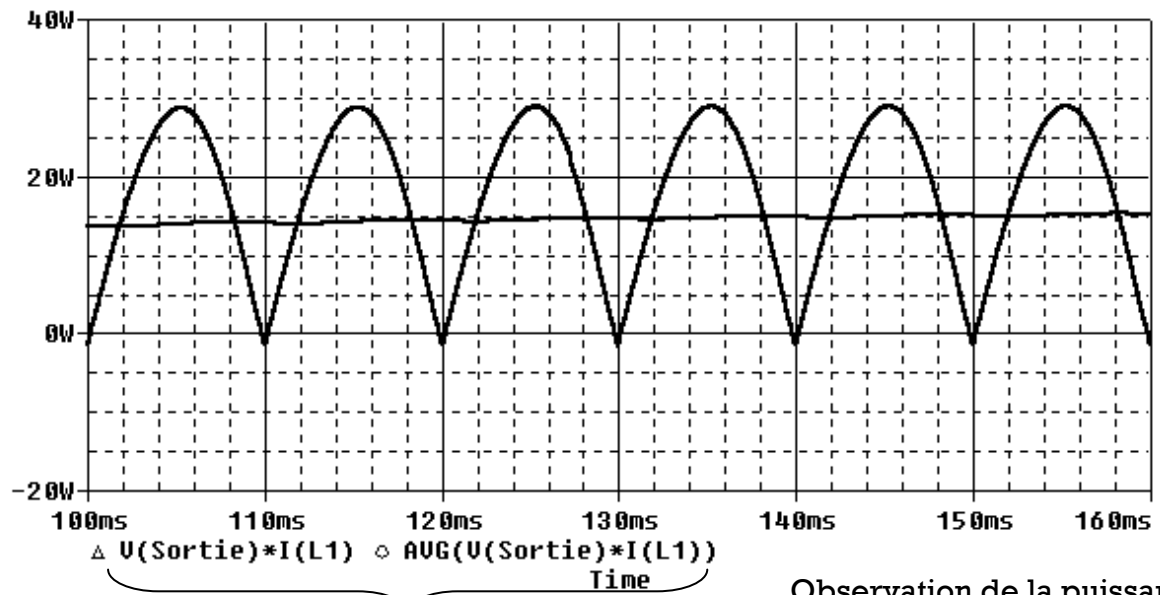


Quitter l'éditeur de macros puis taper « Inser » choisissez Macros (en haut à droite dans la fenêtre de dialogue) et cliquez sur la macro « courant ».

Remarque : En utilisant le raccourci clavier « Ctrl + Y » on place un axe vertical supplémentaire, on obtient la représentation suivante :



Il est possible d'observer la puissance instantanée est sa valeur moyenne, pour cela taper $V(\text{sortie}) * I(L1)$ pour $p(t)$ et $AVG(V(\text{sortie}) * I(L1))$ pour $\langle p(t) \rangle$:



Observation de la puissance instantanée et de sa valeur moyenne.

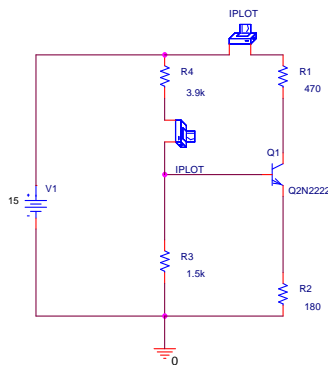
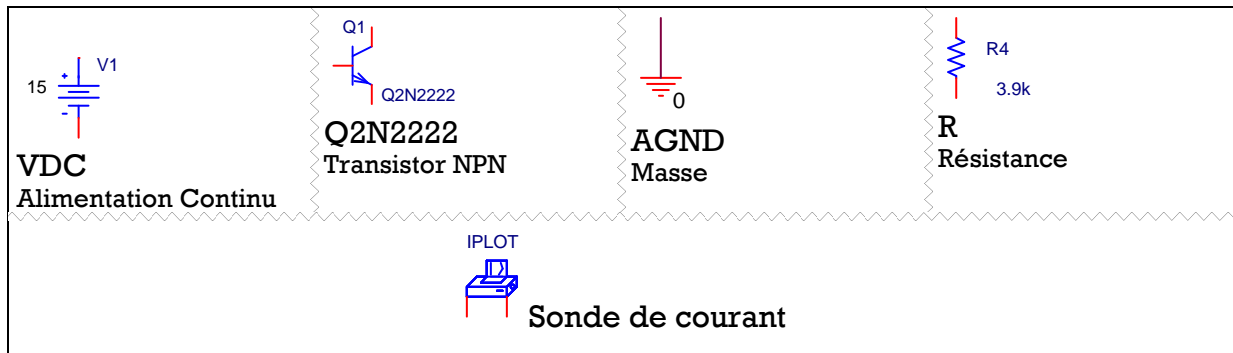
La simulation en régime statique : (DC Sweep)

Cette analyse permet d'affecter des valeurs à un paramètre du circuit (par exemple une résistance, ou une valeur de l'alimentation etc..).

Elle permet d'étudier l'évolution des points de polarisations d'un circuit lorsqu'une grandeur varie.

Point de polarisation d'un circuit à transistor

Schéma de principe :



Paramétrage de la sonde Iplot :

Il est nécessaire de paramétrer Iplot en lui indiquant qu'il s'agit d'une analyse en continu (DC).

Pour cela double cliquer sur le symbole Iplot, et placer un 1 ou Yes dans l'analyse DC étudiée.

		DB	IMAG	REAL	PHASE	MAG	TRAN	AC	DC	PRINT	ID
1	SCHEMATIC1 : PAGE1 : PLOT4								1		PLOT

Remarque : Il existe l'équivalent de Iplot pour les potentiels, il s'agit de Vplot.

Recherche du point de polarisation :

Pour le déterminer, il faut placer des sondes de courant (*Iplot*) sur le schéma de principe, il ne reste plus qu'à choisir une simulation de type *transcient*, et la lancer.

Une fois celle-ci terminée Pspice AD apparaît, il existe alors deux possibilités :

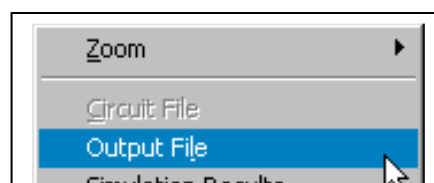
Soit examiner le fichier texte dans lequel se trouvent les valeurs mesurées par les sondes *Iplot*

Soit tracer la grandeur caractéristique (menu trace, add) et utiliser les curseurs.

Pour visualiser le fichier texte :

Dans Pspice AD choisir
View

Output file



Voici le résultat obtenu :

(Représentation partielle)

```
(N00239) 4.0570 (N00254) 15.0000

VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME      CURRENT
V_V1     -2.123E-02
V_PLOT1   2.806E-03
V_PLOT2   1.842E-02

TOTAL POWER DISSIPATION 3.18E-01 WATTS

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME .26
```

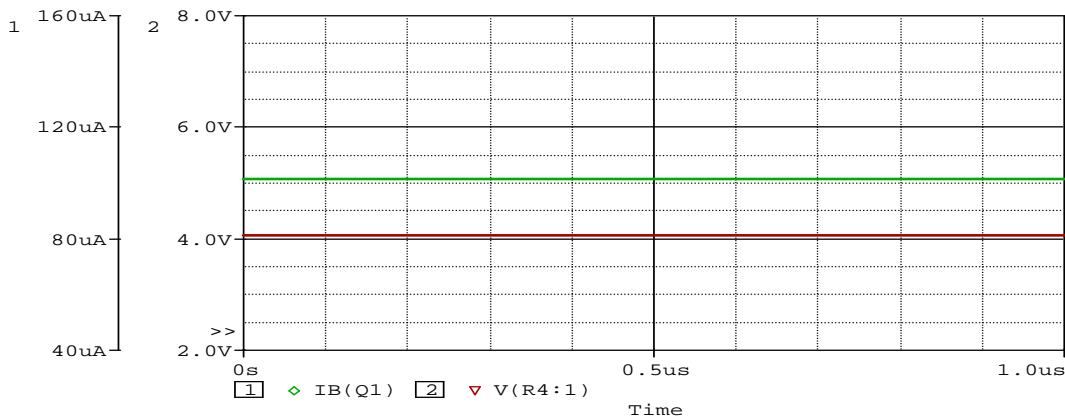
Les informations
se trouvent à la fin
du fichier.

On vérifie que les sondes de courant 1 et 2 mesurent respectivement 2,8mA dans la résistance R4 et 18,4mA dans la résistance R1.

Maintenant, il est possible de visualiser les courants ou tensions en les traçant,
pour cela faire :

Trace

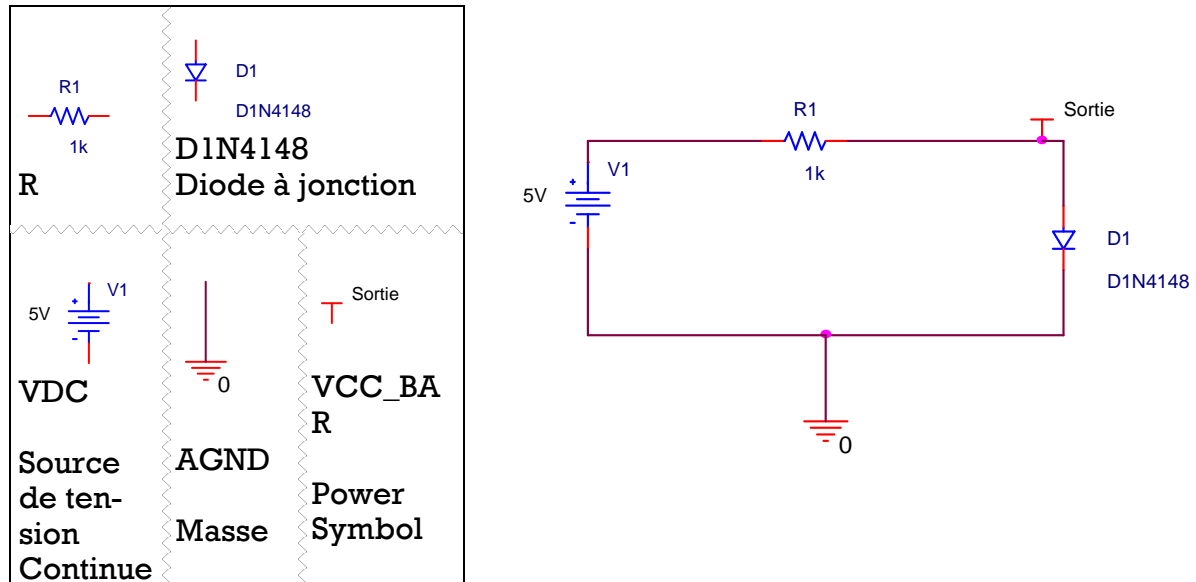
Add puis choisir la grandeur que vous souhaitez représenter.



Nous avons représenté le courant dans le transistor, et la tension entre la base et la masse.

Caractéristique d'un dipôle

Nous allons utiliser Pspice pour obtenir la caractéristique d'une diode à jonction, et profiter de cette occasion pour évoquer les modèles élémentaires du logiciel. Dessiner le circuit suivant :



Nous allons faire varier l'alimentation « V1 » de +15V à -15V, pour cela dans schématics dérouler le menu Analysis et Setup :

Dérouler le menu **PSpice**

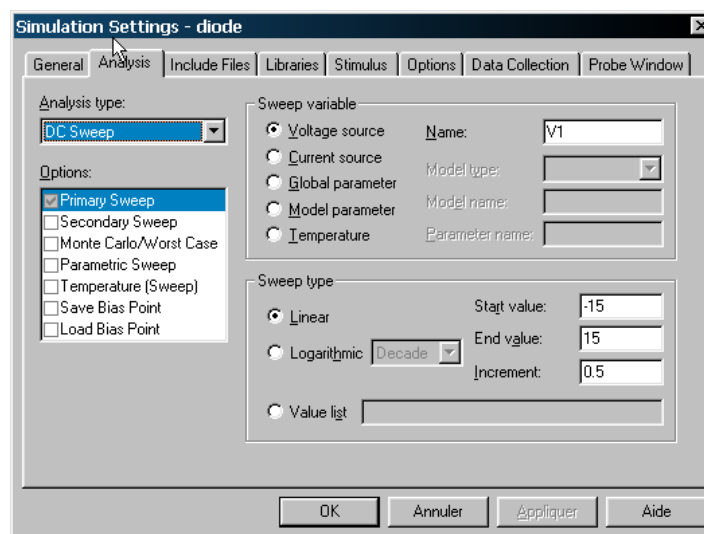
Sélectionner **New Simulation Profil**

Choisir **Un nom de fichier puis valider**

Sélectionner **Pspice**

Edit Simulation Settings

Choisissez une analyse de type DC Sweep, puis régler les valeurs comme indiquées ci-dessous :

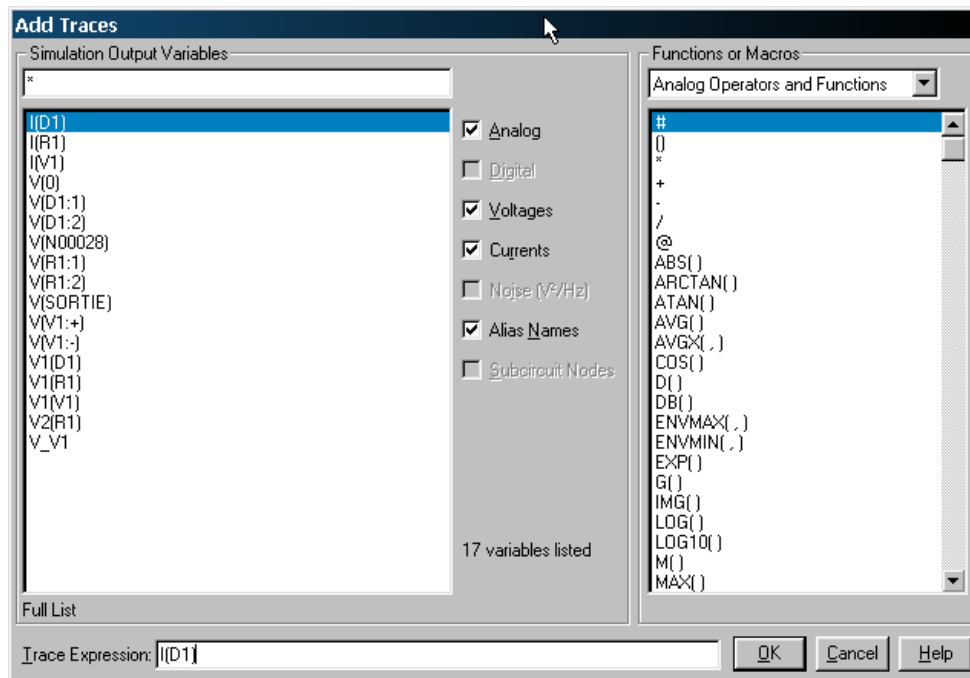


cela permet de préciser que la source de tension V1 doit varier de manière linéaire entre -15V et $+15\text{V}$ par pas de 0.1V .

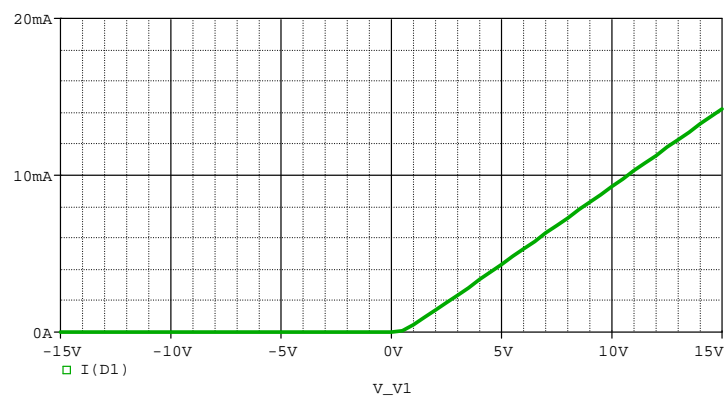
Valider en cliquant sur OK.

Lancer la simulation (*menu PSpice Run*)

Une fois terminée, Pspice AD démarre automatiquement. Taper sur la touche « Insérer » Puis choisissez I(D1) :



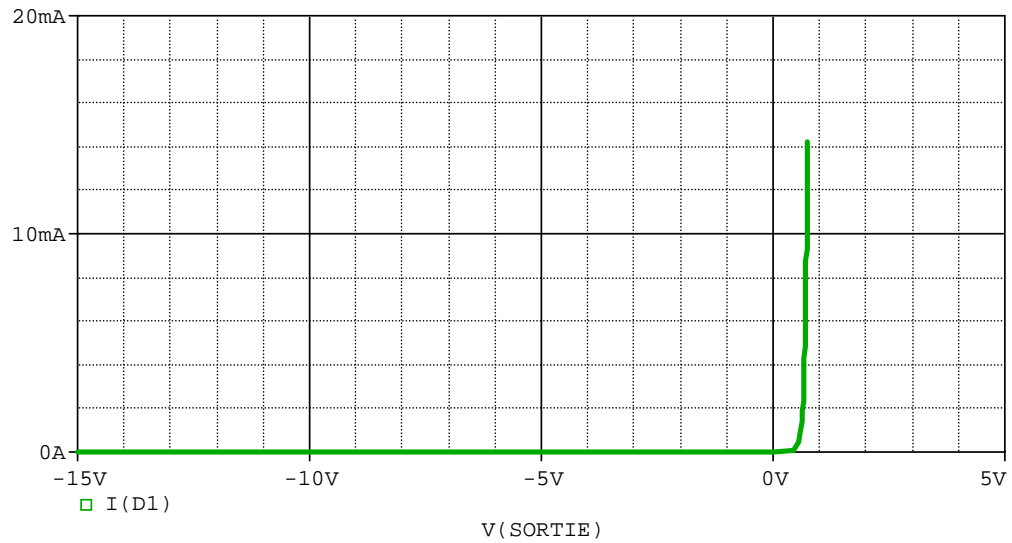
Valider avec OK, vous obtenez le résultat suivant :



Il ne reste plus qu'à changer l'axe des abscisses, pour cela double-cliquez sur une valeur de cet axe.

Cliquer sur le bouton **Axis Variable** :

Choisissez V(Sortie), puis cliquez sur OK deux fois consécutivement. Vous devez obtenir le résultat suivant :

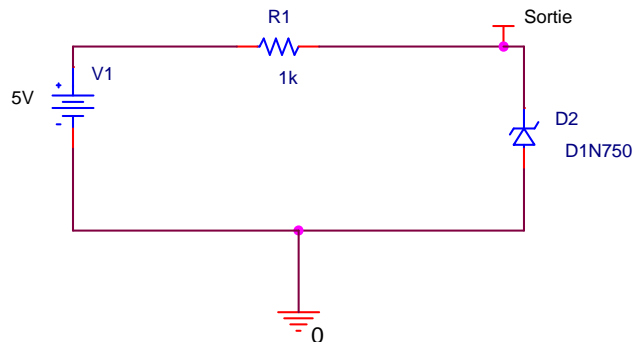
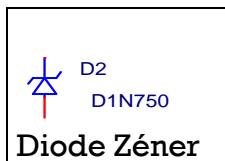


Vous pouvez utiliser les curseurs  afin de mesurer des points caractéristiques.

Changement du paramètre d'un modèle

Nous allons maintenant réaliser le même montage avec une diode Zéner. Dans un premier nous visualiserons sa caractéristique, puis ensuite ferons varier sa tension Zéner en modifiant un des paramètres de son modèle.

Schéma :



Nous allons visualiser les caractéristiques associées à différentes tensions Zéner. Pour cela il faut savoir que Pspice désigne par « Bv » la tension de Zéner. Une fois ce paramètre connu, il suffit de créer un nouveau fichier de simulation

Dérouler le menu **PSpice**

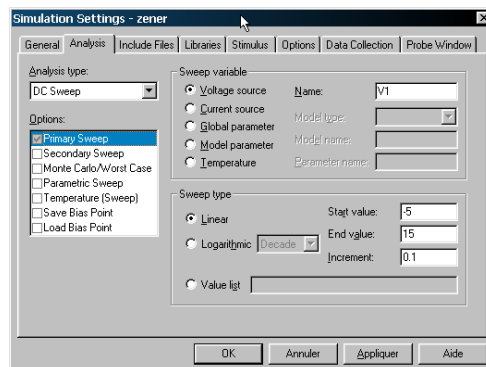
Sélectionner **New Simulation Profil**

Choisir **Un nom de fichier puis valider**

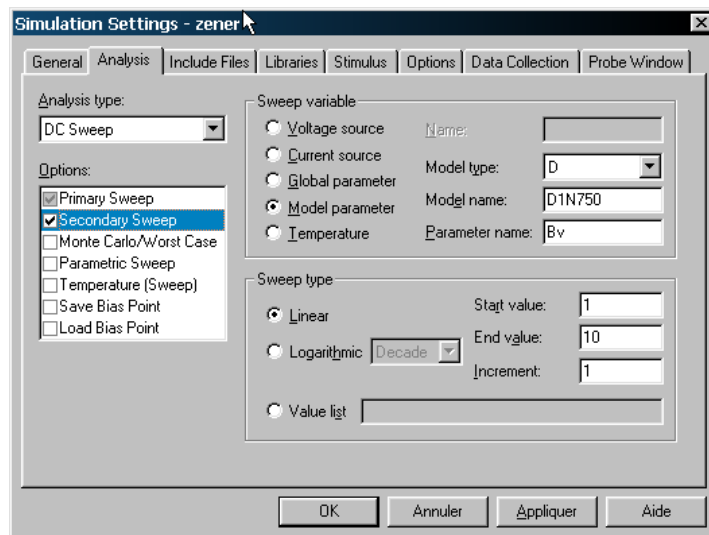
Sélectionner **Pspice**

Edit Simulation Settings

Une fois dans DC Sweep, on choisit de faire varier la source de tension V1 de -5V à 15V par pas de 0.1V.



Une fois ce réglage effectuer cocher **Secondary Sweep** vous obtenez l'écran suivant :



Spécifie le model
et la référence du
composant

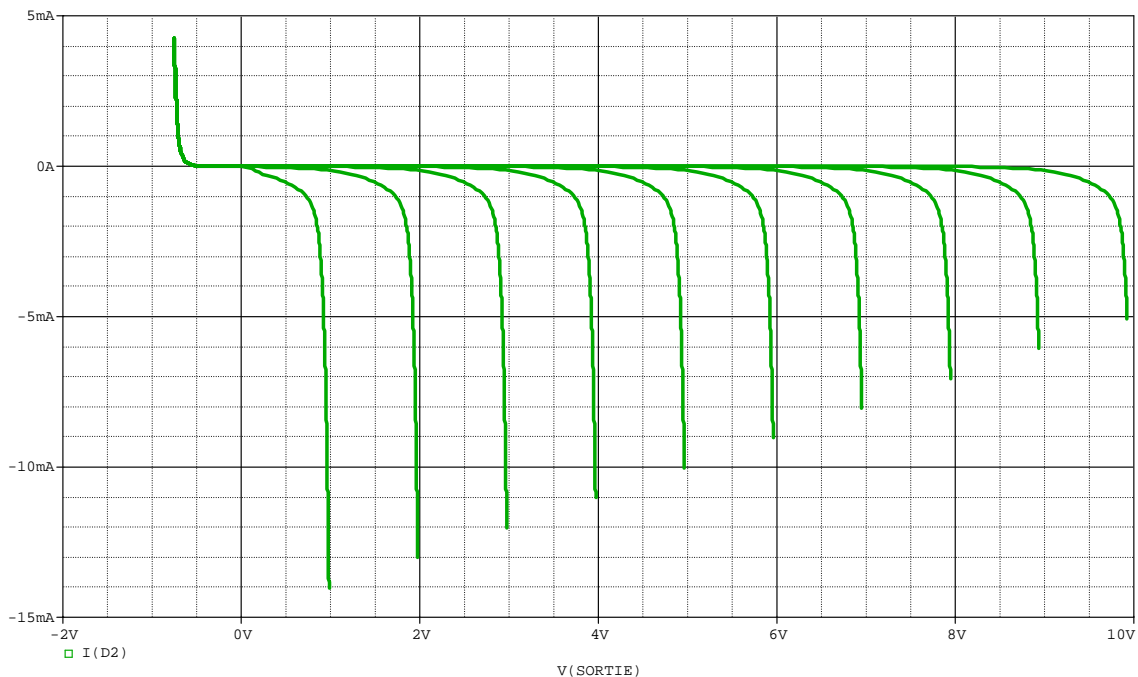
Fixe le type de
variation.

Remplissez les champs comme indiqué ci-dessus. En clair cela signifie que vous prenez le paramètre « Bv » (appelé *Model parameter*) du model d'une diode « D » dont la référence est « D1N750 ».

Ce paramètre varie linéairement de 1V à 10V par pas de 1V.

Fermer cette boîte de dialogue en validant les réglages puis lancer l'analyse.

