



**Université Hassan II Aïn Chock
Ecole Nationale Supérieure d'Electricité & de Mécanique
Casablanca**

Département GE

Deuxième année