Tracer selon la méthode précédente $I_d = f(V_{Sortie})$, voici l'écran obtenu :

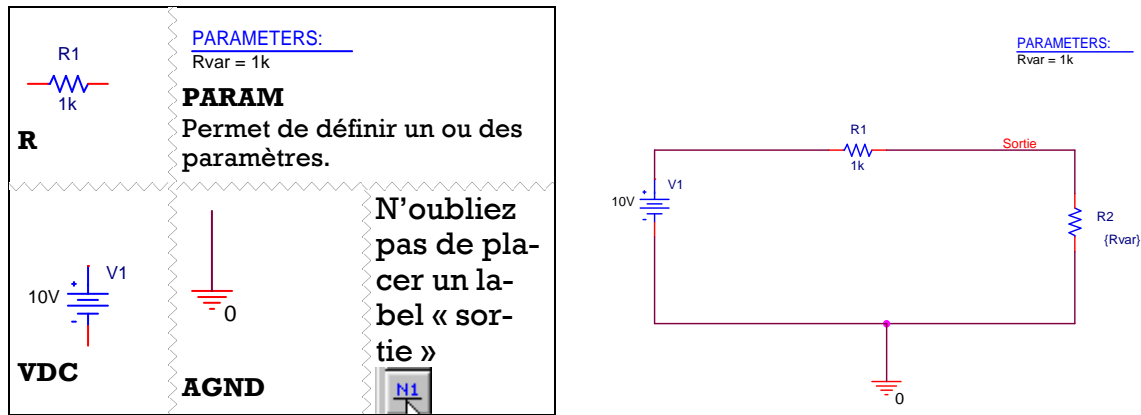


Nous obtenons bien une succession de tensions correspondantes aux différentes tensions zéner.

Analyse avec un paramètre

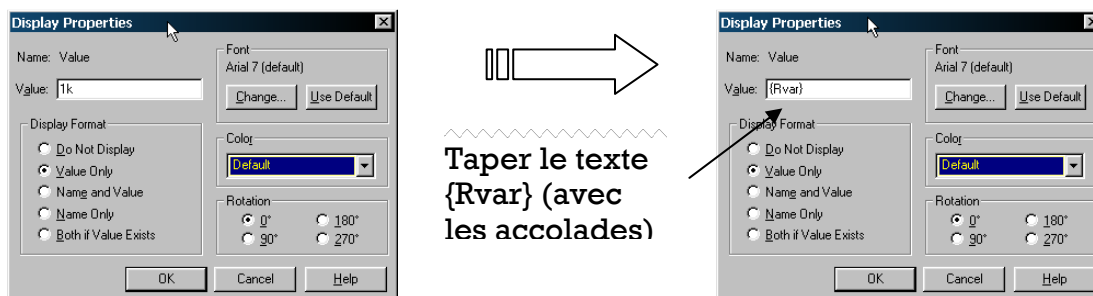
Dans certains cas il est intéressant de faire varier un paramètre afin d'étudier son influence. Nous allons voir à travers un exemple simple comment cela est possible.

Dessiner le circuit suivant :

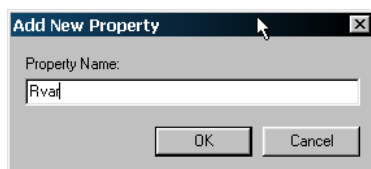


Comme vous le remarquez nous avons fixé la valeur de $R_2 = \{Rvar\}$, cela permet de la déclarer variable.

Pour cela double cliquez sur la valeur de R_2 c'est à dire $1k\Omega$:



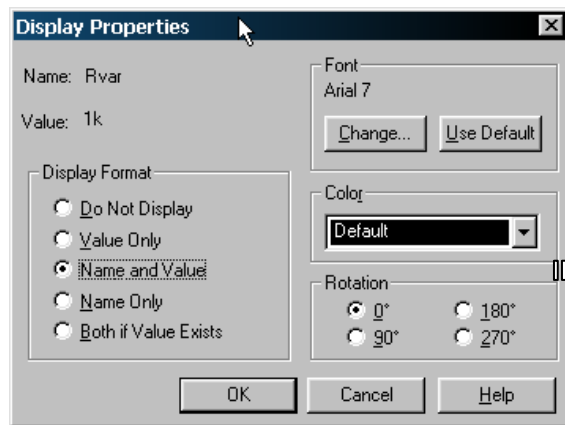
Valider puis double-cliquez sur le texte « parameters »
Cliquez sur le bouton New, vous obtenez l'écran suivant :



valider vous obtenez alors :

	Rvar	PCB Footprint	Name	Part Reference	Reference	Designator	Value	Primitive	Implementation Type	Implementation	Implementation Path	Color
1	+	SCHEMATIC1 : PAGE1 : 1	1k	100064	1	1	PARAM	DEFAULT	PSpice Model			

Sélectionner la colonne Rvar puis cliquez sur le bouton Display...



Choisissez d'afficher le nom et la valeur du paramètre sur la page du schéma.

Remplissez la boîte de dialogue et validez. Chaque paramètre doit posséder une valeur d'initialisation... même si celle-ci varie.

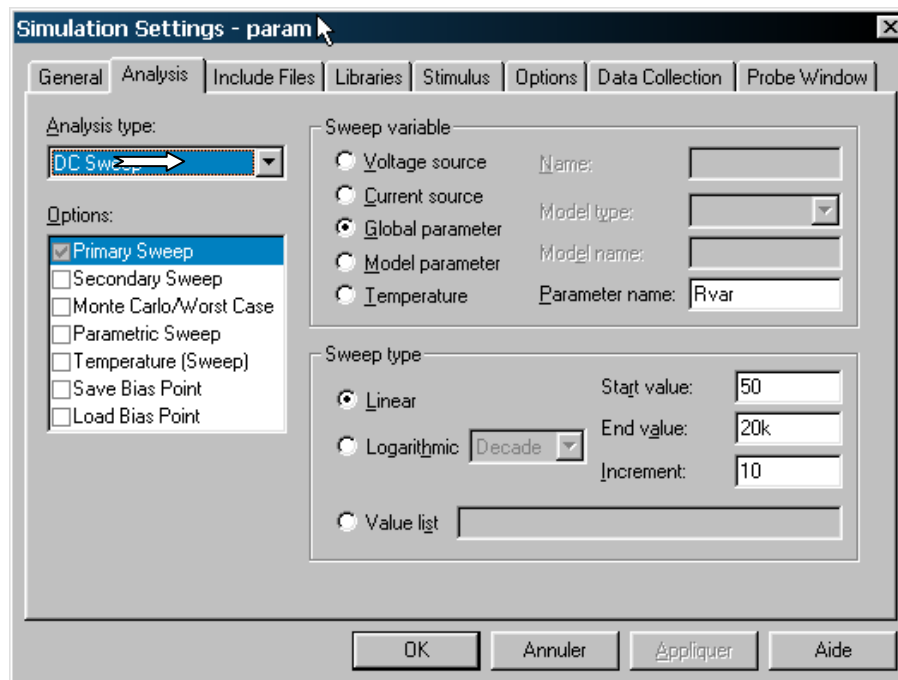
A ce stade le paramètre est défini, mais sa loi de variation de l'est pas, pour la définir fermer toutes les boîtes de dialogues jusqu'à vous retrouver dans Orcad Capture. (vous avez sous les yeux votre schéma)



Cliquez sur l'icône New Profil simulation, à ce stade c'est la seule disponible.

Donner un nom à votre fichier de simulation, puis valider.

Choisissez d'abord une analyse en continu c'est à dire une « DC Sweep » puis cocher Global parameter et remplissez comme ci dessous :



Analyse en courant continu

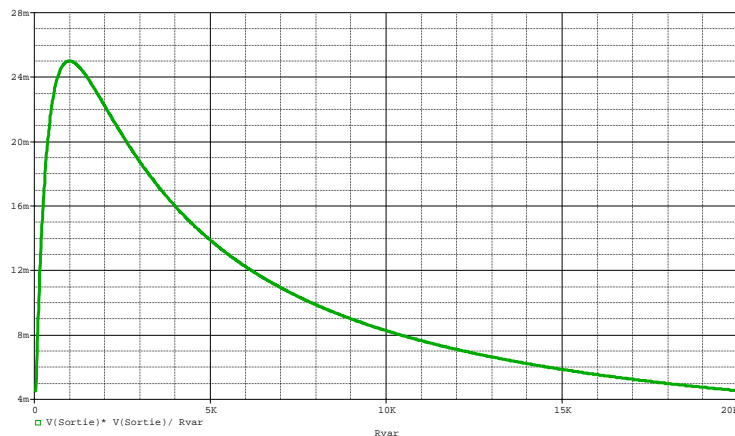
← Dont le nom est Rvar

← Rvar varie de 50Ω à 20 kΩ par pas de 20 Ω

Il suffit d'indiquer le nom du paramètre, de cocher « l'option Global Parameter » et d'indiquer le type de variation souhaitée. Pour notre exemple nous avons choisi de faire varier linéairement la résistance entre 50 Ω et 10 kΩ avec un pas de 10 Ω.

Lancer l'analyse, au besoin enregistrer si ce n'est pas fait.
Pspice AD se charge automatiquement, et vous remarquez que l'axe des abscisses porte la résistance variable « Rvar ».

Intéressons-nous à la puissance dissipée dans la résistance de sortie :
Après avoir appuyé sur la touche « Inser » entrez le texte :
V(sortie)*V(sortie)/Rvar
Après validation vous obtenez :



Pour cette exemple l'échelle n'est pas bonne, pour l'ajuster, double-cliquez sur une valeur de l'axe verticale, puis choisissez une échelle mieux adaptée.

Pour exploiter cette courbe, utiliser les curseurs (Ctrl+Shift+C) ou bien cliquez sur l'icône

Vous pouvez facilement rechercher un maximum, un minimum, une intersection grâce aux icônes suivantes :

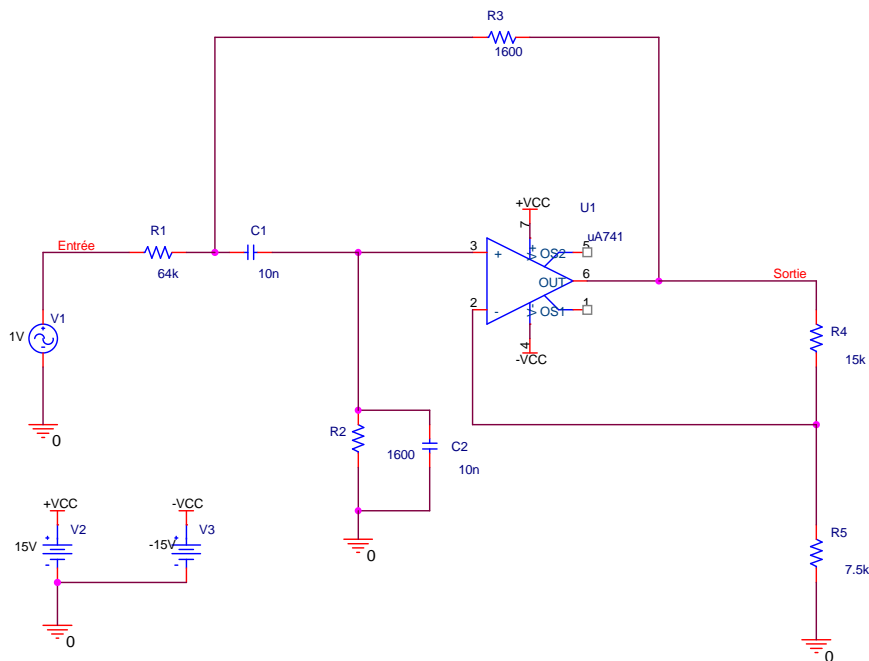
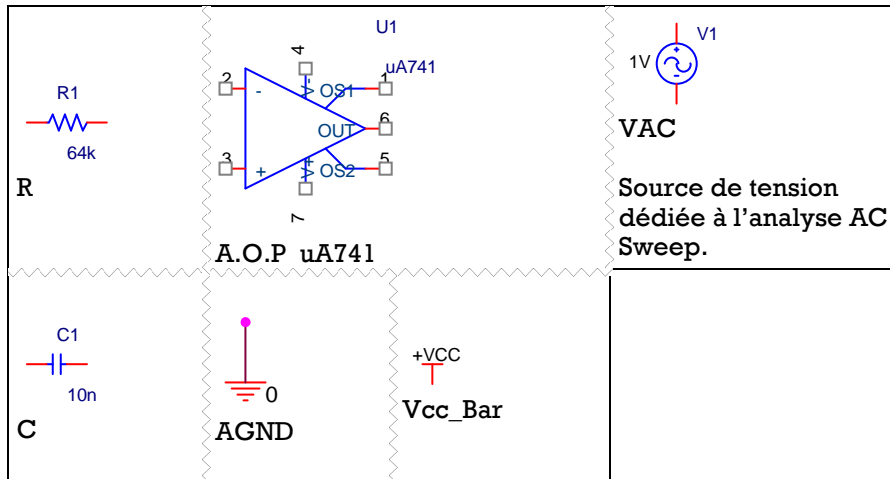
Remarque : lorsque vous placez le curseur de la souris sur l'icône, vous avez une description de sa fonction en bas à gauche de l'écran.

Analyse en fréquence : AC Sweep

Cette analyse permet de tracer des diagrammes de Bode, de Nyquist ou de Black.

Etude d'un filtre actif :

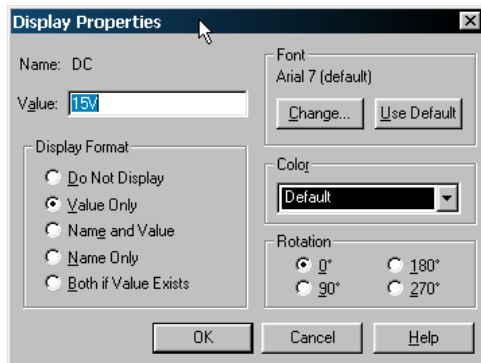
Nous choisissons un filtre à structure de Salen-Key . Dessiner le montage suivant :



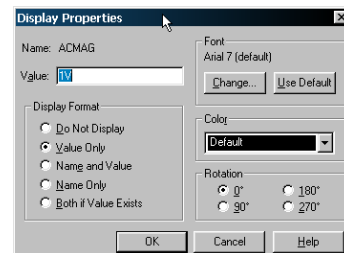
Nous avons utilisé des « ports » pour l'alimentation de l'A.L.I afin d'éviter de ne pas surcharger le montage. (Cf exemple sur le CDROM)


Ainsi nommer deux « ports » de manière identique, revient à établir une connexion électrique « virtuelle ».

Les alimentations V2 et V3 sont continues, pour fixer une valeur par exemple 15V double-cliquer dessus et entrer 15V dans le champ value :

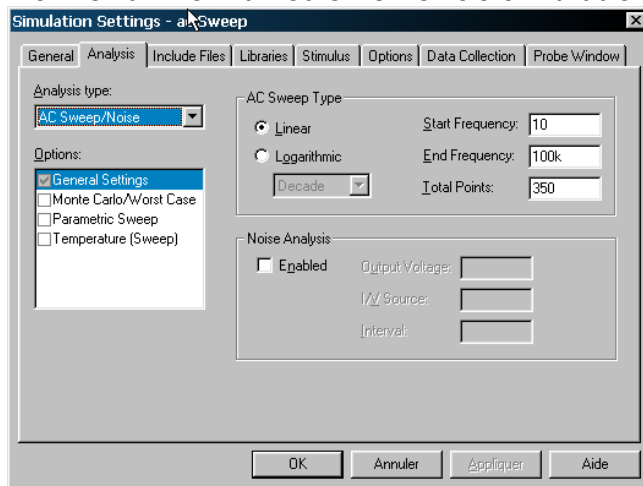


V_{AC} est réglée de cette façon :



Une fois le schéma terminée enregistrer puis cliquer sur l'icône New Profil simulation , à ce stade c'est la seule disponible.

Donner un nom à votre fichier de simulation, puis valider.



☞ Choisissez une analyse type :
AC Sweep

☞ Indiquez les fréquences de début et de fin et le type de variation.

☞ Valider,

☞ Lancer la simulation

Nous allons tracer le gain du montage et le déphasage de la tension de sortie par rapport à celle d'entrée.

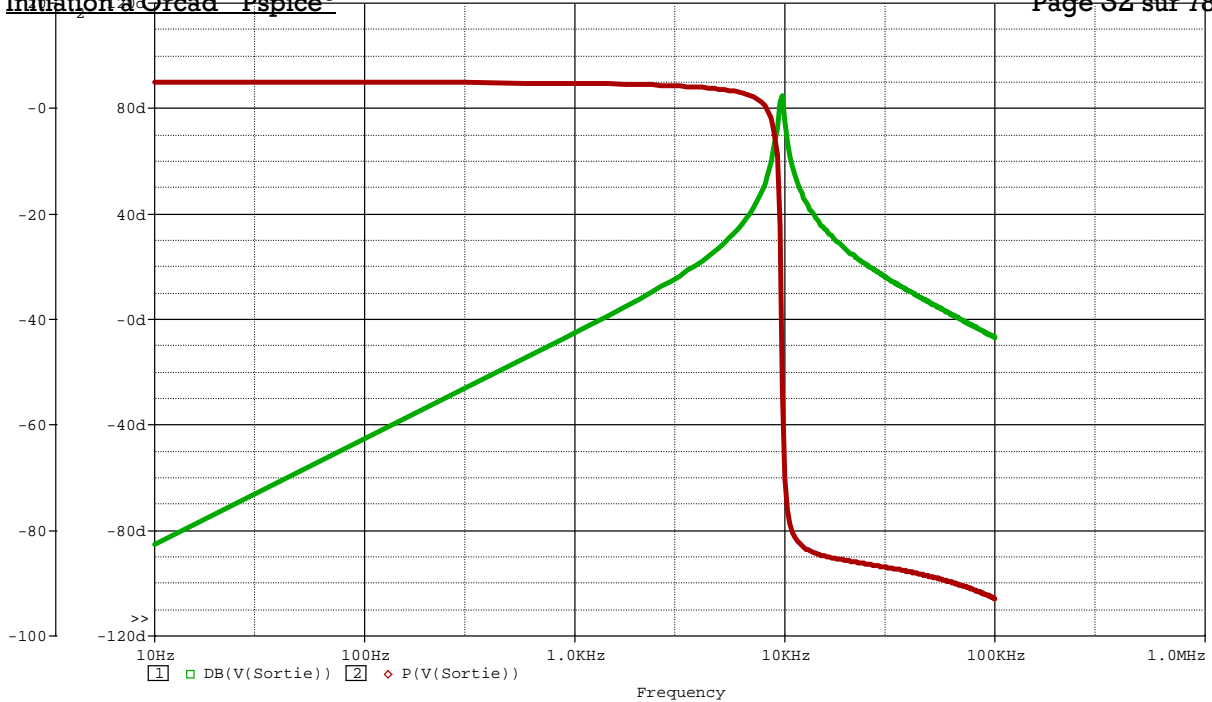
Pour cela il faut placer un axe verticale supplémentaire : Taper « Ctrl + Y »


Ajoutez un graphe (touche « Inser »), et taper la syntaxe suivante :

DB(V(Sortie)) (la fonction DB() permet de calculer $20 \cdot \log()$)

P(V(Sortie)) permet de tracer le phase de la tension de sortie

Vous obtenez donc les courbes du gain et de la phase de la tension de sortie



Pour connaître précisément une valeur sur le graphe, Vous disposez de 2 curseurs que l'on active en cliquant sur l'icône 

Pour afficher le second curseur il suffit de placer le pointeur de la souris sur la marque repérant la grandeur que vous souhaitez étudier et de cliquez sur le bouton droit de la souris.



La marque est entourée d'un cadre cela signifie qu'il y a un curseur sur cette trace.

Les curseurs sont nommés A1 et A2, Pspice AD affiche également la différence des curseurs pour les deux axes.

Pour aller plus loin : Analyse paramétrique et fréquentielle :

Il est possible d'étudier l'influence de la résistance sur la stabilité du filtre précédent .

La structure précédente peut devenir instable si le coefficient d'amortissement est négatif, cela est possible lorsque la condition suivante est réalisée :

$$2m = \frac{2(R1 + R2) - \alpha R1}{\sqrt{R1(R1 + R2)}} \quad \text{donc } m < 0 \text{ si } \alpha > 2 + \frac{2R2}{R1}$$

$$\text{avec } \alpha = \frac{R4}{R5}$$

Pour informations :

$$\underline{T} = A \frac{2m \frac{p}{\omega_0}}{1 + 2m \frac{p}{\omega_0} + \left[\frac{p}{\omega_0} \right]^2} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{(\alpha + 1)R2}{2(R1 + R2) - \alpha R1} \\ \omega_0 = \frac{1}{R2C} \sqrt{\frac{R2 + R1}{R1}} \end{array} \right.$$

Pour notre exemple si $\alpha > 2$, le montage devient instable.

Méthode :

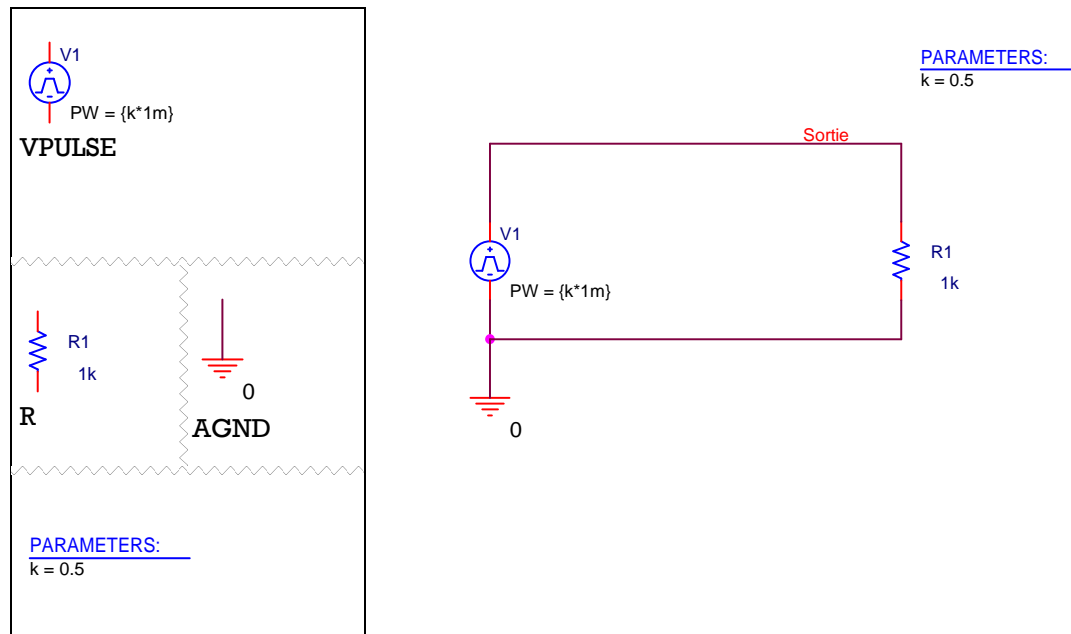
Choisir un paramètre qui simule α :

Faire une analyse en plaçant un signal rectangulaire de fréquence 10 kHz, et observer les résultats.

7 Analyse de Fourier : Recherche du spectre d'un signal

Dans un premier temps, nous allons étudier le spectre d'un signal carré de fréquence fixe, et de rapport cyclique variable.

Saisissez le schéma suivant :



La source de tension **Vpulse**, permet d'élaborer toutes sortes de signaux rectangulaires.

Nous choisissons un signal carré, unidirectionnel d'amplitude 10V. Le paramètre « k » va nous permettre de faire varier le rapport cyclique

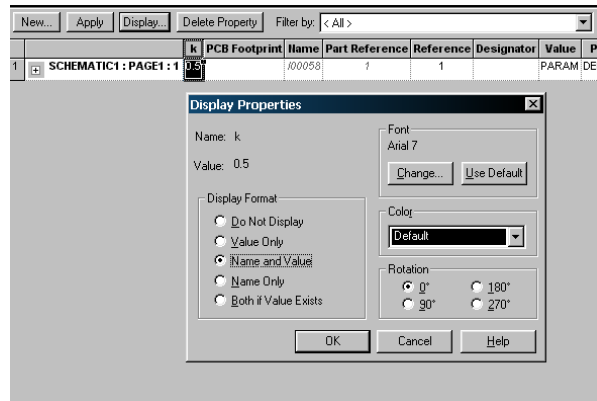
	V2	TR	V1	PER	PW	TF	TD	PCB Footprint	Name	Part Reference	Reference	Designator	Value	Primitive	Implementation Type	Implementation
1		10	1n	0	1m	{k*1m}	1n	0	000003	V1	V1		VPULSE	DEFAULT	PSpice Model	


Le champ PW qui correspond à la durée de l'état haut de la tension est défini comme suit : PW : {k*1m} les accolades précisent qu'il y a une variable en l'occurrence k.

Cette variable est définie dans le composant PARAM que nous avons déjà rencontré.

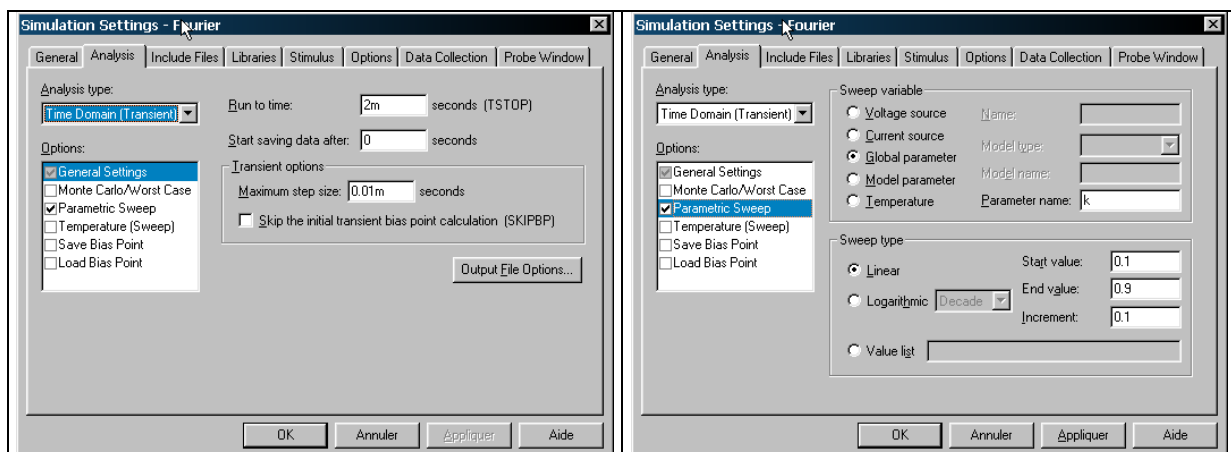
Voici le cheminement à suivre :

Double cliquez sur PARAM puis faites New taper k (sans accolade) puis valider. Ensuite donner une valeur initiale à votre paramètre par exemple 0,5 valider. Sélectionner la colonne k, cliquer sur le bouton Display cocher Name and Value.



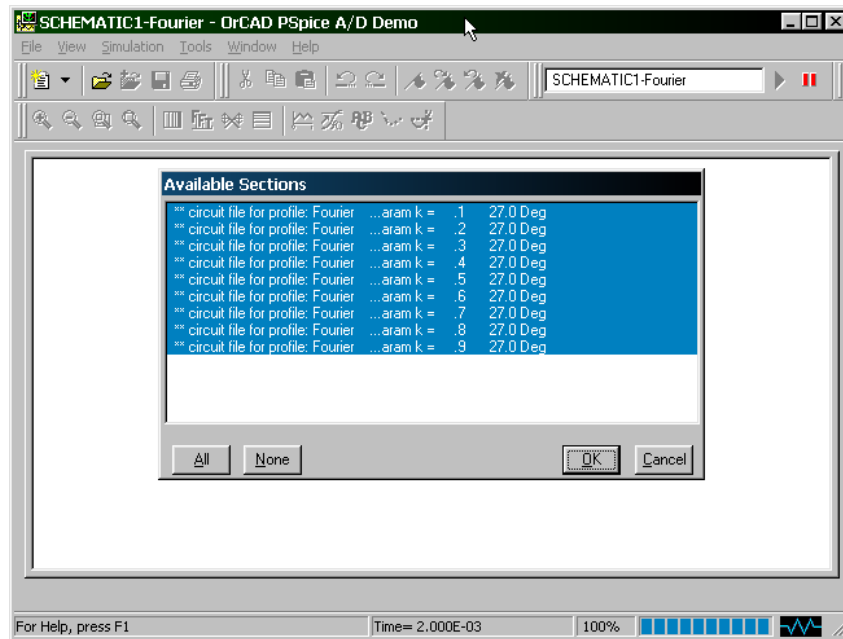
Une fois le schéma terminée enregistrer puis cliquer sur l'icône New Profil simulation , à ce stade c'est la seule disponible.

Donner un nom à votre fichier de simulation, puis valider. Choisissez une analyse type AC Sweep et cacher Parametric Sweep afin de préciser que nous allons mettre en œuvre un paramètre qui sera global :



Une fois ces réglages effectués valider puis lancer la simulation.


Si tout se passe normalement, vous obtenez l'écran suivant :

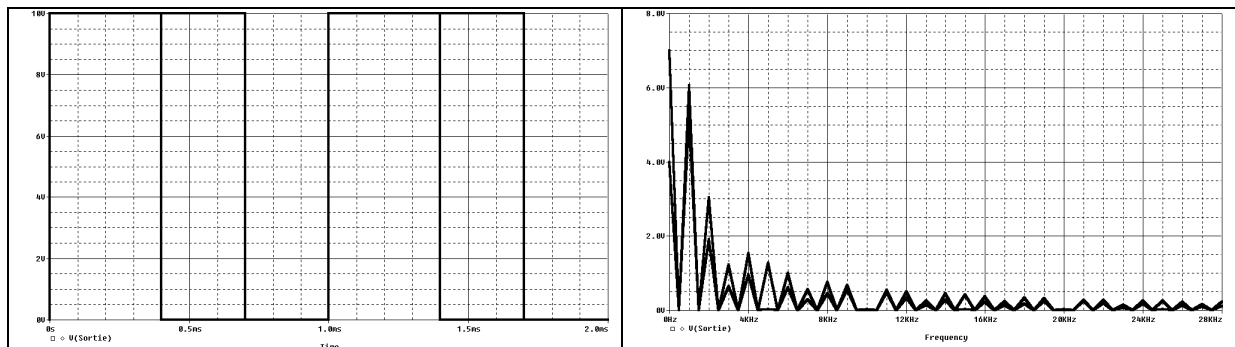


A ce stade le logiciel vous demande si vous souhaitez observer les courbes liées à chaque valeur de paramètres.

Vous pouvez par exemple sélectionner deux courbes en cliquant dessus pour la première et en cliquant tout en maintenant enfoncé la touche Ctrl du clavier pour la seconde.

Ajouter la tension de sortie (avec la touche *Inser*) vous obtenez la figure de droite

puis cliquez sur l'icône FFT,  vous obtenez la figure de gauche. Régler l'échelle en double cliquant sur une valeur de l'axe des abscisses.



Remarque :

L'analyse de Fourier peut être obtenue de deux façons :

La première à partir de Orcad Capture


La seconde à partir d'un calcul de la FFT dans Pspice AD

Nous venons de voir la seconde.

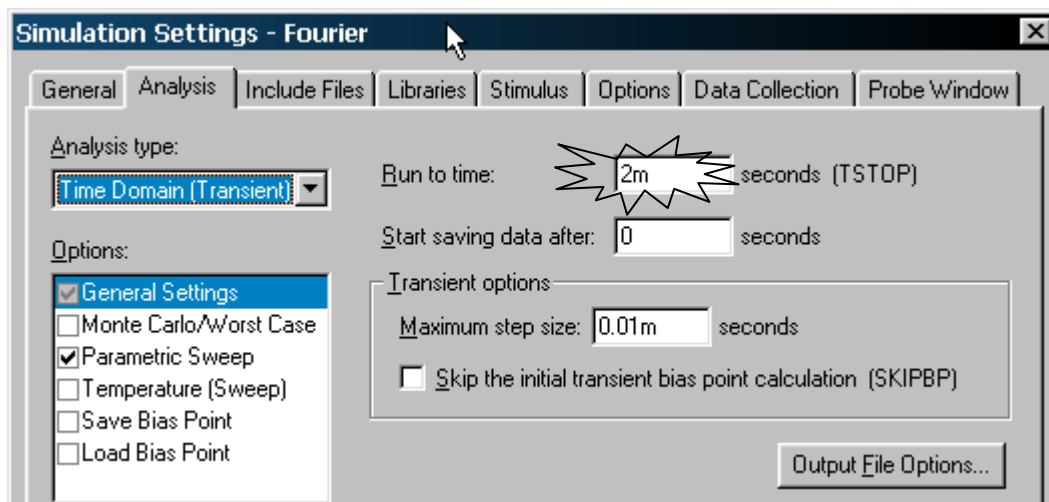
La première méthode est expliquée sur le CDROM nous ne reviendrons pas dessus.

Entraînement : Représenter à la fois la tension de sortie et son spectre. A partir d'une macro, synthétisez le signal de sortie pour les cinq premiers harmoniques non nuls.

A propos de la seconde méthode :

Le calcul de la FFT est réalisé directement en cliquant sur l'icône . Cela donne en général de bons résultats. Attention cependant au pas de calcul de l'analyse temporelle, il est souhaitable qu'il soit faible.

La largeur des raies spectrales est définie par : $\frac{2}{\text{Run to Time}}$



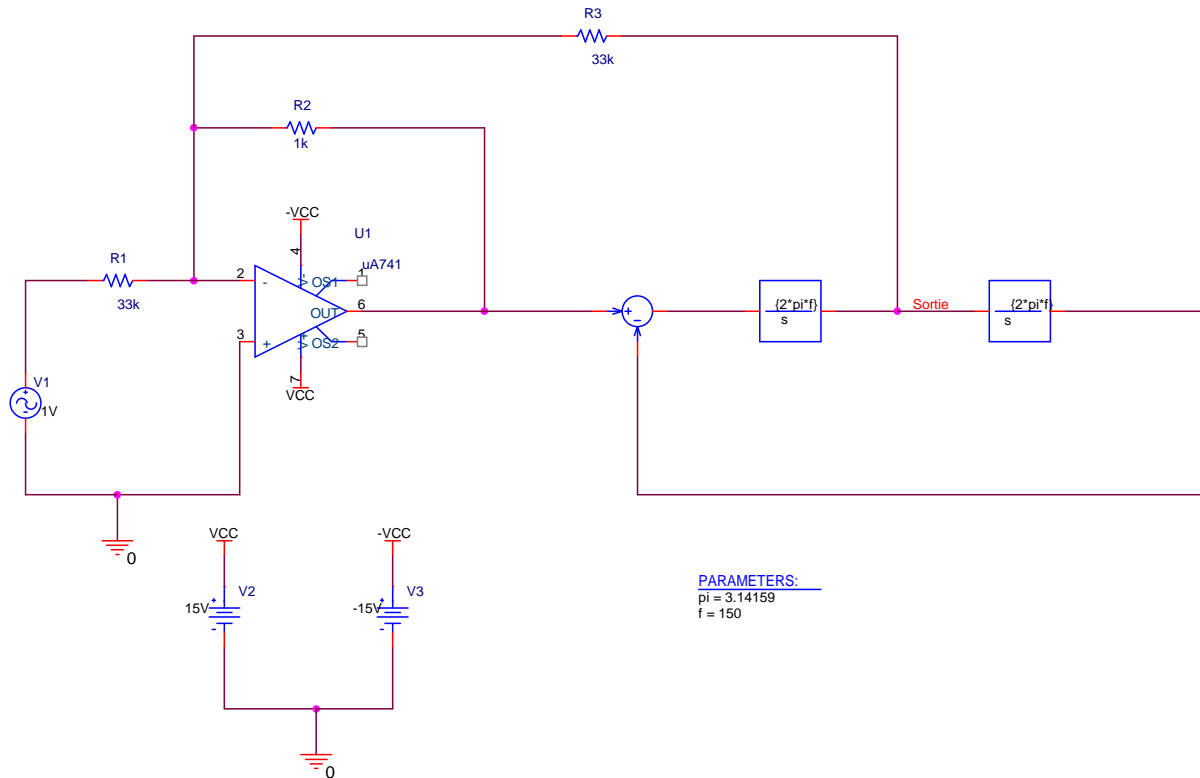
Inconvénient : Cette méthode ne renseigne pas sur la phase des harmoniques.

Avantage : Elle est plus rapide à mettre en œuvre.

Filtre actif à « capacités commutées »

Il est possible de simuler facilement le fonctionnement d'un filtre à capacité commuté, comme le MF 10 par exemple.

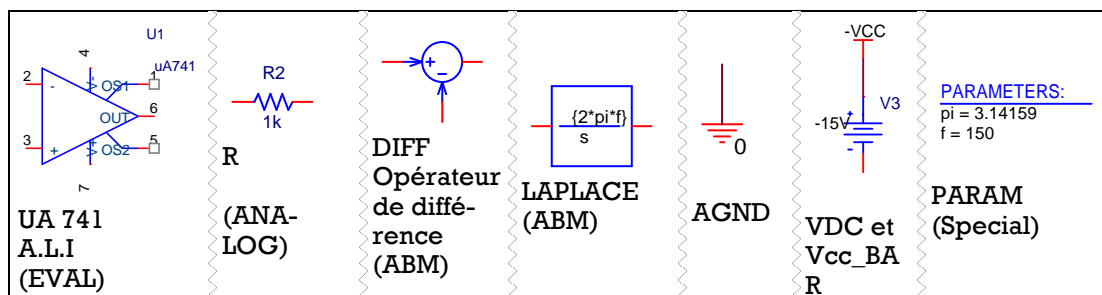
Saisissez le schéma suivant :



Ce schéma de principe rend compte de la structure interne d'un filtre à capacités commutées.

Il est constitué des éléments suivants :

nous avons placé entre parenthèses les bibliothèques dans lesquelles se trouvent les éléments.



Le générateur d'entrée est du type V_{AC} ,



il permet de réaliser des analyses fréquentielles.

Etude fréquentielle

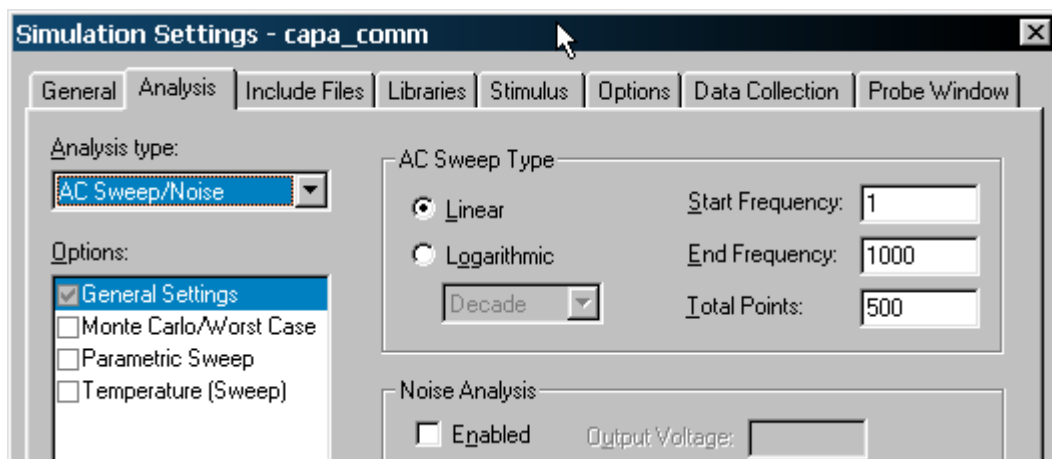
Nous allons faire une analyse fréquentielle de la tension disponible sur la borne de sortie du montage. Pour cela créer un nouveau fichier de simulation comme ceci :

Une fois le schéma terminée enregistrer puis cliquer sur l'icône New Profil simulation

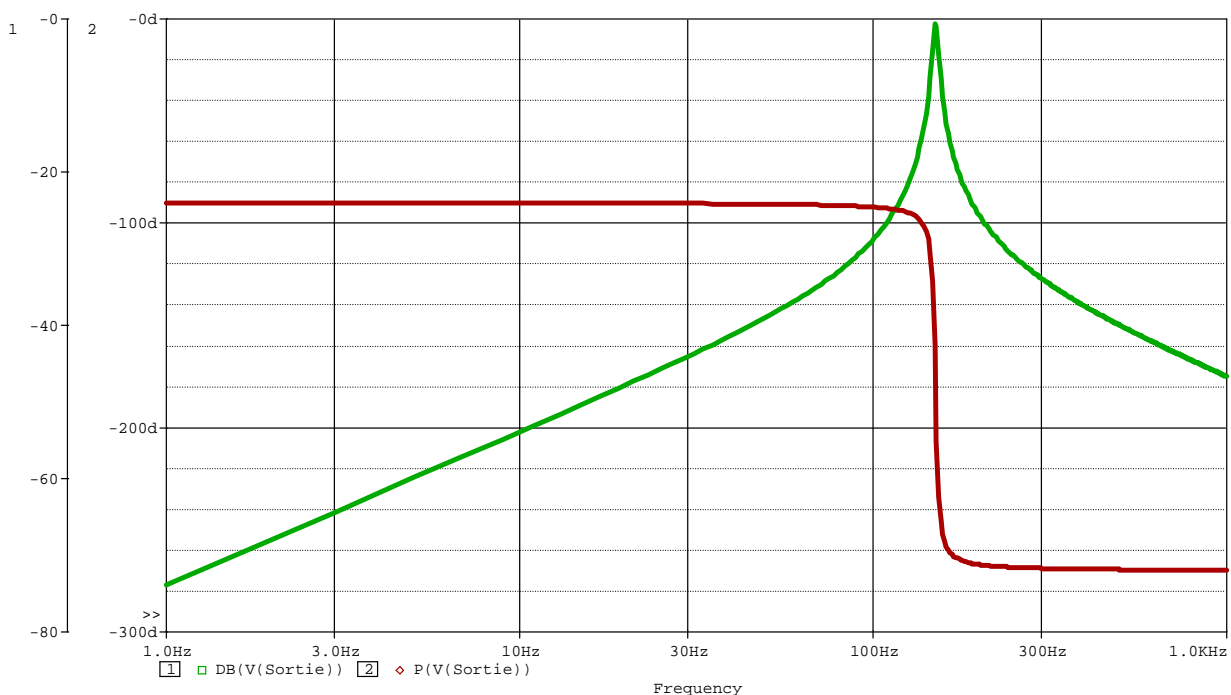
 à ce stade c'est la seule disponible.

Donner un nom à votre fichier de simulation, puis valider.

Voici le détail des options Choisies :



Il ne reste plus qu'à simuler, puis afficher le gain et la phase de la tension « sortie » soit DB(V(Sortie)) et P(V(Sortie)), on obtient alors les courbes suivantes :



On vérifie qu'il s'agit d'un filtrage passe-bande dont les caractéristiques sont :

$$f_0 = 150 \text{ Hz} ; \quad Q = 33 ; \quad \Delta f = 4.5 \text{ Hz}.$$

Résultats théoriques :

$$\frac{V_{out}(p)}{V_e(p)} = T_0 \times \frac{2m \frac{p}{\omega_0}}{1 + 2m \frac{p}{\omega_0} + \left(\frac{p}{\omega_0}\right)^2}$$

$$2m = \frac{R_1}{R_3} ; \quad T_0 = -\frac{R_3}{R_2}$$

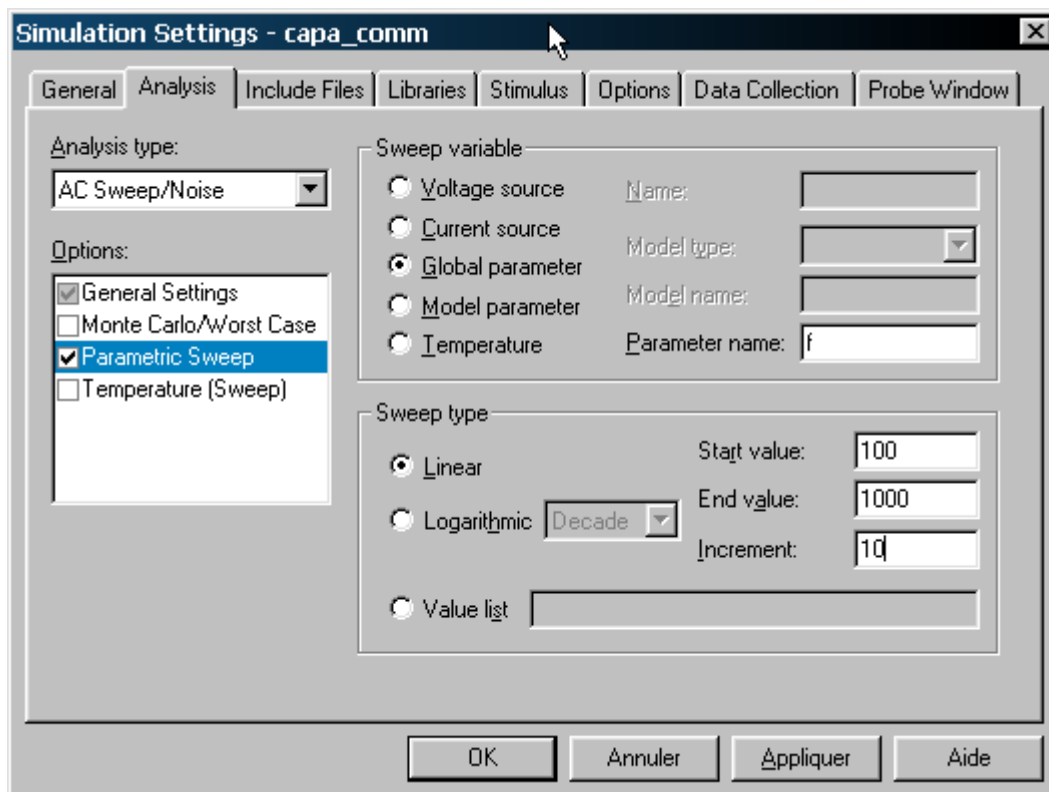
Fonctions avancées :

Il est possible de tracer la bande passante à -3dB en fonction de la fréquence centrale du filtre, afin de déterminer le facteur de surtension.

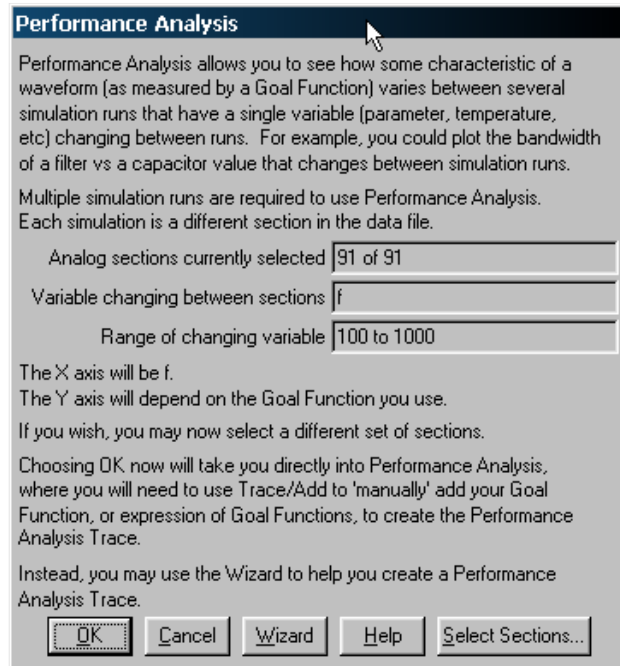
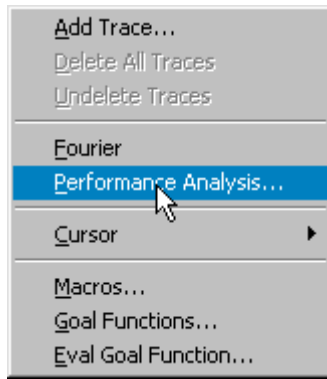
Pour cela il faut définir le paramètre « f ».

Faire varier f de 100Hz à 1000Hz par décade avec 10 points par décades :

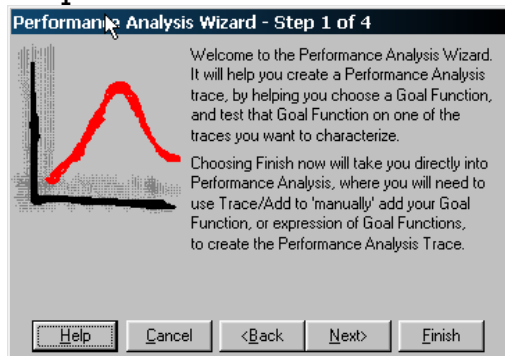
Régler une simulation de type AC Sweep avec l'option Parametric Sweep de cochée, puis faire varier « f », Paramètre Global de 100Hz à 1kHz.



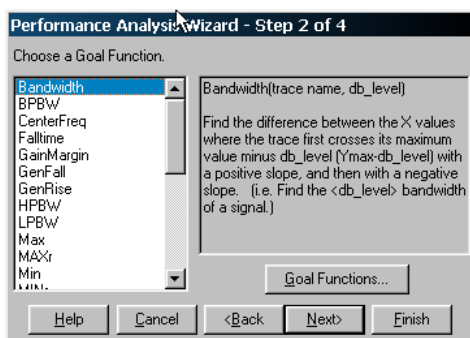
Relancer la simulation, puis une fois dans Pspice AD, appeler l'analyse de performance en choisissant dans le menu Trace / Performance Analyse :



Cliquez sur Wizard



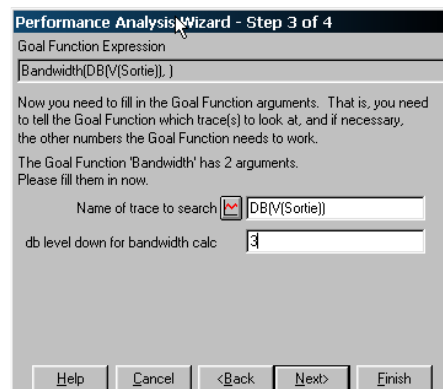
Cliquez sur Next, en choisissant Wizard, vous faites appel à un assistant qui va vous guider pas à pas.

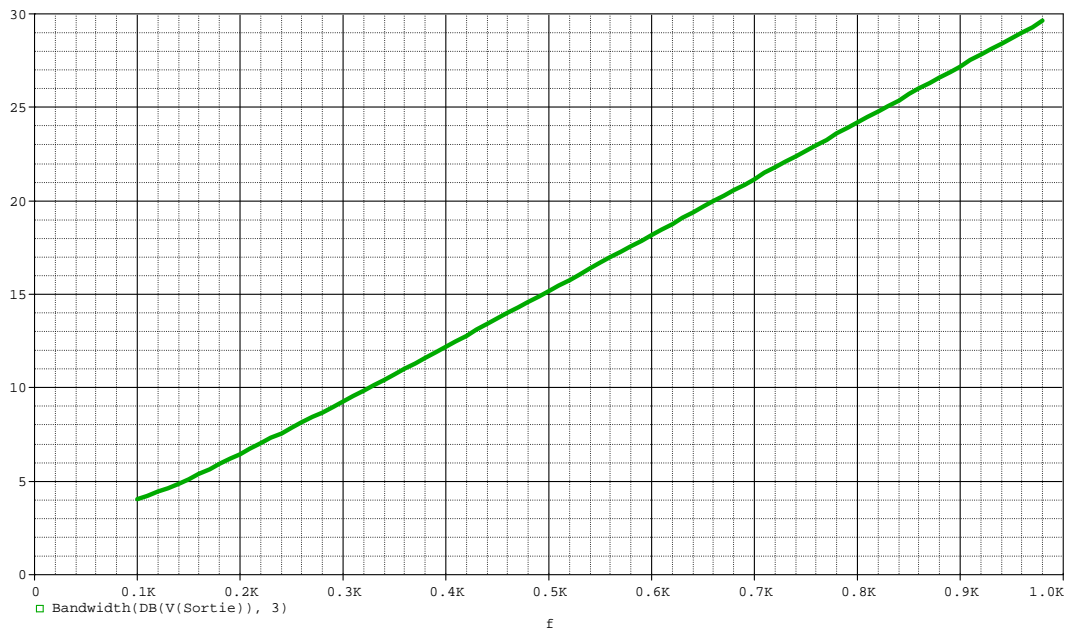


Sélectionner « Bandwidth », puis suivre l'assistant qui demande :

de préciser sur quelle tension doit s'effectuer l'analyse.

d'indiquer le niveau de baisse soit 3dB.





On obtient alors la courbe suivante :

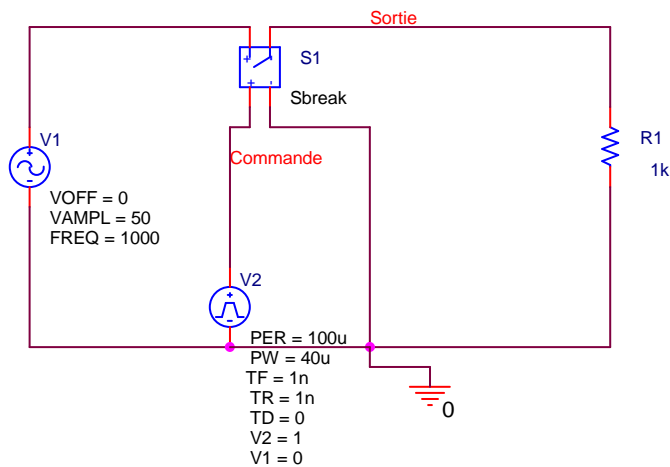
Pour laquelle nous avons réglé l'échelle des abscisses entre 0 et 1000 Hz.

On vérifie que l'inverse de la pente donne $Q = 33,3$!

Remarque : en augmentant le nombre de point dans l'analyse en fréquence, on obtient $Q = 33$.

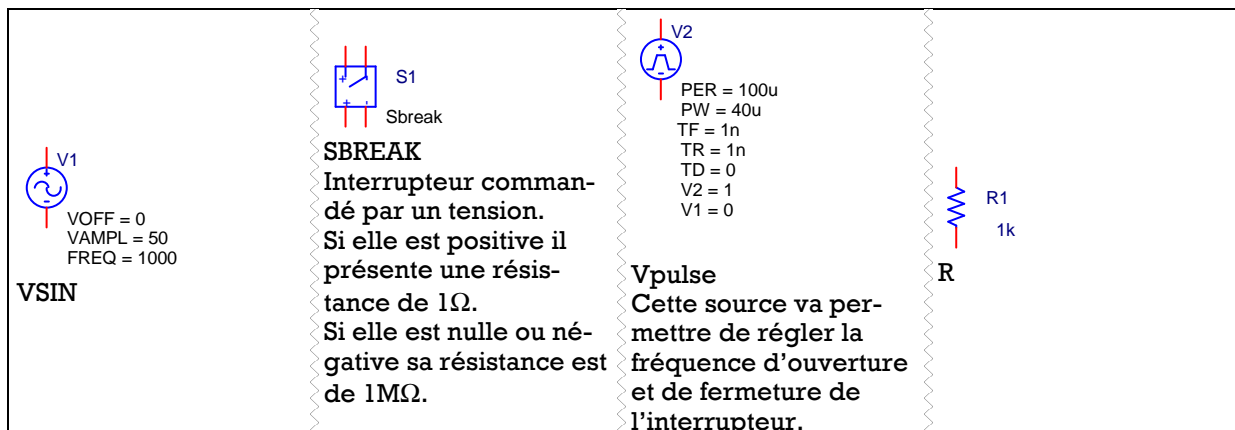
L'échantillonnage

Cas de l'échantillonnage naturel :
Saisissez le schéma suivant :



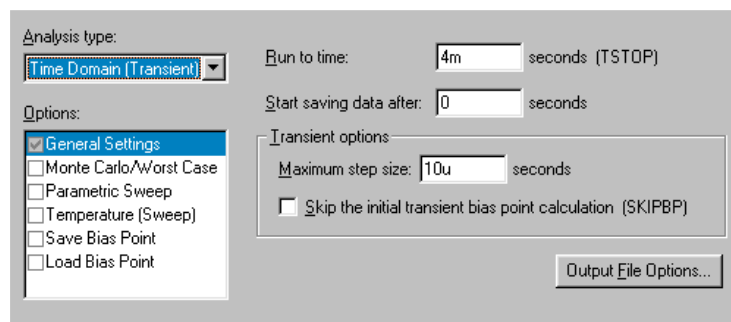
Liste des éléments :

Nous utilisons un interrupteur commandé en tension

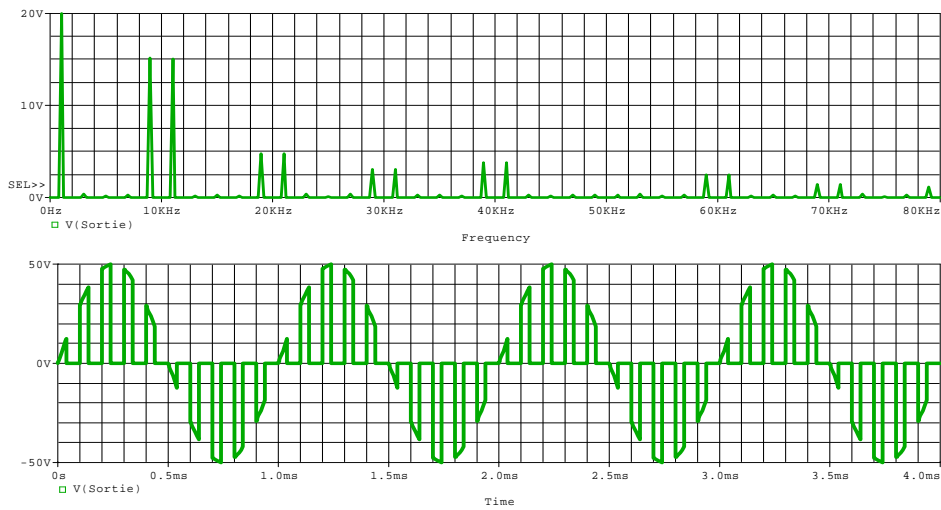


Il est d'intéressant d'observer le spectre d'amplitude de la tension de sortie. Pour cela choisissez une analyse temporelle, en fixant par exemple une fréquence d'échantillonnage de 10kHz, avec une durée de maintien de 40 μs, fixée par le paramètre « PW » de la source de tension VPULSE.

Nous avons choisi les réglages suivants :

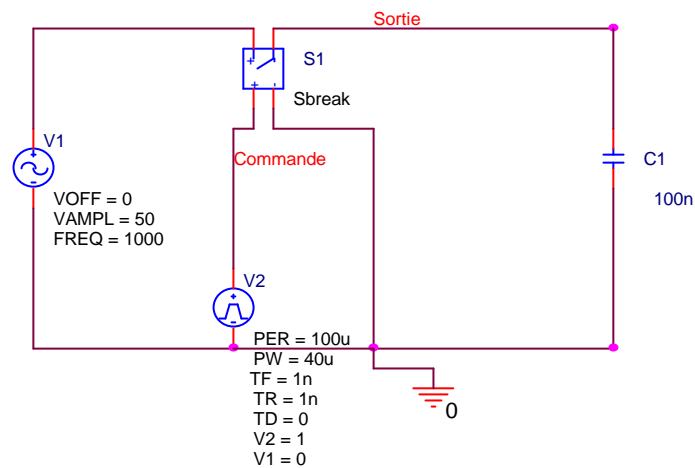


Voici les résultats obtenus :



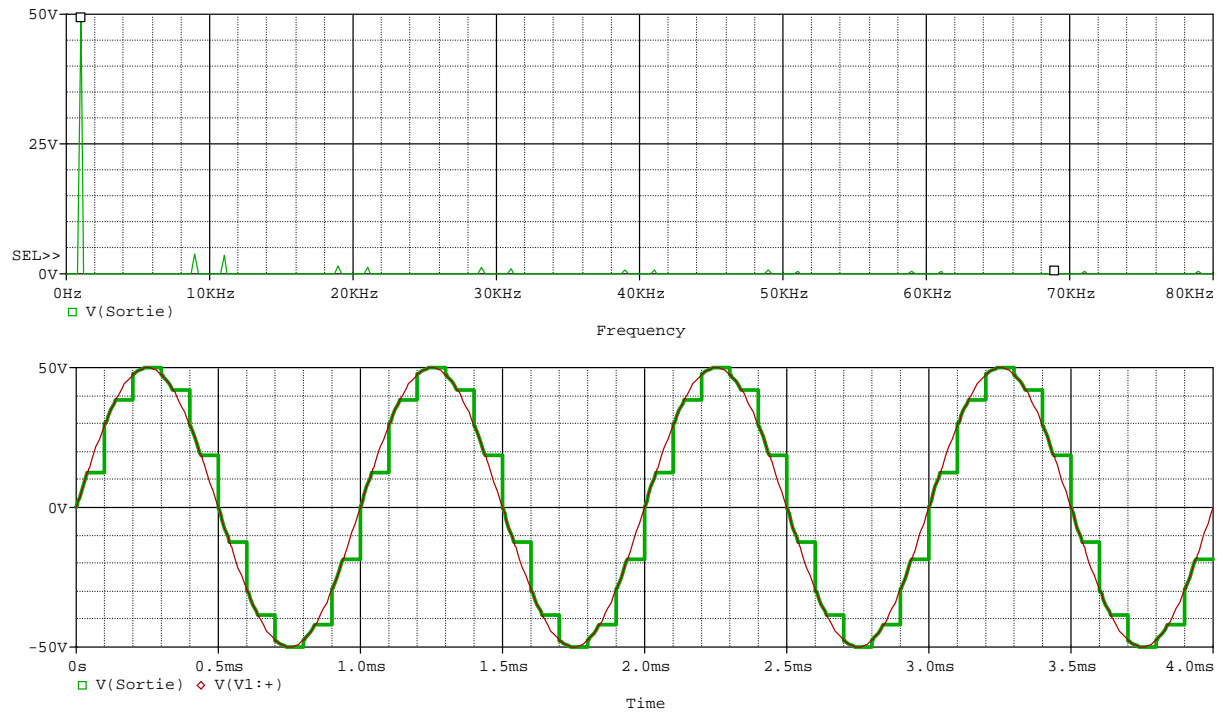
Echantillonnage avec blocage

On réalise le montage suivant :



Lancer la simulation après l'avoir paramétrée comme précédemment.
Observer le spectre d'amplitude de la tension de sortie.
Rq : vous pouvez changer la durée PW afin d'observer son influence.

Voici les résultats obtenus :



La modélisation comportementale

Pspice comporte une bibliothèque appelée ABM qui permet de modéliser un circuit à partir de sa fonction de transfert.

Dans cette bibliothèque, on trouve entre autre:

Les fonctions mathématiques élémentaires

La transformation de Laplace

La synthèse de filtre à partir de Chebychev

La transformation de Laplace et les systèmes bouclés

Correction d'un asservissement

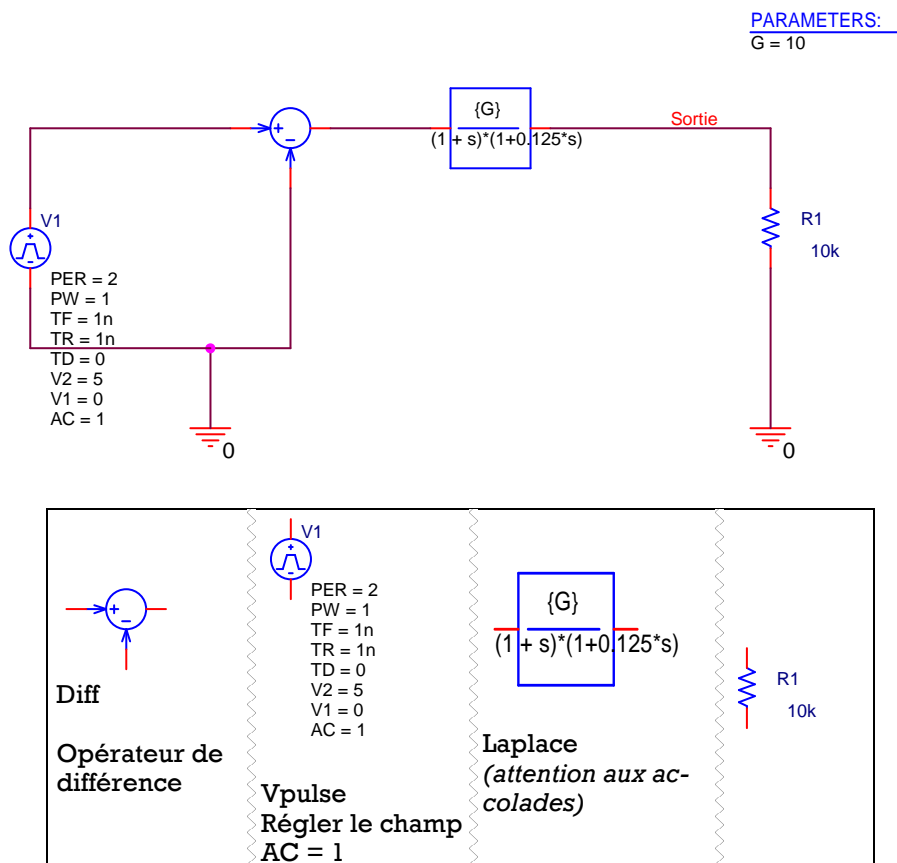
Supposons un système bouclé, dont le processus a pour fonction de transfert :

$H(p) = \frac{G}{(1+p)(1+0.125p)}$, cherchons la valeur G_1 de G qui permet d'obtenir une marge de phase de 45°

Le calcul théorique donne $G_1 = 15$, nous allons maintenant rechercher cette valeur à partir d'une simulation.

Pour cela nous définissons le paramètre globale G , et le faisons varier de 0 à 25 par pas de 5.

Saisissez le schéma suivant :



Vous remarquez que le champ AC de Vpulse vaut 1, en effet ce champ existe pour toutes les alimentations et il permet de réaliser une étude harmonique, cette possibilité est donc très intéressante.

Pour étudier la marge de phase, il faut réaliser une étude fréquentielle, c'est pour cela que nous avons renseigné le champ AC.

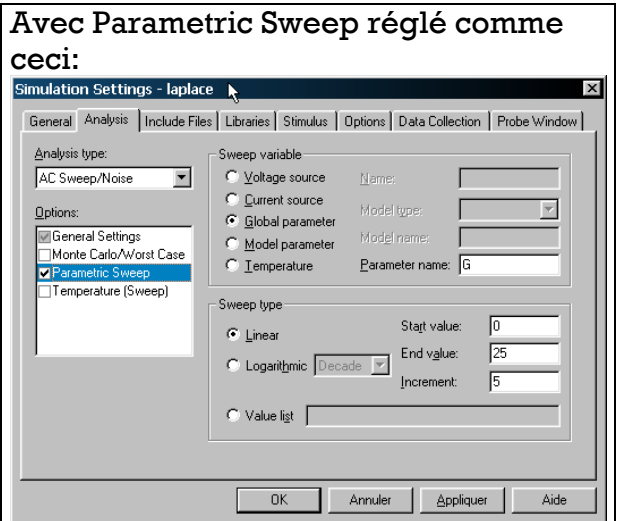
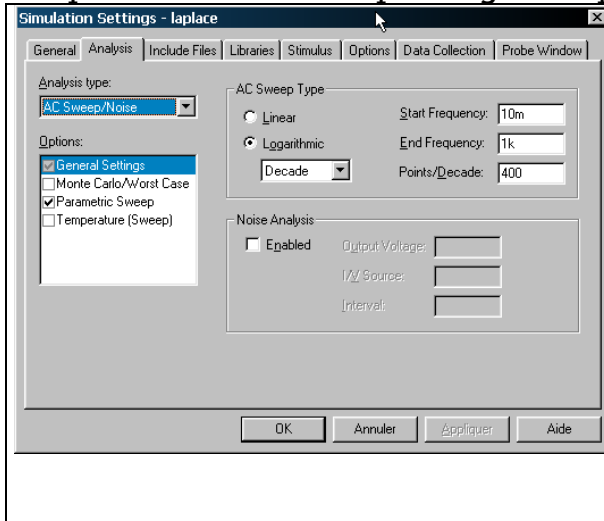
Le réglage des champs de V1 apparaît sur le schéma de principe.

Une fois le schéma terminée enregistrer puis cliquer sur l'icône New Profil simulation



, à ce stade c'est la seule disponible.

Cliquez sur l'icône :  puis régler les paramètres comme suit :

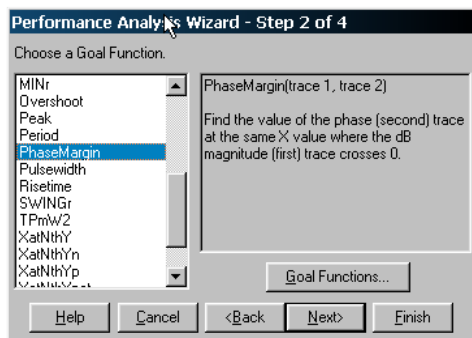


Avec Parametric Sweep réglé comme ceci:

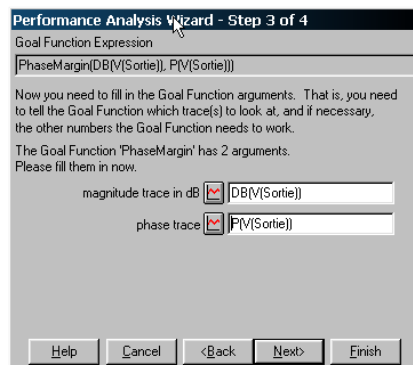
Après avoir validé l'analyse fréquentielle, et paramétrique du menu Analysis, enregistrer votre travail, puis lancer la simulation.

Une fois celle-ci terminée, et Pspice AD lancé, choisir Performance Analysis du menu Trace. Cliquez sur Wizard puis next choisir Phasemargin

Cette fonction donne la marge de phase. Deux arguments sont nécessaires : le premier correspond au gain, tandis que le second correspond à la phase.



Cliquez sur next

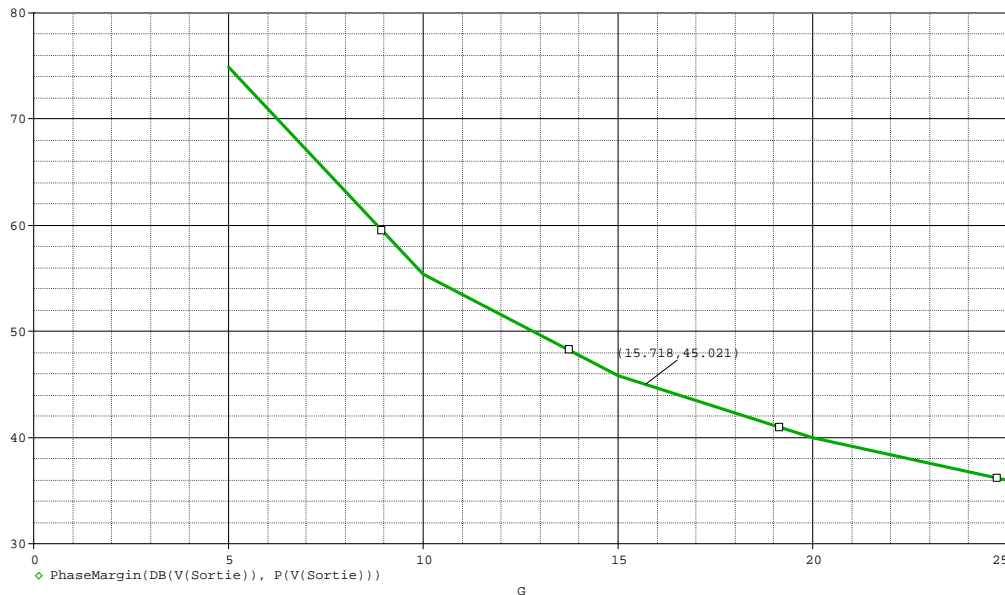


Remplir la boîte de dialogue

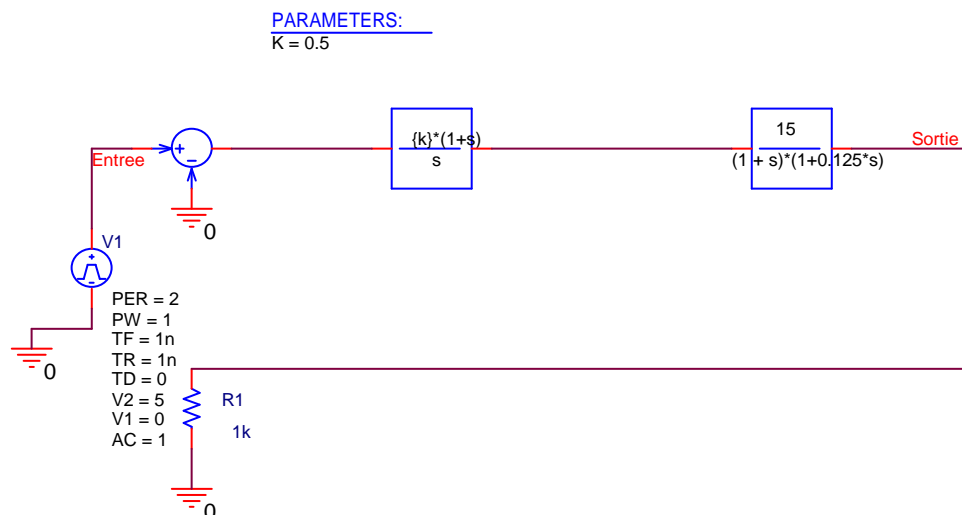
Cliquer sur Finish

On obtient ensuite la courbe suivante :

En utilisant les curseurs, il est facile de vérifier que la marge de phase est de 45° pour $G = 15$.



Plaçons maintenant un correcteur proportionnel intégral : $C(p) = K \left(\frac{1+p}{p} \right)$ et examinons la réponse indicielle du système ; Voici le schéma du montage :



Ce schéma comporte une bloc de Laplace supplémentaire. Nous avons également défini le paramètre global « K » qui variera entre 0.1 et 1.

Nous sommes bien entendu en boucle ouverte

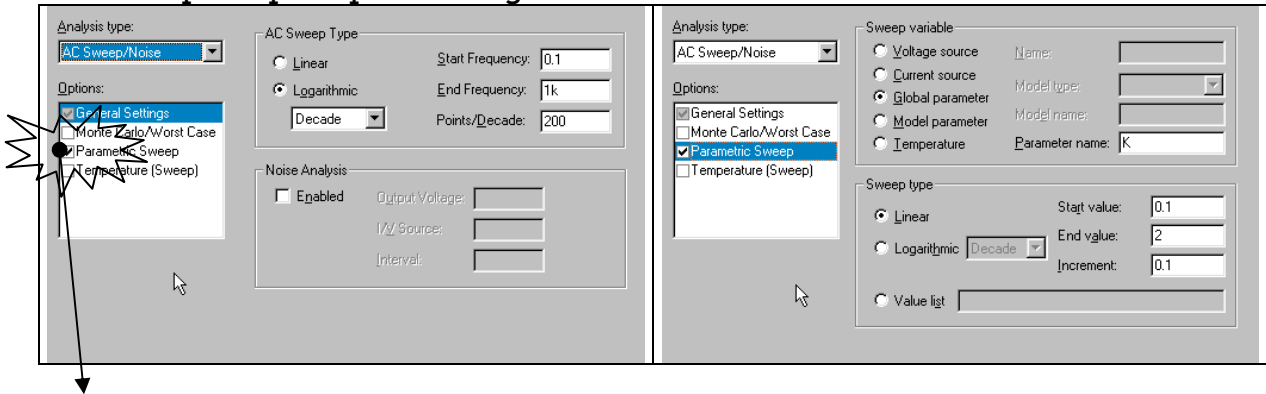
Nous allons chercher la valeur de « K » qui permet d'assurer une bonne stabilité (marge de phase égale à 45°).

Etudions la marge de phase :

Pour cela nous réalisons une étude fréquentielle, en faisant varier linéairement le paramètre k entre 0,1 et 1

La démarche est la même que précédemment nous allons faire une analyse de performance.

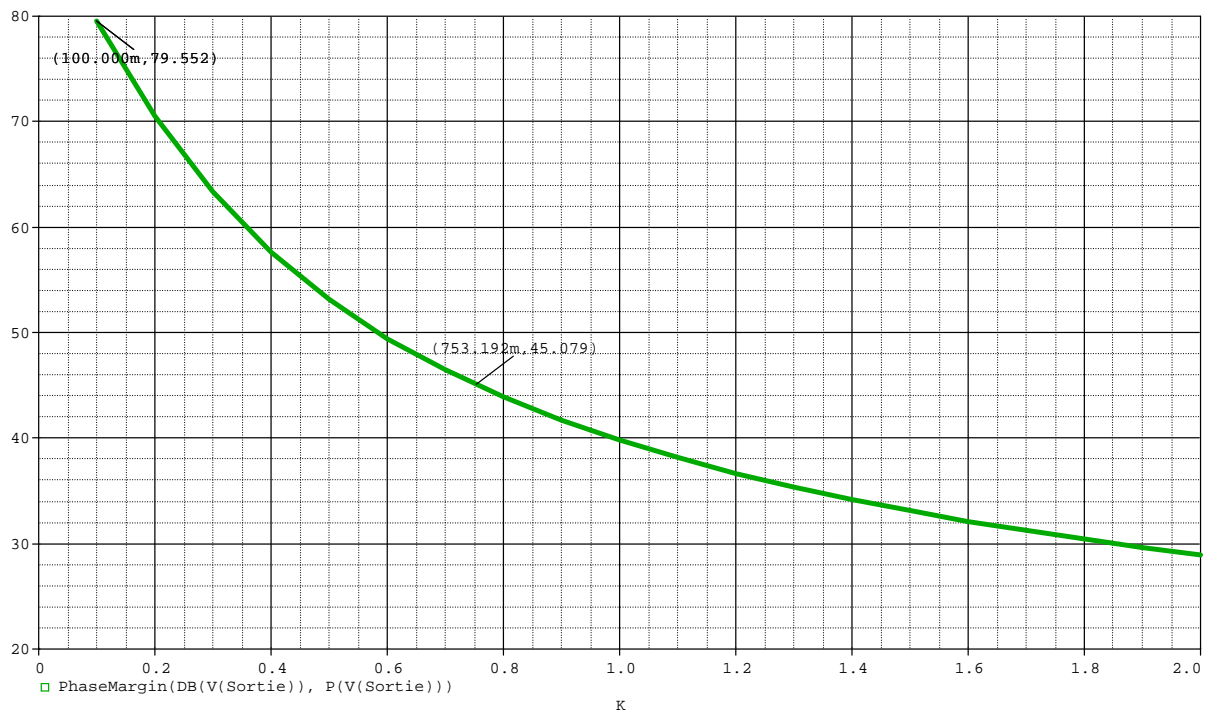
Voici les principaux paramétrages :



Rq : n'oubliez pas de cocher la case Parametric Sweep du menu AC Sweep

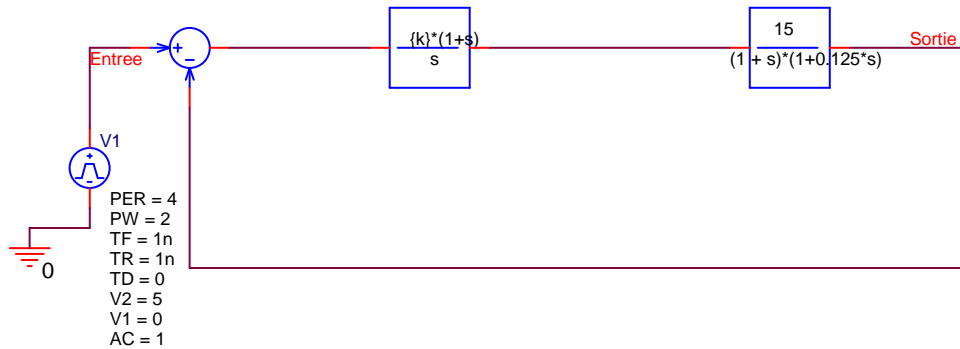
Une fois la simulation effectuée choisir Analyse de performance du menu Trace puis reprendre les étapes décrites pages 34 et 35.

Voici les résultats obtenus

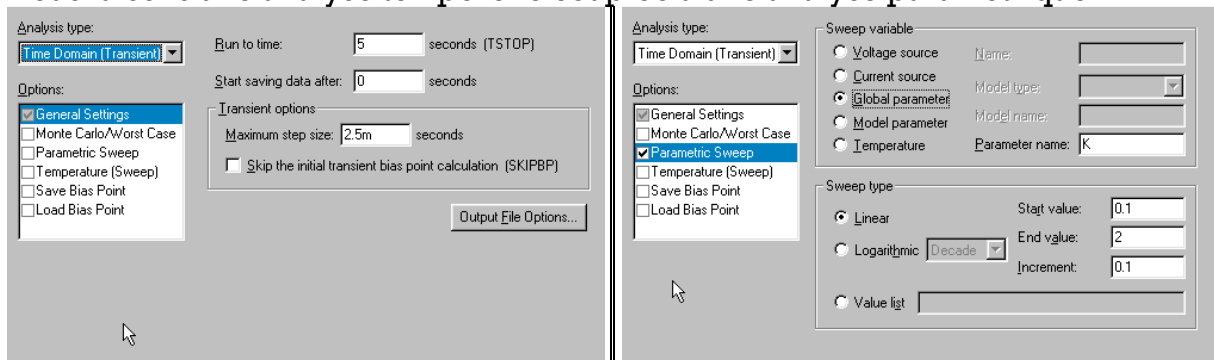


Examinons maintenant l'évolution du dépassement en fonction de K :
Tout d'abord il faut modifier le schéma afin de se placer en boucle fermée :

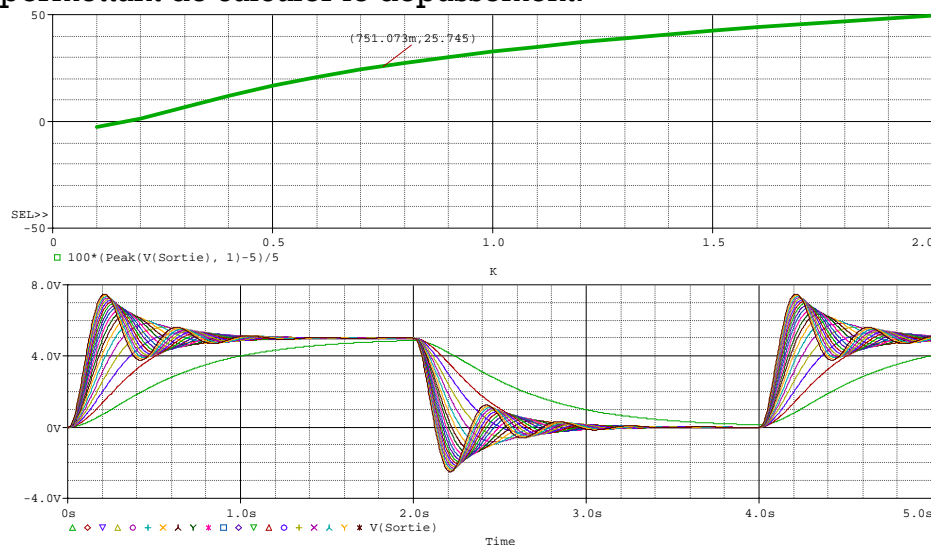
PARAMETERS:
 K=0.75



Le paramétrage de la source de tension V1 à été modifié.
Nous faisons une analyse temporelle couplée à une analyse paramétrique :



Lancer la simulation , une fois dans Pspice AD double cliquez sur une valeur de l'axe horizontal, puis cocher Analyse de Performance. Valider avec Ok
Faites Trace Add puis ajouter la formule ci-dessous :
Puis ajouter la courbe suivante en tapant la formule « $100*(Peak(V(s),1)-5)/5$ » permettant de calculer le dépassement.

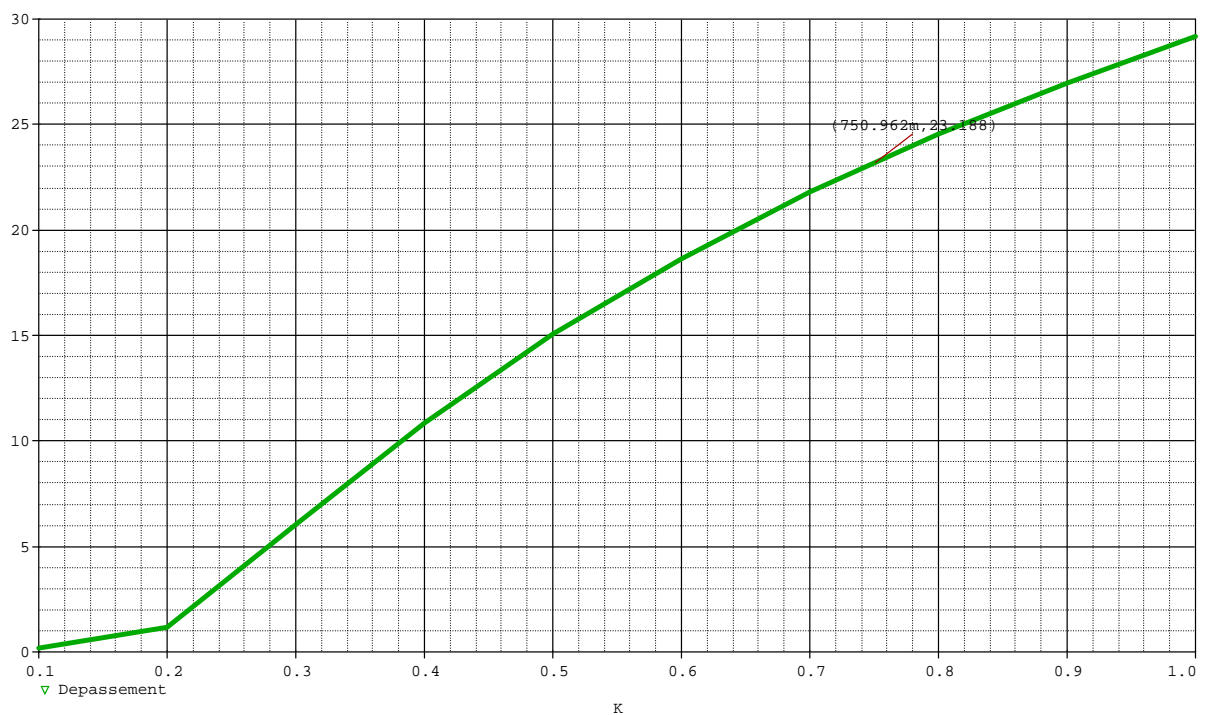


Nous mesurons un dépassement f de 25% ce qui est très proche de la théorie.

puisque $D = e^{-\frac{\pi \times m}{\sqrt{1-m^2}}}$; $m = \frac{1}{2\sqrt{0.125 \times 15 \times K}}$, $D = 23.8\%$ pour $m = 0.416$. La différence s'explique par le pas de calcul.

Ce pas est trop grand pour obtenir des résultats précis. Je l'ai fixé ainsi pour ne pas allonger les durées de simulation.

Voici la courbe théorique :



Pour réaliser cette courbe, il faut définir un macro fonction et réaliser un variation du paramètre K en DC Sweep. En effet, il n'est pas possible de définir une macro lorsque l'on utilise l'analyse de performances.

C'est pour cette raison que nous ne pouvons pas superposer la courbe théorique avec celle obtenue lors de cette analyse.

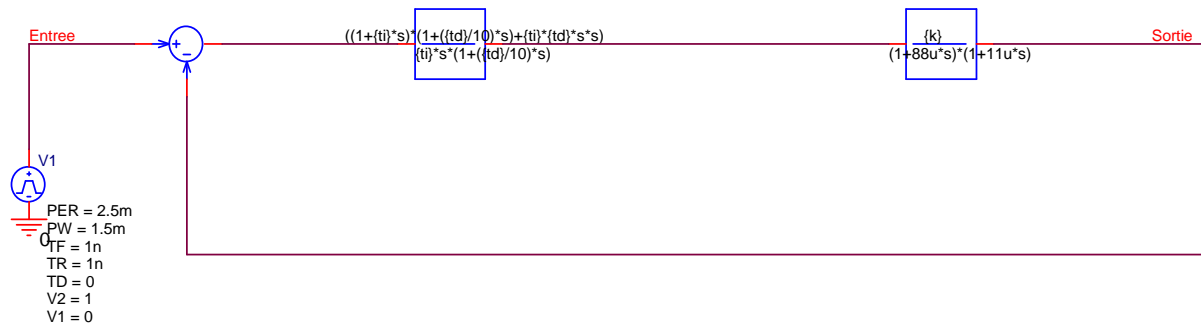
Une autre solution consiste à exporter les données vers un tableur....

Etude et placement d'un correcteur P.I.D

Dessiner le schéma suivant :

PARAMETERS:

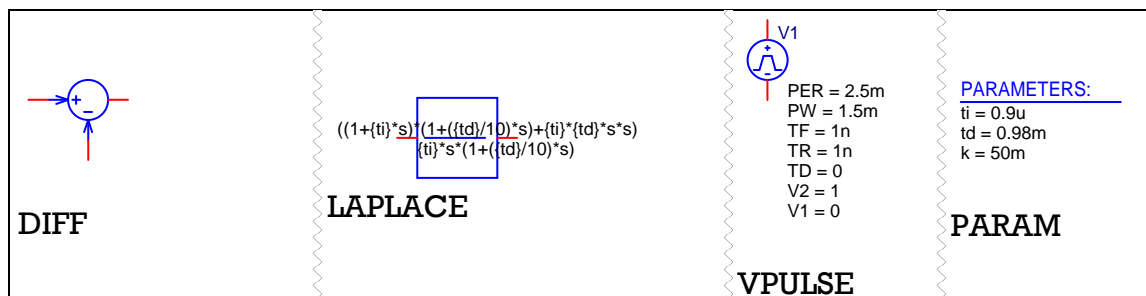
ti = 0.9u
td = 0.98m
k = 50m



Le système comprend un processus du second ordre avec un correcteur à action dérivée filtrée de type P.I.D.

Il est intéressant d'observer l'action des différentes constantes de temps.

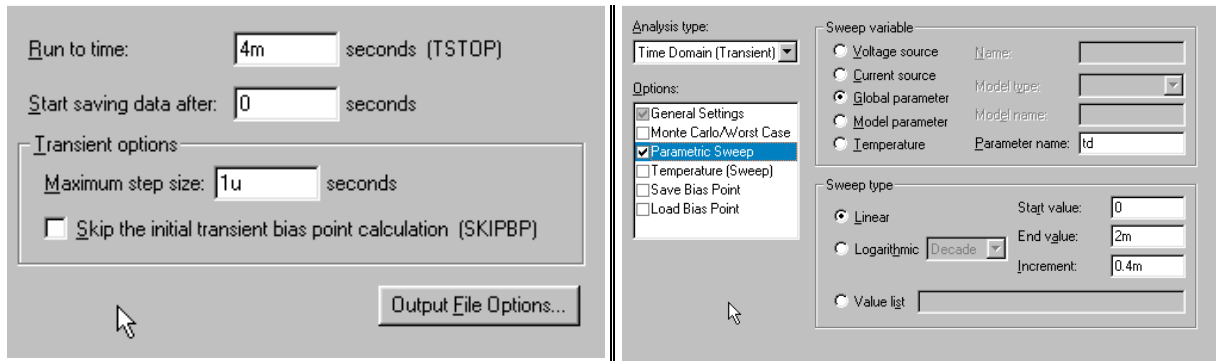
Nous définissons trois paramètres « ti » pour l'action intégrale, « td » pour l'action dérivée, et k pour l'action proportionnelle.



Paramétrage de VPULSE : V1 = 0 ; V2 = 1V ; TD = 0s ; TR = 0.1ns ; TF = 0.1ns ; PW = 1.5ms ; Per = 2.5ms.

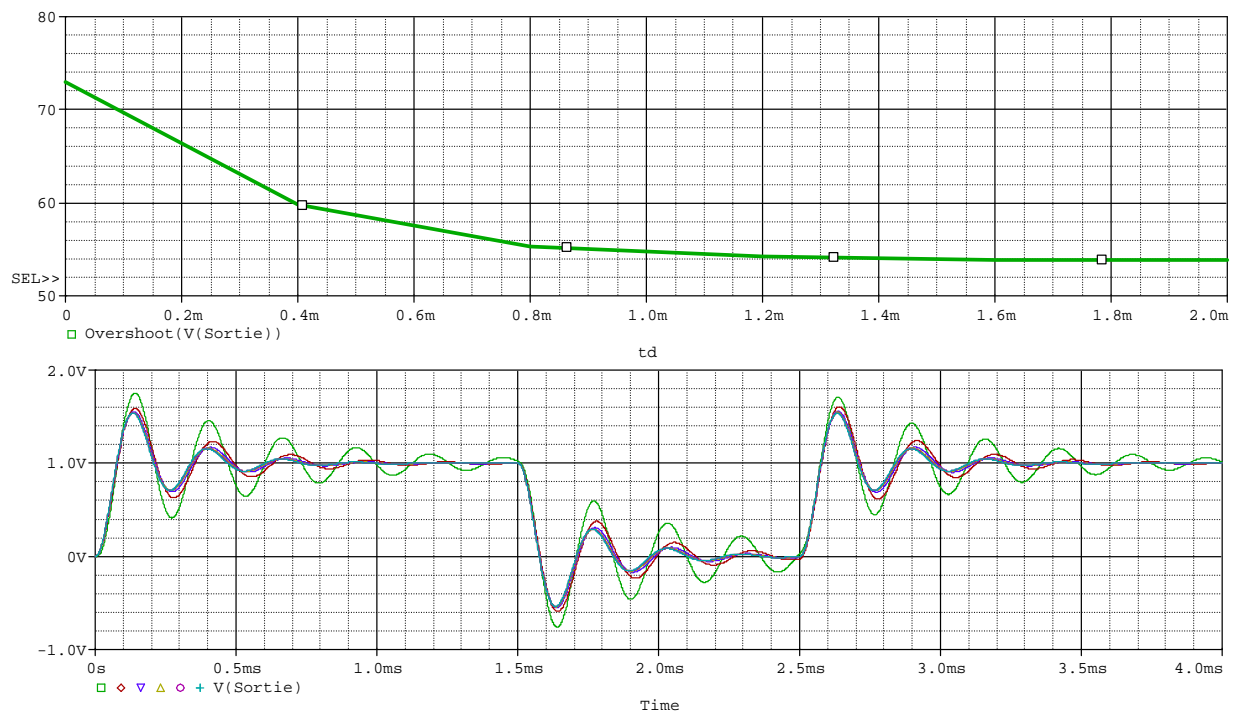
Nous allons faire varier l'action dérivée, afin de déterminer son influence sur la réponse indicielle. Il sera également possible de tracer la courbe du premier dépassement (en %) en fonction de la constante de temps précédente ou bien encore le nombre de dépassement pour une durée déterminée en fonction de « td ».

Pour cela nous allons faire une analyse temporelle sur **4ms** avec un pas de 1µs. « L'échelon » aura une durée à l'état haut de 1.5ms.



Pour l'analyse paramétrique, td variera de 0ms à 2ms par pas de 0.4ms.

Une fois tout cela réglé, lancer l'analyse, et tracer les courbes suivantes :

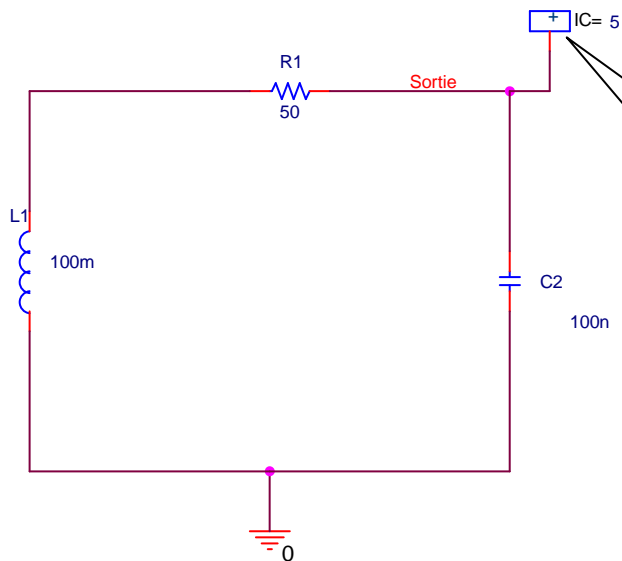


Prolongement :

Maintenir td et ti fixés, et agir sur l'action proportionnelle.

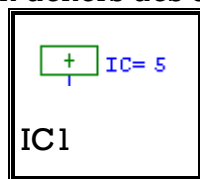
10 Les oscillateurs

Choisissons un oscillateur harmonique susceptible d'être amorti :



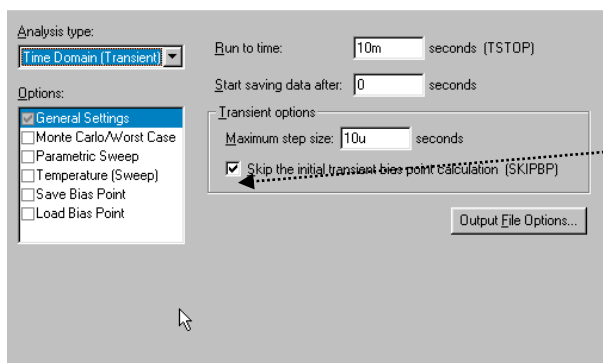
Cet élément permet de préciser une condition initiale. Ici j'ai choisi de prendre 5V.

Liste des composants ☺ en dehors des composants habituels



Ce composant permet d'imposer un potentiel. Si l'option Skip the initial transient... est cochée cela impose la condition initiale.

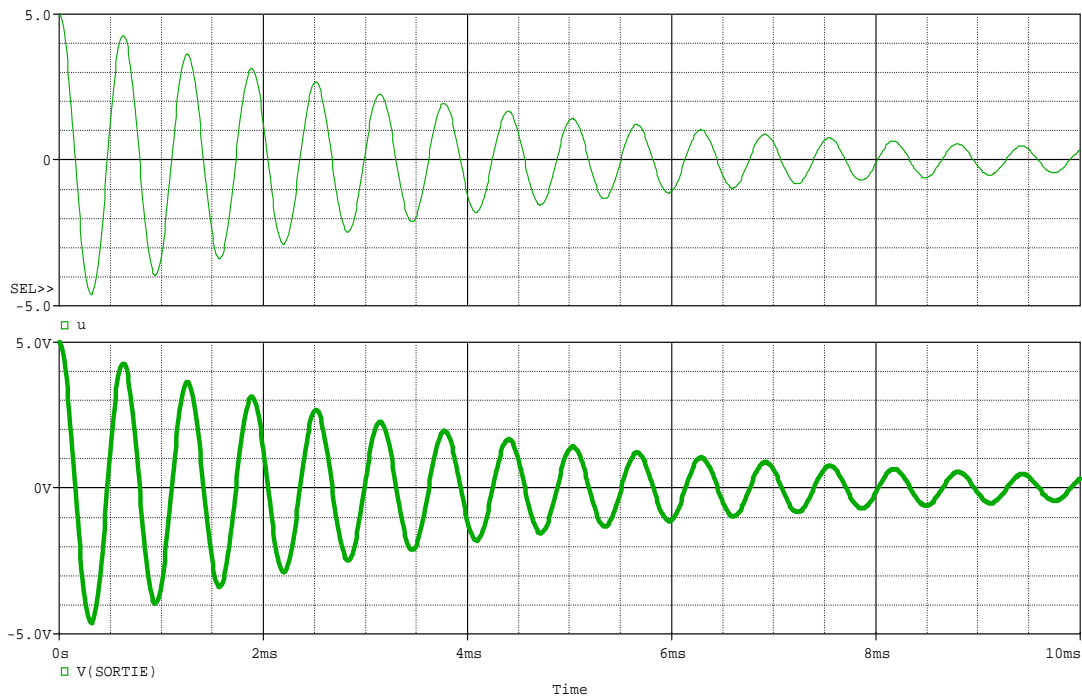
Examinons le paramétrage :



L'analyse est temporelle d'une durée de 10ms.

Il faut cocher cette case pour conserver les conditions initiales.

Il ne reste plus qu'à simuler, voici les résultats :



Le graphe inférieur représente la tension aux bornes du condensateur, tandis que le graphe supérieur présente le tracé de la solution de l'équation différentielle que nous avons défini dans une macro fonction.

Voici cette macro :

« $u = 5 * \exp(-250 * t) * \cos(9997 * t) + 0.125 * \exp(-250 * t) * \sin(9997 * t)$ »

avec également la macro suivante :

« $t = \text{Time}$ ».

Développement complémentaire

Il peut être intéressant d'étudier tous les régimes de fonctionnement, en faisant

varier la résistance R par rapport à la résistance critique $R_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$.

Méthode

Choisir un paramètre global, le faire varier selon une loi appropriée, puis afficher les résultats avec Pspice AD.

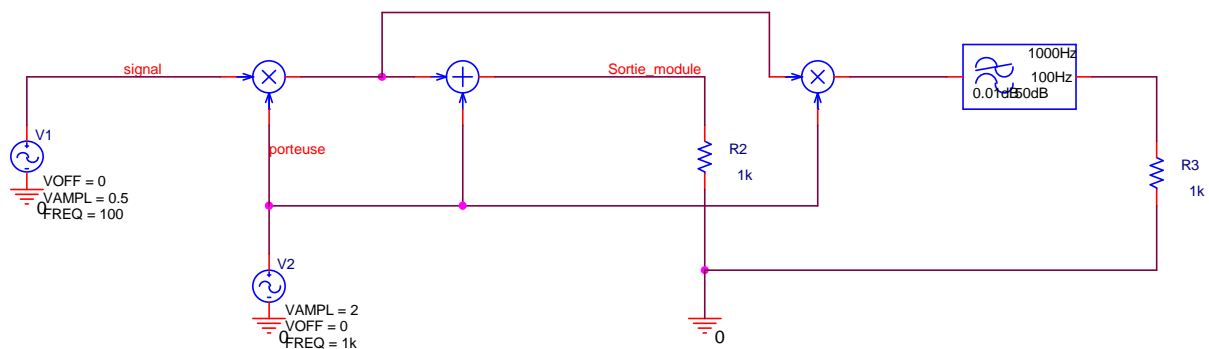
Modulations et démodulation d'amplitude

Voici un exemple simple de modulation et démodulation d'amplitude à partir des blocs comportementaux :

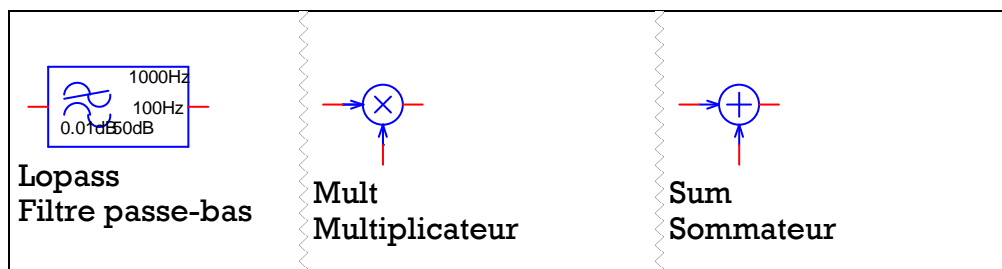
Le signal est obtenu en additionnant la porteuse au signal issu du multiplicateur. La démodulation utilise un filtre passe bas synthétisé à partir du gabarit des fonctions de CHEBYCHEV.

Il suffit donc, de préciser les fréquences de coupure hautes et basses, ainsi que les atténuations recherchées .

Schéma du montage :



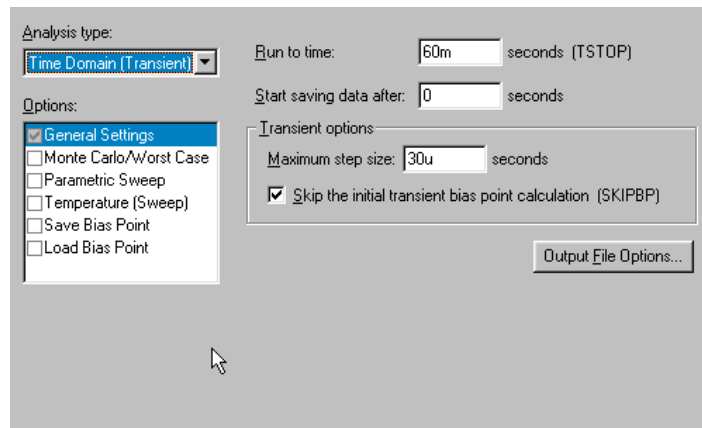
Liste des éléments :



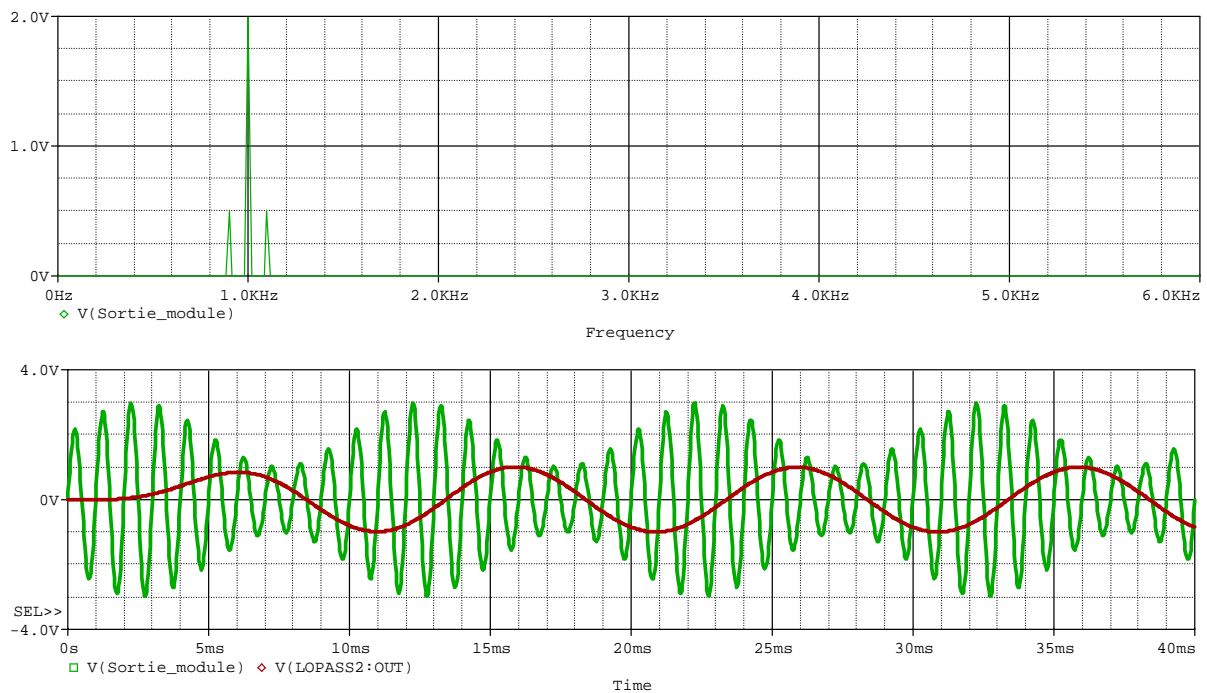
Le filtre Passe bas est synthétisé à partir des fonctions de Chebychev. Il est donc nécessaire de définir le gabarit du filtre avec une fréquence basse, une fréquence haute et une atténuation dans la bande passante et dans la bande atténuée.

	FP	FS	RIPPLE	PCB Footp
1 SCHEMATIC1 : PAGE1 : LOPASS2	100Hz	1000Hz	0.01dB	

Analyse : Nous choisissons une analyse temporelle dont les réglages sont les suivants :



Allure des signaux :



Les tensions sortie modulés et passe-bas sont tracés, ainsi que le spectre d'amplitude du signal modulé.

Remarque : Pour tracer un signal dans une fenêtre avec une abscisse différente, il faut cocher l'option **Unsync Plot** du menu **Plot** de Probe.

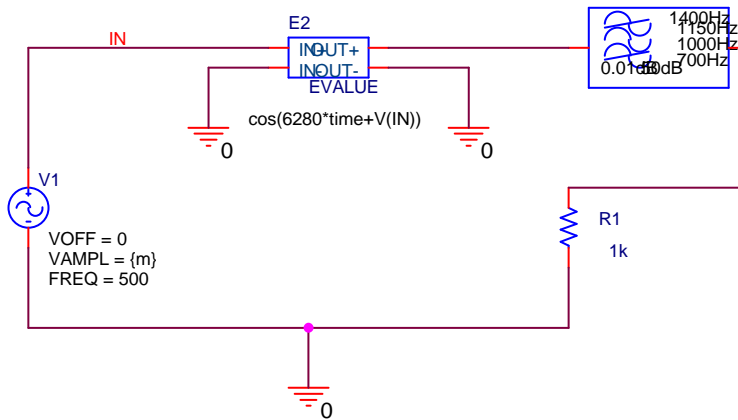
Le retard du signal démodulé s'explique par le calcul de la réponse impulsionnelle du filtre.


Modulation de Fréquence

Il est possible d'utiliser le générateur de modulation sinusoïdale de fréquence, ou bien de fabriquer son générateur modulé en FM.

Pour cela saisissez le schéma suivant :

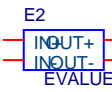
PARAMETERS:
m = 1





V1
VOFF = 0
VAMPL = {m}
FREQ = 500

Vsin



E2
cos(6280*time+V(IN))

ABM1

Ce bloc permet de réaliser toutes sortes d'opérations mathématiques sur le signal d'entrée.

La source de tension V2 permet d'appliquer une modulation sinusoïdale voici ses réglages :

	VOFF	VAMPL	FREQ	PCB Footprint	Name	Part Reference	Reference	Designator	Value	Primitive	Implementation Type	Implementation	Implement
C1: PAGE: : V1	0	{m}	500		100007	V1	V1		VSIN	DEFAULT	PSpice Model		

Il ne reste plus qu'à observer le spectre du signal de sortie, et de vérifier que celui-ci est conforme aux résultats théoriques.

Travaux de développement :

Il est possible de tracer l'amplitude de la raie spectrale placée à la fréquence de la porteuse, en fonction de l'indice de modulation « m ». Cela revient à tracer :

$$|J_0| = f(m).$$

Voici le schéma : {modulation FM : $v(t) = V \cos(\omega t + m \sin(\Omega t))$ }

Avec les réglages suivants :

Analysis type: Time Domain (Transient)

Run to time: 10m seconds (TSTOP)

Start saving data after: 0 seconds

Options:

- General Settings
- Monte Carlo/Worst Case
- Parametric Sweep
- Temperature (Sweep)
- Save Bias Point
- Load Bias Point

Transient options:

Maximum step size: 1u seconds

Skip the initial transient bias point calculation (SKIPBP)

Output File Options...

Analysis type: Time Domain (Transient)

Sweep variable:

- Voltage source
- Current source
- Global parameter
- Model parameter
- Temperature

Parameter name: m

Sweep type:

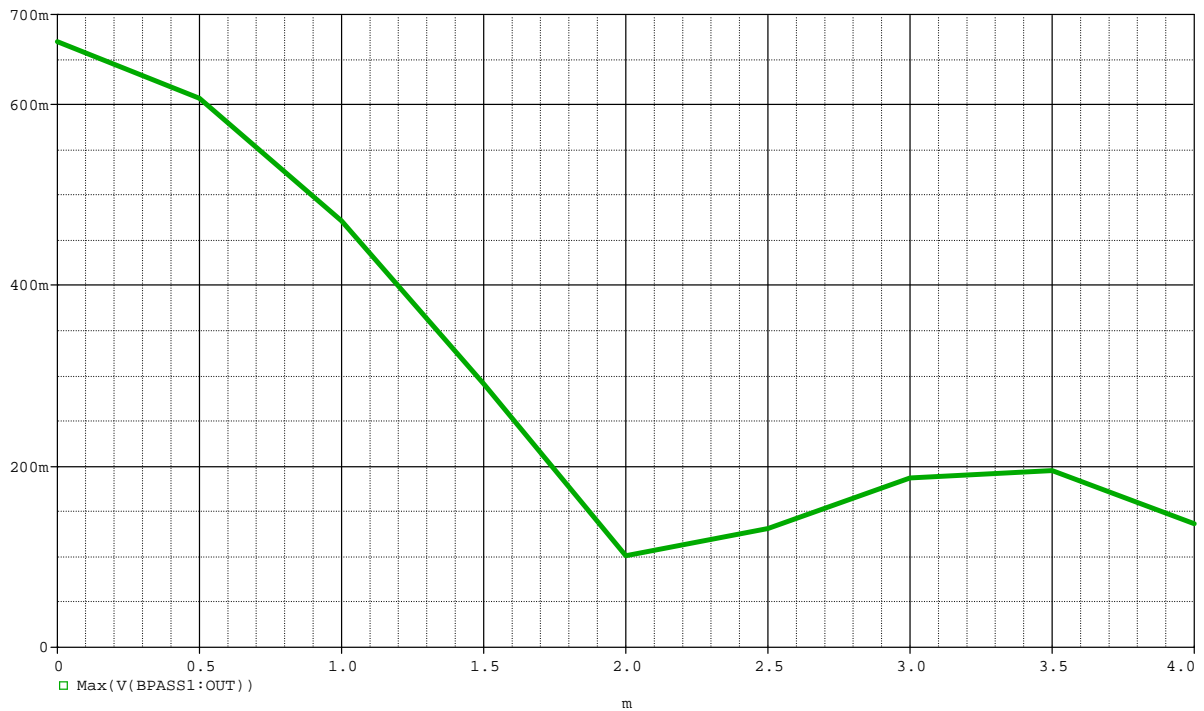
- Linear
- Logarithmic
- Value list

Start value: 0

End value: 4

Increment: 0.5

Pour cette analyse, il faut augmenter la durée de la simulation afin que le logiciel puisse calculer correctement la réponse impulsionnelle du filtre passe-bande. Voici la courbe obtenue :

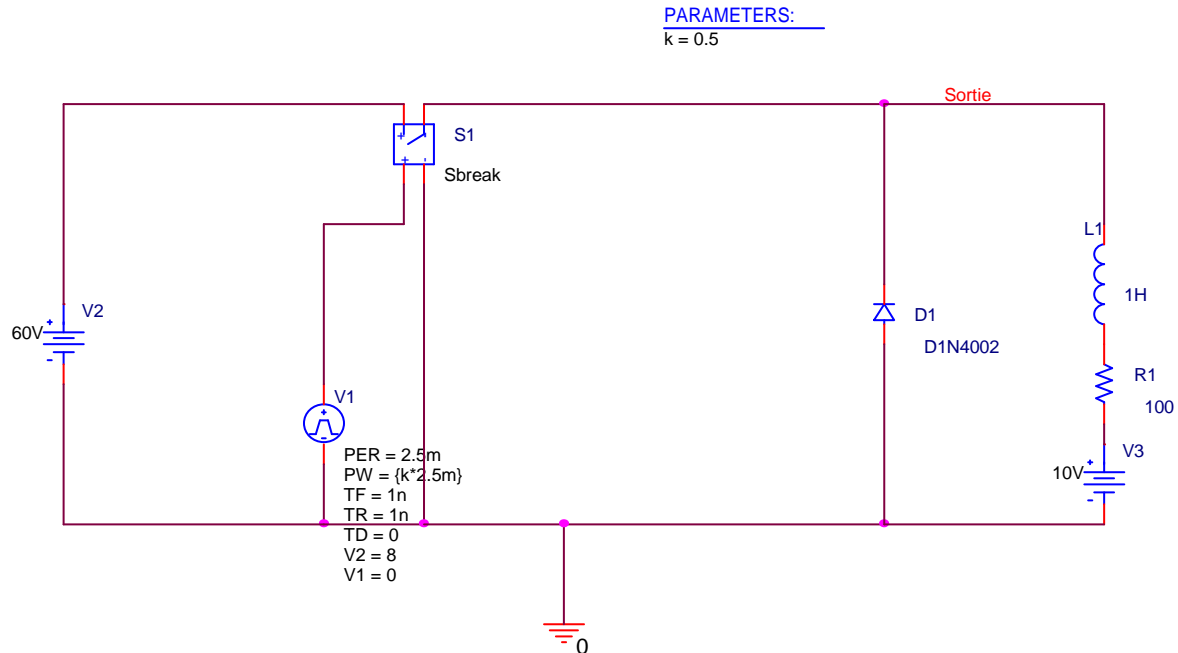


Cette courbe reste très voisine de la courbe théorique.

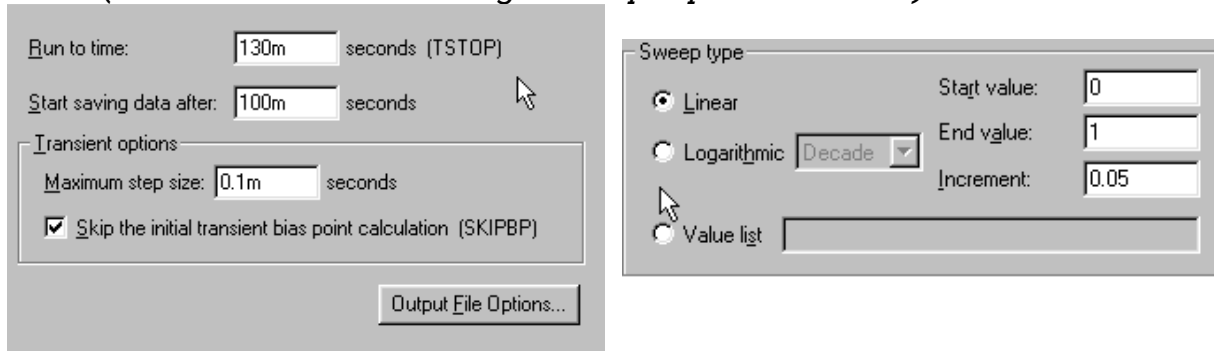
Etude d'un hacheur série :

A partir d'un hacheur série, nous allons étudier les formes d'ondes des courants et tensions, ainsi que l'évolution de l'ondulation en fonction du rapport cyclique. Pour cela nous définissons un paramètre qui simulera le rapport cyclique.

Schéma :



Nous avons défini le paramètre global « k » qui simule le rapport cyclique, ainsi « k » variera de 0.1 à 0.9 par pas de 0.01 sur une durée de 130ms avec un pas de 0.1ms (les données ne seront enregistrées qu'à partir de 100ms) :



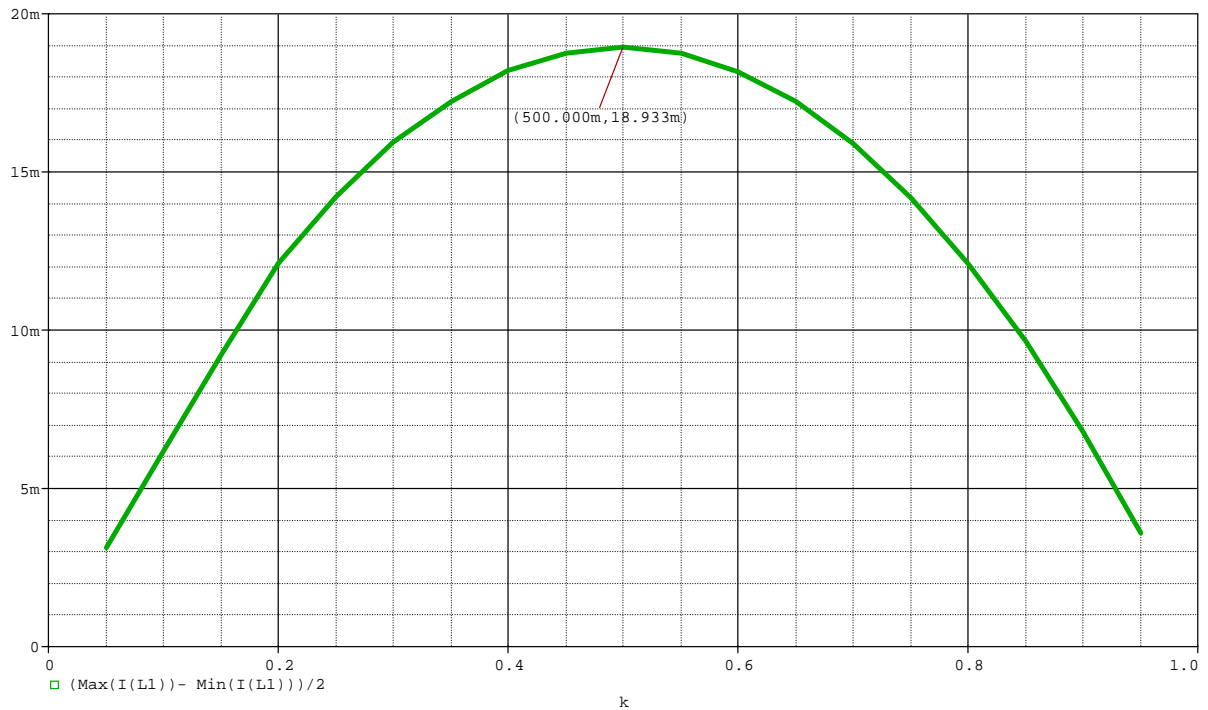
Pour s'affranchir du régime transitoire, il est nécessaire de simuler sur une durée suffisamment longue. Voici les réglages choisis :

Pour la source V1 :

V1=0 ; V2=8V ; TD=0 ; TR=1ns ; TF=1ns ; PW={k*2.5ms} ; PER=2.5ms

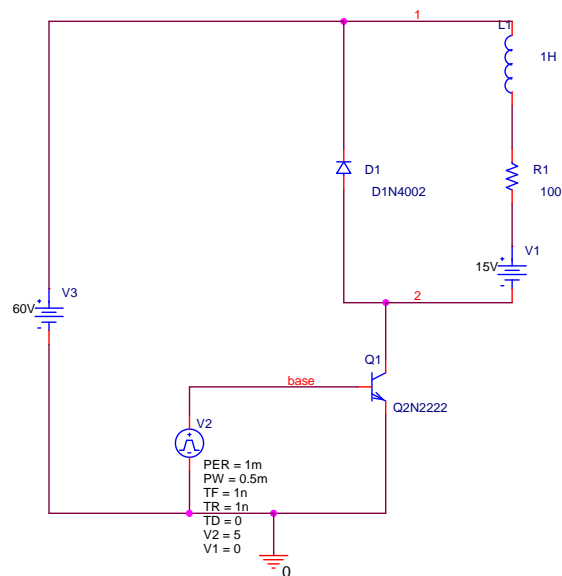
V2 est réglé à 10V.

Voici l'évolution de l'ondulation :

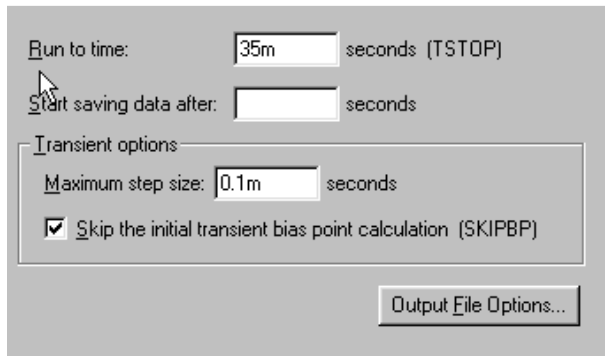


On vérifie avec les curseurs que ce résultat est conforme à la théorie.

Remarque : il est également possible d'utiliser par exemple un transistor bipolaire au lieu d'un interrupteur commandé :



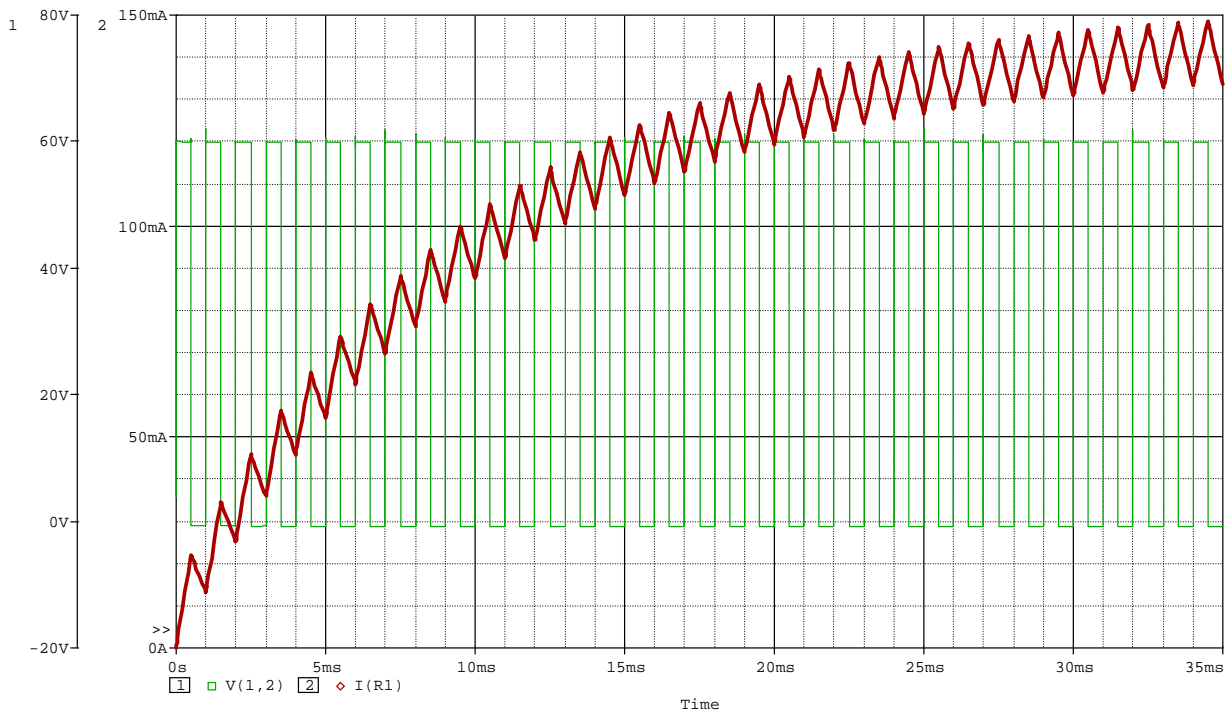
Voici les principaux réglages



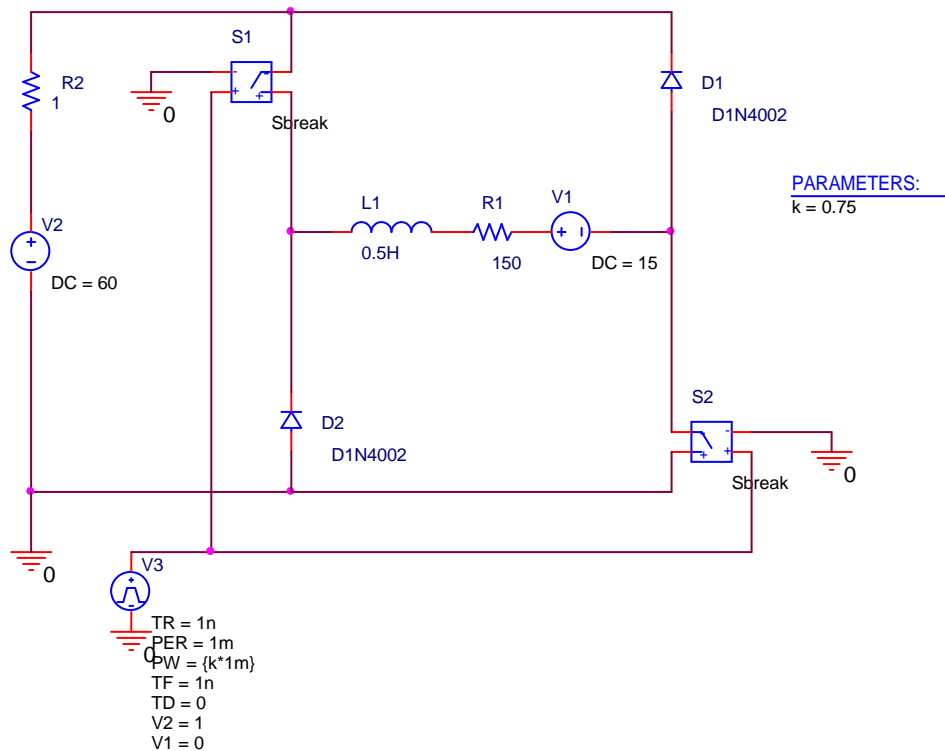
Il est souhaitable d'utiliser des markers afin de relever instantanément la tension aux bornes de la charge, pour cela cliquer sur l'icône suivante:



Voici les courbes obtenues : (*tension et courant dans la charge*)



Principe d'un hacheur réversible en courant :



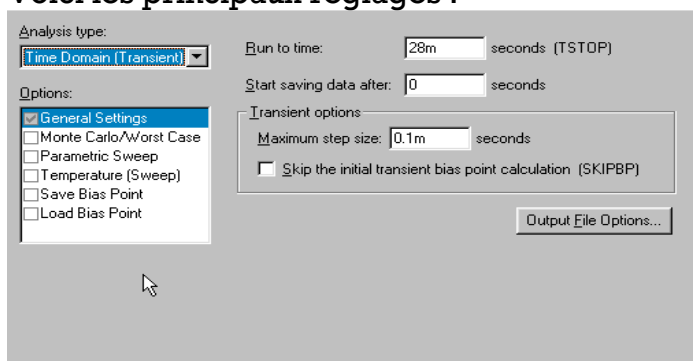
Nous choisissons une commande alternée. On peut vérifier facilement que pour $k > 0.5$ la tension moyenne est positive, alors que pour $k < 0.5$ celle-ci est négative.

Le paramétrage de la tension de commande V3 apparaît sur le schéma.

Nous avons utilisé une nouvelle source de tension continue nommée VSRC repérée sur le schéma par V1 et V2.

Dans un premier nous avons simulé le dispositif sans faire varier le paramètre « k ».

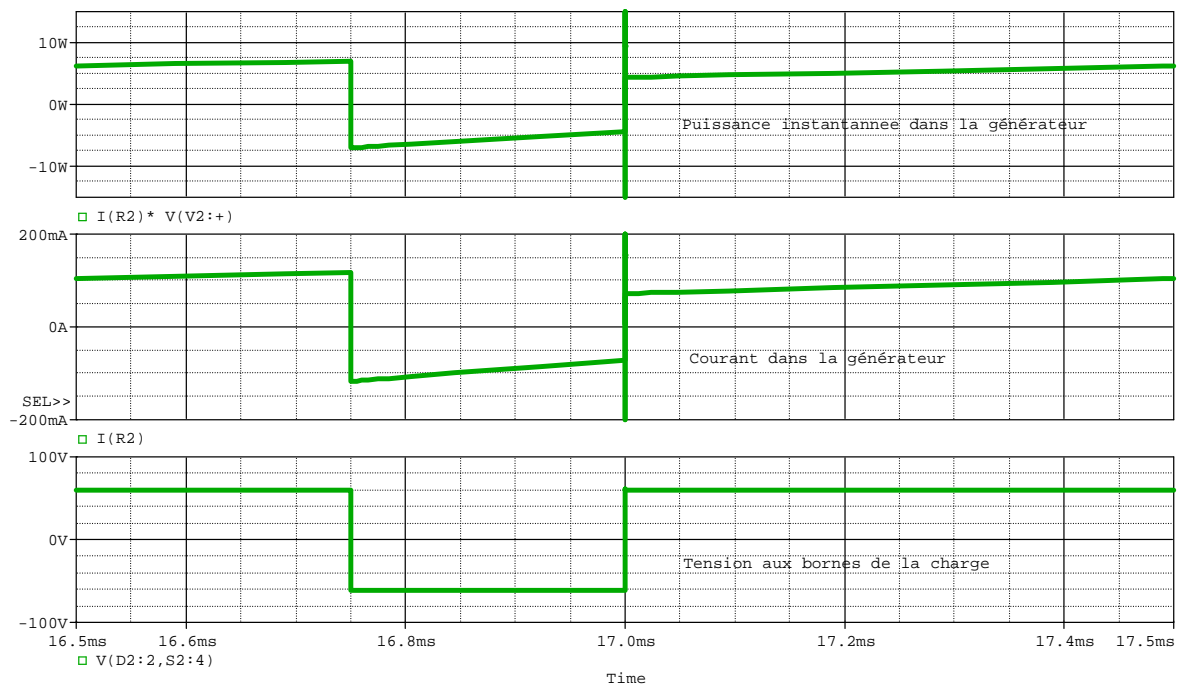
Voici les principaux réglages :



Nous analysons le phénomène sur une durée suffisamment longue afin de s'affranchir de la constante de temps, quitte à modifier l'échelle de visualisation dans Pspice AD.

Ce montage peut être riche d'enseignements temps au niveau des courants que des tensions.

Voici une simulation pour $k = 0.75$:



Les courbes représentées sont :
 La tension aux bornes de la charge,
 L'intensité du courant dans la charge,
 La puissance instantanée dans le générateur V2.

Astuce : Pour représenter rapidement la tension aux bornes de la charge utiliser

les curseurs de différence de potentiel :



Développement complémentaire :

Faites varier le paramètre « k », et observer l'évolution la tension moyenne aux bornes de la charge en fonction de « k ».

Utilisation de bibliothèques externes

Imaginons que nous souhaitions simuler un montage utilisant un circuit intégré non disponible dans la bibliothèque d'évaluation.

Si ce composant a été modélisé et traduit en langage Spice, il est alors tout à fait possible de compléter ponctuellement la bibliothèque .

Examinons les étapes à suivre :

1. Se procurer le macromodèle
2. Générer une représentation graphique du composant
3. Déclarer la nouvelle bibliothèque dans schematic

Se procurer un macromodèle :

Les principaux constructeurs de composants électroniques proposent des macromodèles Spice sur leurs sites Internet¹.

Ces modèles se présentent sous la forme d'un fichier texte qu'il faut éditer avec un traitement de texte (comme celui livré avec Designlab par exemple), et enregistrer sous la forme NOM.lib ou NOM représente le nom de votre fichier, seule l'extension « .lib » est importante.

Placer ce fichier dans le répertoire :

C:\Program Files\Orcad Demo\Capture\library\Pspice si le logiciel est installé sur le lecteur C.

Utilisation du TL081 :

La première étape consiste à récupérer le macromodèle correspondant, pour cela vous quelques adresses Internet très utiles à la fin du polycopié.

Voici comment se présente le macromodèle en question :

```
* TL081 OPERATIONAL AMPLIFIER "MACROMODEL" SUBCIRCUIT
* CREATED USING PARTS RELEASE 4.01 ON 06/16/89 AT 13:08
* (REV N/A)  SUPPLY VOLTAGE: +/-15V
* CONNECTIONS:  NON-INVERTING INPUT
*              | INVERTING INPUT
*              || POSITIVE POWER SUPPLY
*              ||| NEGATIVE POWER SUPPLY
*              |||| OUTPUT
*              |||||
.SUBCKT TL081  1 2 3 4 5
*
C1  11 12 3.498E-12
C2  6 7 15.00E-12
DC  5 53 DX
DE  54 5 DX
DLP 90 91 DX
DLN 92 90 DX
DP  4 3 DX
EGND 99 0 POLY(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5
FB  7 99 POLY(5) VB VC VE VLP VLN 0 4.715E6 -5E6 5E6 5E6 -5E6
```

¹ Cf. liste des sites Internet à la fin


```
GA 6 0 11 12 282.8E-6
GCM 0 6 10 99 8.942E-9
ISS 3 10 DC 195.0E-6
HLIM 90 0 VLIM 1K
J1 11 2 10 JX
J2 12 1 10 JX
R2 6 9 100.0E3
RD1 4 11 3.536E3
RD2 4 12 3.536E3
RO1 8 5 150
RO2 7 99 150
RP 3 4 2.143E3
RSS 10 99 1.026E6
VB 9 0 DC 0
VC 3 53 DC 2.200
VE 54 4 DC 2.200
VLIM 7 8 DC 0
VLP 91 0 DC 25
VLN 0 92 DC 25
.MODEL DX D(IS=800.0E-18)
.MODEL JX PJF(IS=15.00E-12 BETA=270.1E-6 VTO=-1)
.ENDS
```

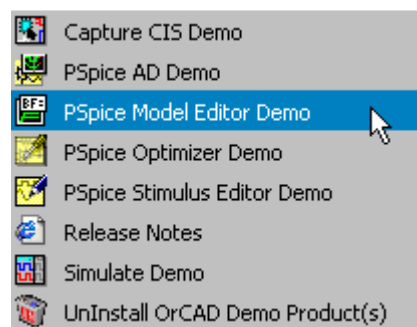
Il s'agit d'un fichier texte pour le moins incompréhensible....

Ce fichier se trouve dans la répertoire Macromodèles du CDROM. Récupérer le puis mettez le dans le répertoire suivant :

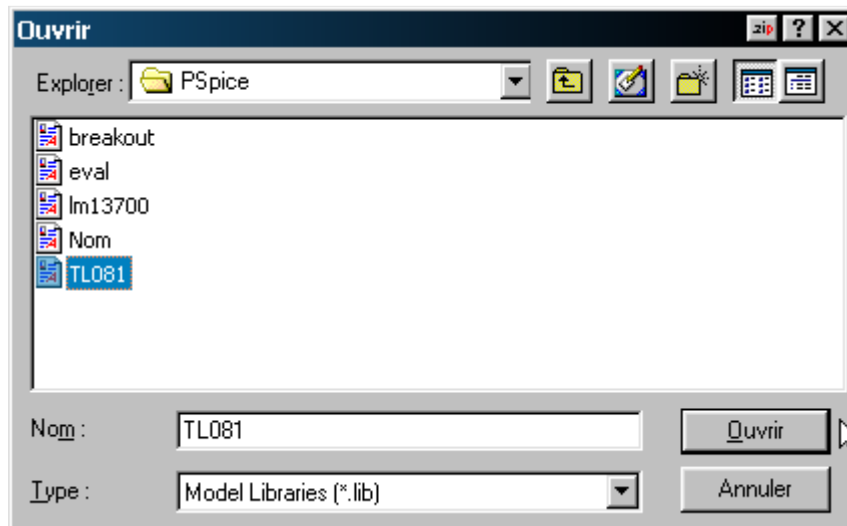
C :\Program Files\Orcad Demo\Capture\library\Pspice

Noter que son extension est : « .lib »

Maintenant nous allons créer un symbole rectangulaire , pour cela lancer Pspice Models Editor Demo



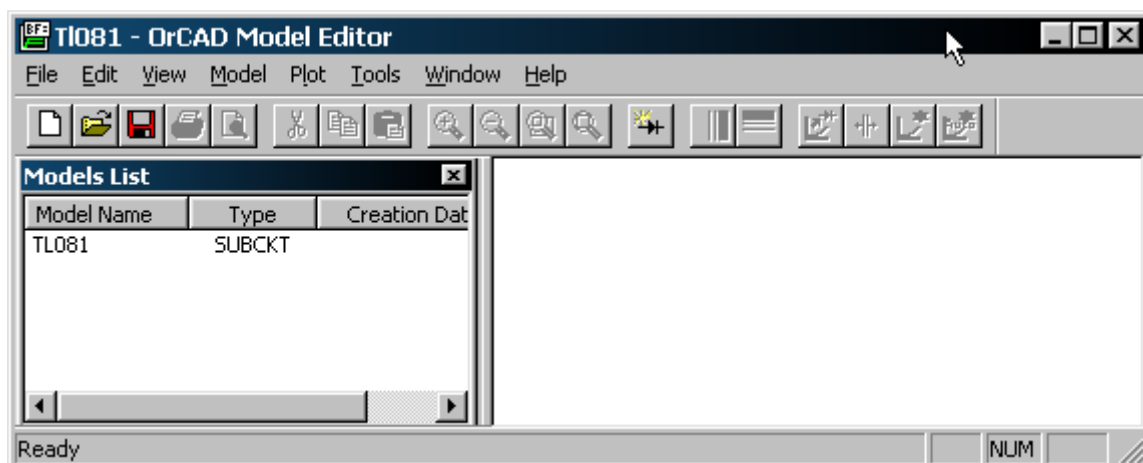
Faites File/ Open puis choisir TL081.lib



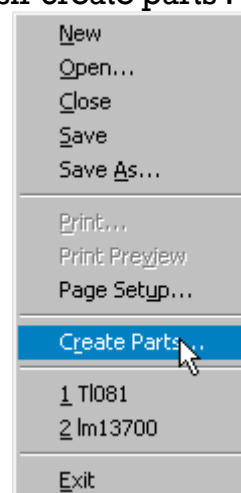
Cliquer sur ouvrir.

A ce stade vous venez d'ouvrir une bibliothèque à laquelle vous allez faire correspondre un symbole graphique.

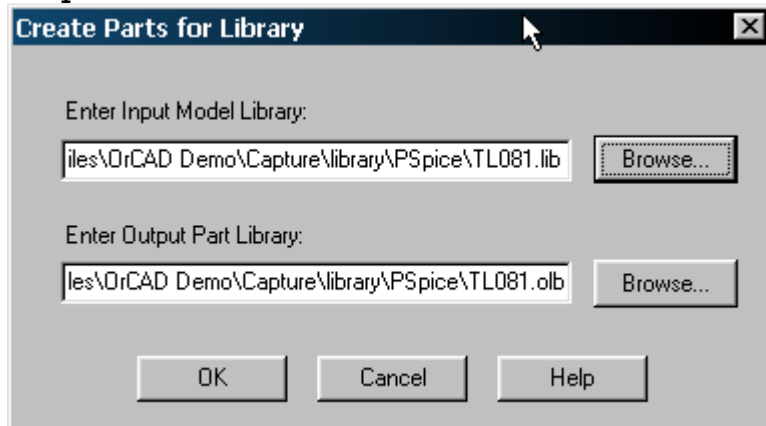
Vous obtenez l'écran suivant :



Cliquez de nouveau sur File puis choisir create parts :

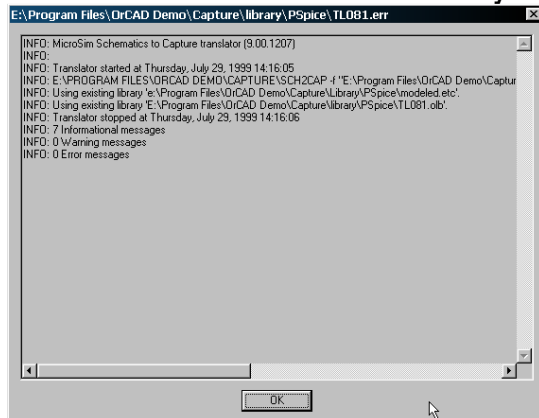


Cliquez sur Browse et choisir TL081 :



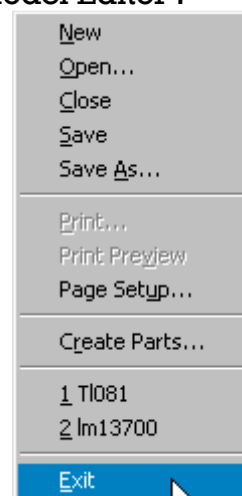
A cet instant le logiciel vous informe qu'il va créer un nouveau fichier dont l'extension sera .olb

Valider avec OK, si tout se passe normalement vous obtenez un rapport d'information sur la création du symbole :



Valider une nouvelle fois avec OK

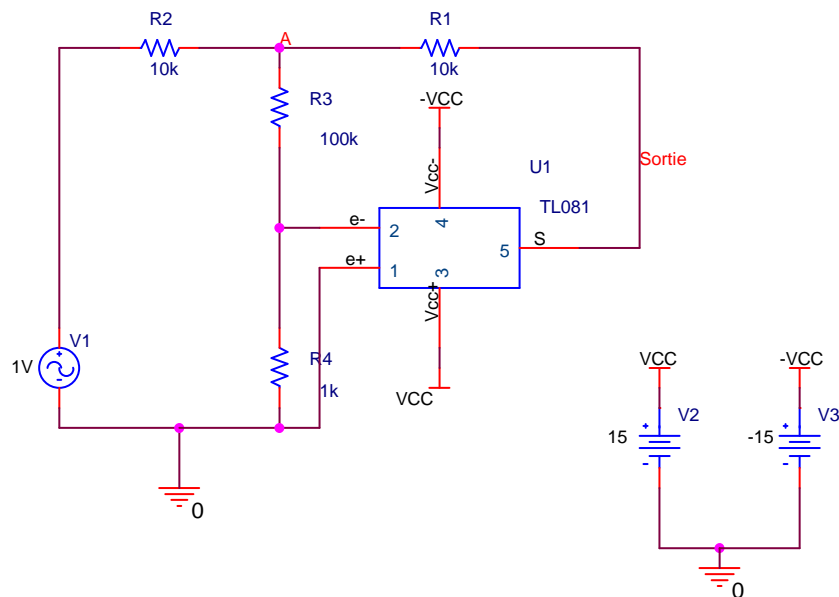
Maintenant vous pouvez quitter le logiciel Model Editor :



Lancer Orcad Capture puis faites New Project Donner un nom à votre projet par exemple TL081

Ajouter les librairies eval, et TL081
Valider

Saisissez le schéma suivant :



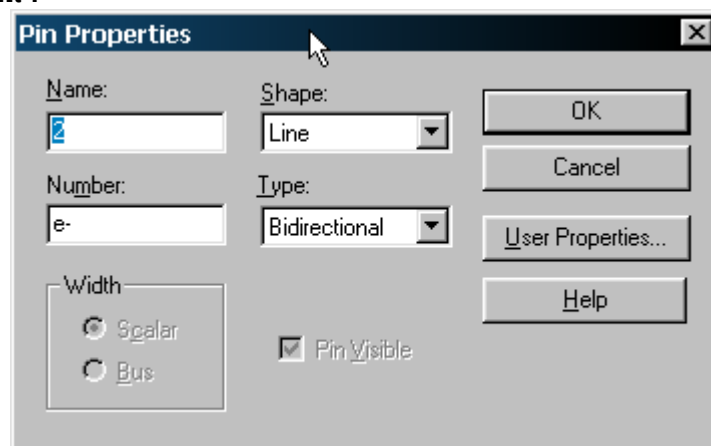
A ce stade vous observer que votre circuit TL081 ne se présente pas comme ci-dessus.

Pour des raisons esthétiques nous avons changé la disposition des pattes.
Comment faire ?

Et bien il suffit de sélectionner le composant TL081, puis de faire
Edit /Part

Vous obtenez une nouvelle fenêtre dans laquelle le composant figure tout seul. A ce stade, vous pouvez déplacer les pattes en les sectionnant et en maintenant enfoncé le bouton gauche de la souris.

Pour changer le nom des pattes il faut double cliquer dessus puis remplir comme l'exemple suivant :

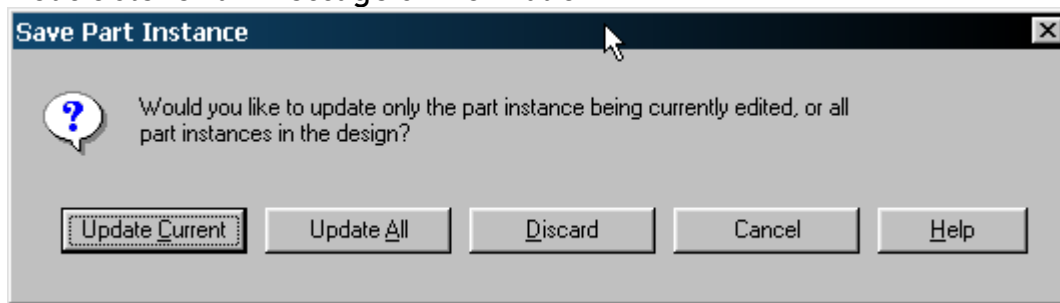


🔗 Il faut toujours modifier Number et non Name.

Valider autant de fois que nécessaire

Puis quitter en cliquant sur la croix la plus à l'intérieur en haut à droite de la fenêtre.

Vous obtenez un message d'information :

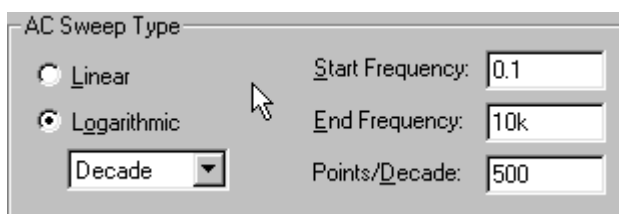


Choisir Update Current cela signifie que vous enregistrez les changements.

Vous devez maintenant vous retrouver dans Orcad Capture.

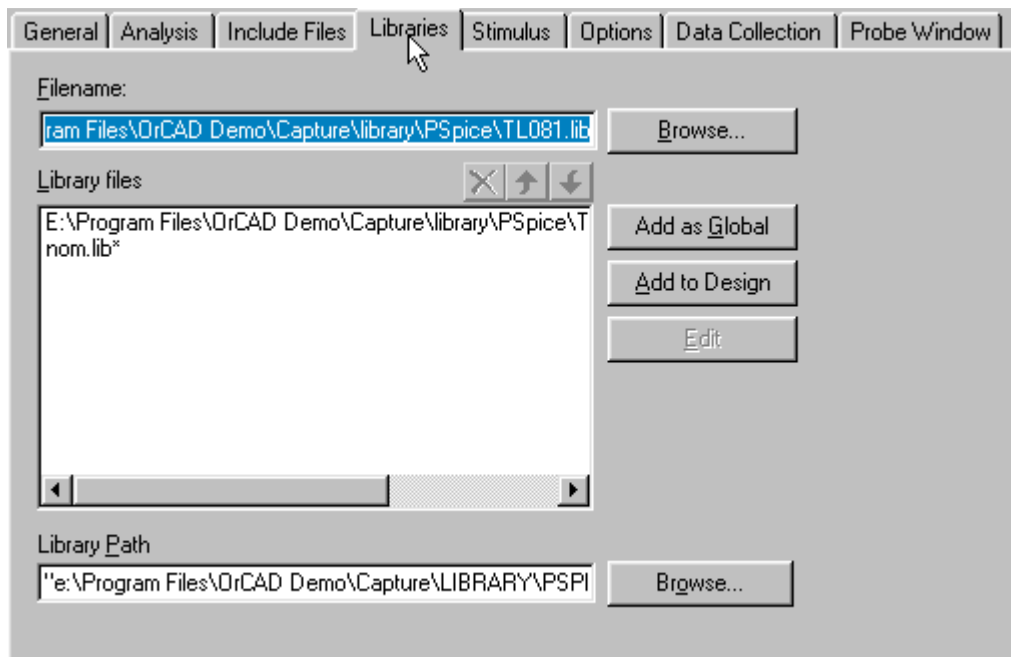
Il ne reste plus qu'à paramétrer l'analyse, et à ajouter la nouvelle librairie :

Nous allons faire une analyse en fréquence dont le réglage est le suivant :



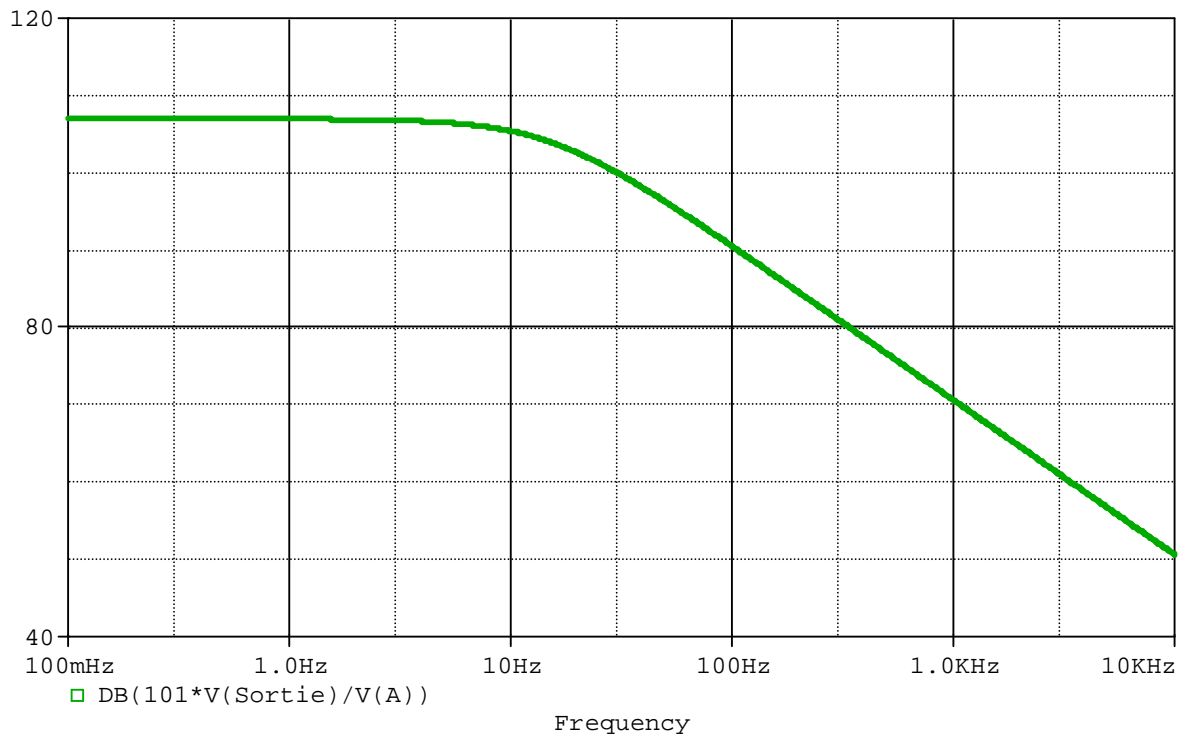
Pour déclarer la nouvelle librairie, allez dans Pspice/ Edit simulation settings

Cliquez sur l'onglet librairies puis cliquez sur Browse afin de sélectionner TL081 :



Lancer la simulation puis tracer la courbe suivante :

Observer le gain $G = 20 * \log \left[101 * \frac{V_s}{V_a} \right]$, voici le résultat obtenu :



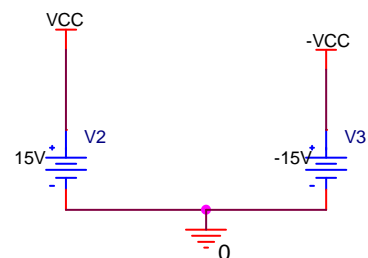
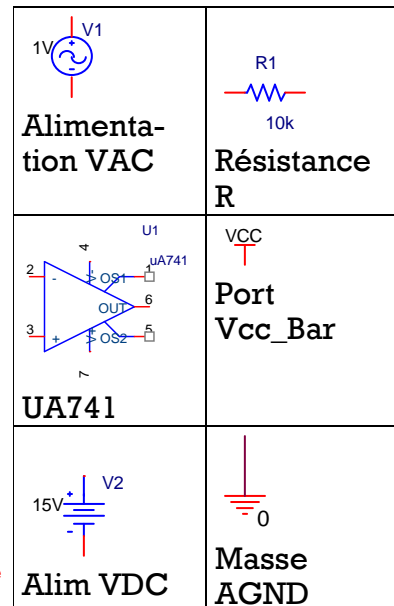
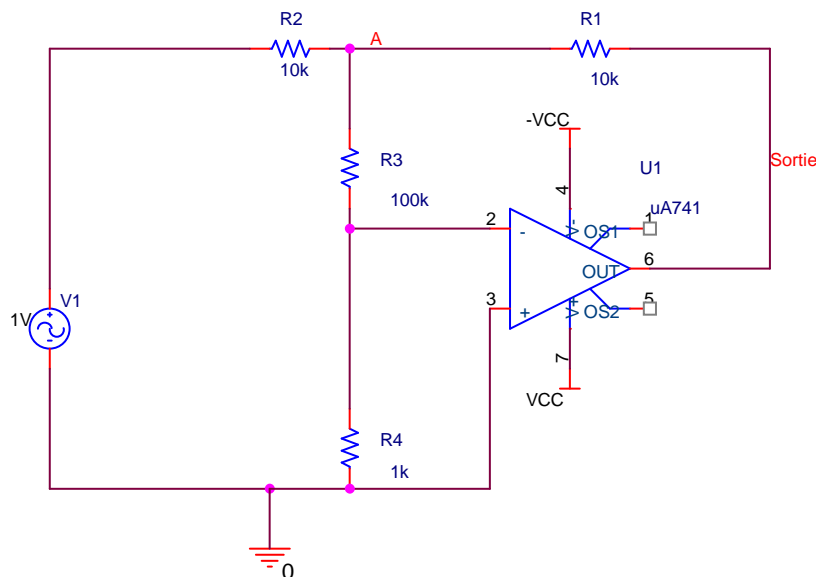
La fonction Design Journal (ou *Checkpoint*)

Cette fonction permet aux concepteurs de sauvegarder intégralement des versions de leurs projets pour réaliser des analyses comparatives afin de choisir au mieux l'étape suivante de conception. Dans les faits cela se traduit par la possibilité de comparer le fonctionnement de deux circuits intégrés par exemple.

Examinons le cas suivant :

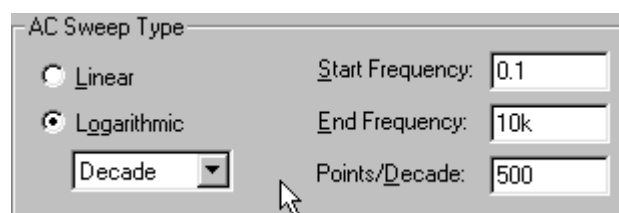
Imaginons que nous souhaitions étudier en boucle ouverte, le comportement en fréquence de deux amplificateurs opérationnels bien connus comme: $\mu A741$ et le TL 081.

Après avoir chargé le TL081 dans la librairie de Pspice, saisissez le schéma suivant :



Créer un fichier de simulation sous le nom de votre choix, en prenant garde de ne pas mettre d'accent sur les mots.

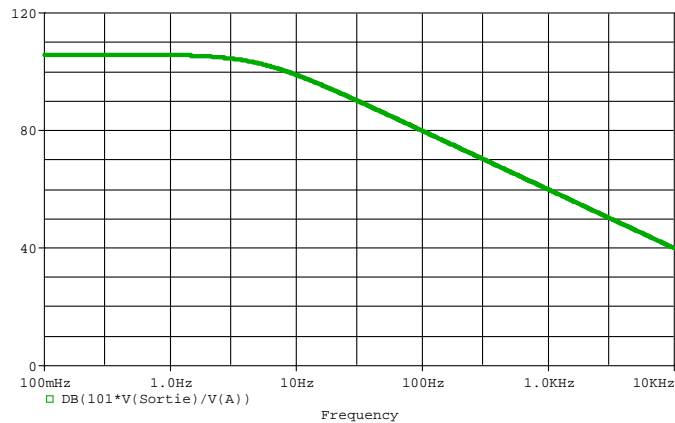
Nous allons faire une étude fréquentielle, dont voici le paramétrage :



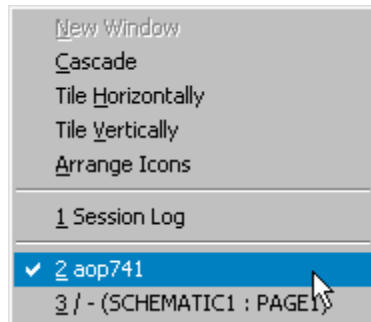
Procédez maintenant à la simulation, en cliquant sur l'icône : 

On obtient la courbe du gain en boucle ouverte $G = 20 \log \left[\frac{V_s}{V^-} \right] = 20 \log \left[\frac{100 * V_s}{V_a} \right]$ en

tapant dans Pspice AD la commande: $DB(100 * V_s / V_a)$, on obtient la courbe suivante:



Quitter Pspice AD, pour revenir dans le gestionnaire de projets pour cela dérouler le menu Window et sélectionner le nom de votre projet ici nous l'avons appelé



« aop741 » :

Dans le gestionnaire de projet placer sous la racine .\aop741.dsn

Créer un nouveau schéma dans le menu Design\new Schematic... et taper check1.

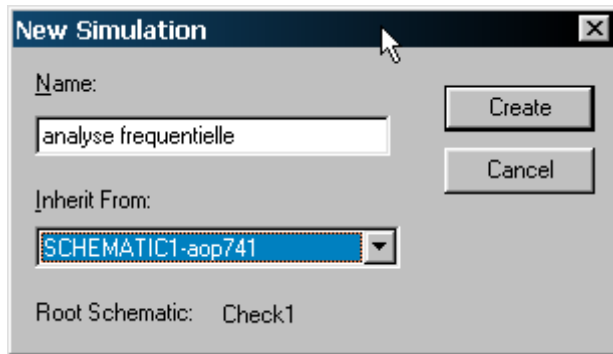
Dans le répertoire aop741.dsn, copier PAGE1 (Ctrl+C), puis coller ceci dans Check1 (Ctrl+V). Un « + » doit apparaître devant ce répertoire, et à l'intérieur la copie de PAGE1.

Double cliquer sur la page1 collée dans Check1 afin de l'ouvrir, puis remplacer le ua741 par un TL081 (il sera peut être nécessaire de modifier son symbole pour cela faire Edit\Part)

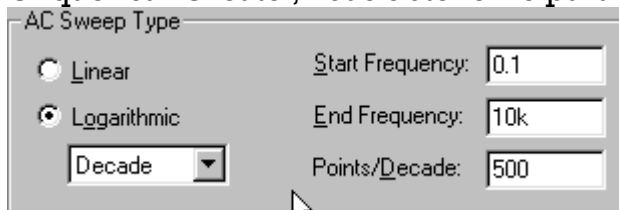
Fermer le fichier et cliquer sur save

Sélectionner Check1 puis Design\Make Root : le fichier Check1 est devenu « administrateur ».

Puis Pspice/New simulation Profile et remplissez comme suit :



Cliquer sur Create, vous obtenez le paramétrage de la première analyse :

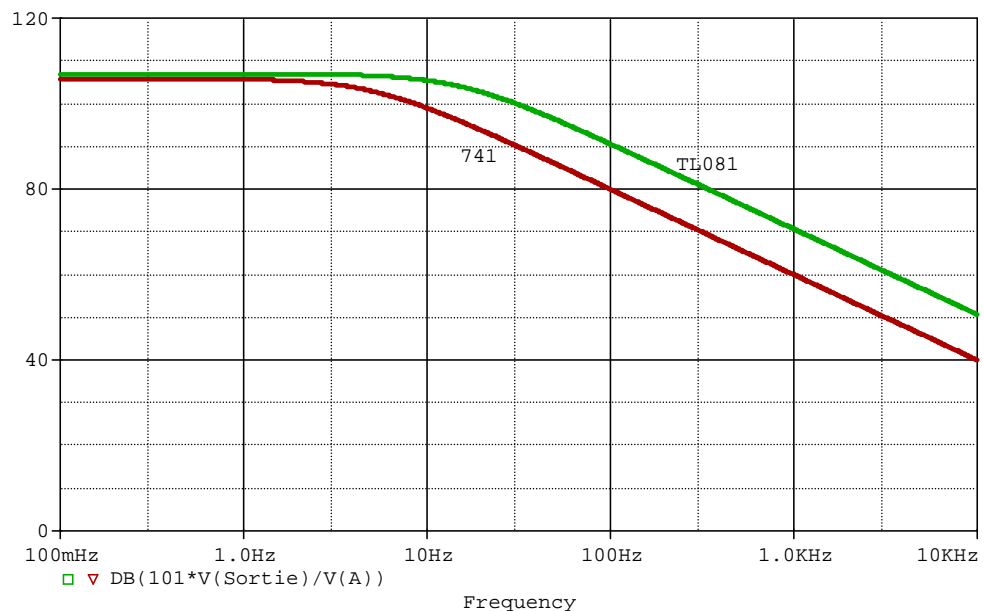


Valider avec OK

Lancer la simulation menu Pspice\Run

Pspice AD dispose en mémoire des données du schéma Check1, nous allons maintenant ajouter les données du premier schéma c'est à dire AOP741, pour cela dans Pspice AD ouvrir File\Append Waveform(.dat) : choisir « AOP741-schématic1-AOP741.dat »

Voici les résultats :



Conclusion

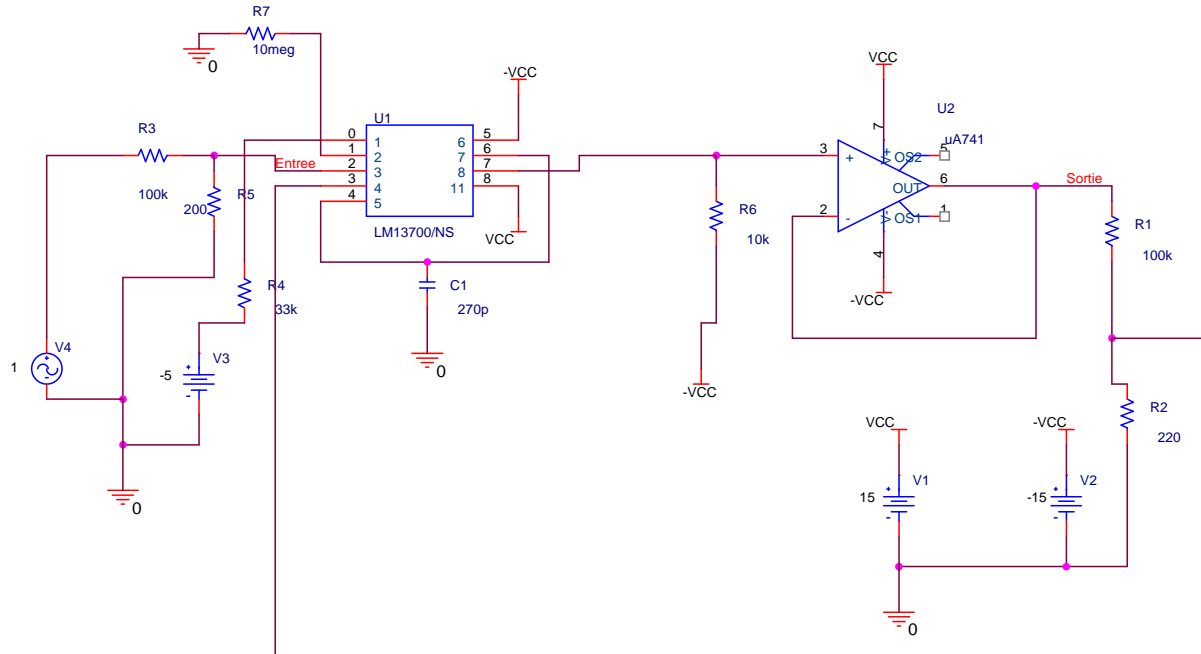
Cette méthode permet donc de réaliser des analyses comparatives sur le comportement de plusieurs circuits, intégrés dans le même projet.

Simulation du bac génie électronique 1995

Nous avons choisi de simuler le fonctionnement du montage proposé à l'épreuve de physique appliquée du Bac Génie Electronique 1995.

Ce montage met en œuvre un amplificateur à transconductance le LM13700.

Voici le montage final :



Fonctionnement :

Ce montage se comporte comme un filtre passe-bas du premier ordre, dont le fréquence de coupure à -3dB peut être réglée selon la valeur de l'alimentation repérée V3.

Création du symbole :

Le constructeur fournit le macromodèle, il suffit donc d'enregistrer ce fichier sous un nom du type LM13700.lib par exemple celui-ci est fourni sur le CDROM.

Voici le contenu de ce fichier :

```

*////////////////////////////////////
* (C) National Semiconductor, Inc.
* Models developed and under copyright by:
* National Semiconductor, Inc.

*////////////////////////////////////
* Legal Notice: This material is intended for free software support.
* The file may be copied, and distributed; however, reselling the
* material is illegal

*////////////////////////////////////
* For ordering or technical information on these models, contact:
* National Semiconductor's Customer Response Center
*       7:00 A.M.--7:00 P.M. U.S. Central Time
*       (800) 272-9959
* For Applications support, contact the Internet address:

```

```

* amps-apps@galaxy.nsc.com

* \\\
* LM13700 Dual Operational Transconductance Amplifier
* \\\
*
*           Amplifier Bias Input
*           | Diode Bias
*           | | Positive Input
*           | | | Negative Input
*           | | | | Output
*           | | | | | Negative power supply
*           | | | | | Buffer Input
*           | | | | | Buffer Output
*           | | | | | Positive power supply
*           | | | | |
.SUBCKT LM13700/NS 1 2 3 4 5 6 7 8 11
*
* Features:
* gm adjustable over 6 decades.
* Excellent gm linearity.
* Linearizing diodes.
* Wide supply range of +/-2V to +/-22V.
*
* Note: This model is single-pole in nature and over-estimates
*       AC bandwidth and phase margin (stability) by over 2X.
*       Although refinement may be possible in the future, please
*       use benchtesting to finalize AC circuit design.
*
* Note: Model is for single device only and simulated
*       supply current is 1/2 of total device current.
*
*****
*
C1 6 4 4.8P
C2 3 6 4.8P
* Output capacitor
C3 5 6 6.26P
D1 2 4 DX
D2 2 3 DX
D3 11 21 DX
D4 21 22 DX
D5 1 26 DX
D6 26 27 DX
D7 5 29 DX
D8 28 5 DX
D10 31 25 DX
* Clamp for -CMR
D11 28 25 DX
* Ios source
F1 4 3 POLY(1) V6 1E-10 5.129E-2 -1.189E4 1.123E9
F2 11 5 V2 1.022

```

```

F3 25 6 V3      1.0
F4 5 6 V1      1.022
* Output impedance
F5 5 0 POLY(2) V3 V7 0 0 0 1
G1 0 33 5      0.55E-3
I1 11 6 300U
Q1 24 32 31    QX1
Q2 23 3 31    QX2
Q3 11 7 30    QZ
Q4 11 30 8    QY
V1 22 24 0V
V2 22 23 0V
V3 27 6 0V
V4 11 29 1.4
V5 28 6 1.2
V6 4 32 0V
V7 33 0 0V
.MODEL QX1 NPN (IS=5E-16 BF=200 NE=1.15 ISE=.63E-16 IKF=1E-2)
.MODEL QX2 NPN (IS=5.125E-16 BF=200 NE=1.15 ISE=.63E-16 IKF=1E-2)
.MODEL QY NPN (IS=6E-15 BF=50)
.MODEL QZ NPN (IS=5E-16 BF=266)
.MODEL DX D (IS=5E-16)
.ENDS
*$

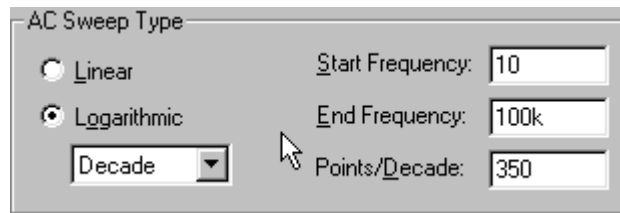
```

Placer ce fichier dans le répertoire : C :\Program Files\Orcad Demo\Capture\library\Pspice

Puis suivez la même procédure que pour le t1081.

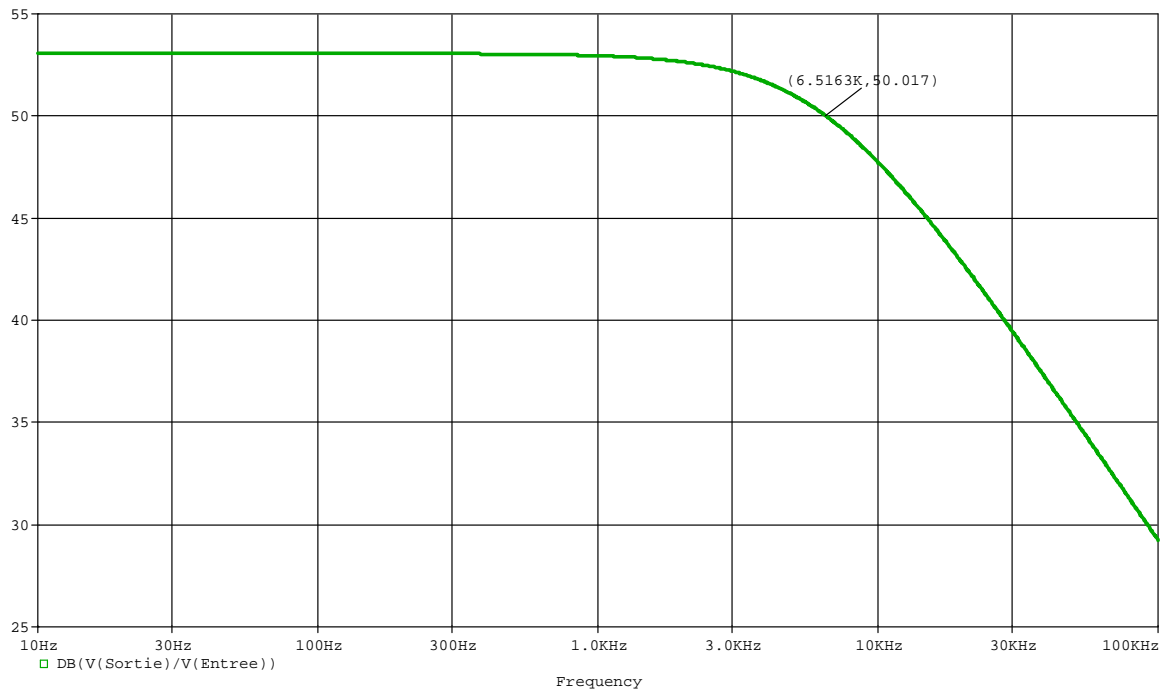
Résumé des étapes à suivre:

1. Lancer Pspice Model Editor Demo
2. Ouvrir le fichier LM13700.lib
3. Faire File\create parts cliquez sur Browse et choisir LM13700
4. Valider avec OK, si tout se passe normalement vous obtenez un rapport d'information sur la création du symbole :
5. Valider une nouvelle fois avec OK
6. Maintenant vous pouvez quitter le logiciel Model Editor.
7. Lancer Orcad Capture puis faites New Project Donner un nom à votre projet par exemple LM13700
8. Ajouter les librairies eval, et LM13700
9. Valider
10. A ce stade vous pouvez saisir le schéma de principe proposé, et paramétrer une nouvelle simulation de type AC Sweep :



Il ne reste plus qu'à ajouter la nouvelle librairie : Pspice/ Edit simulation settings cliquez sur l'onglet librairies puis cliquez sur Browse afin de sélectionner LM13700.

Une fois la simulation terminée vous pouvez tracer les courbes suivantes :



Cette courbe est très satisfaisante puisque pour $ec = -5V$ nous avons une fréquence de 6516 Hz ce qui, à peu de chose près, correspond à la théorie : $fc = 756 \times ec + 10292$

Quelques adresses utiles :

ALS DESIGN

160 bis rue de Paris
92645 BOULOGNE cedex
Tél : 01 46 04 30 47

<http://www.alsdesign.com> (*distributeur des produits Orcad*)

ANALOG DEVICES

<http://www.analog.com> (*Quelques macromodèles*)

MOTOROLA :

Site WEB :<http://www.mot.com>

TEXAS INSTRUMENTS :

<http://www.ti.com> (*leurs CD ROM contiennent de nombreux macromodèles*)

INTERNATIONAL RECTIFIER

<http://www.irf.com>

HARRIS SEMI CONDUCTEURS

<http://www.semi.harris.com>

DIVERS

<http://www.ele.uri.edu/Courses/ele343/>

<http://www.ele.uri.edu/Courses/ele343/models/spicesites.html>

<http://www.symmetry.com/freestuff.html>

<http://www-mo.enst-bretagne.fr/~metz/simul/simu.html> (*sites Français*)

<http://www.orcad.com/techserv/spicemod.htm>

<http://193.51.18.101/pha/Pspice/Pspice.htm>

Fin ...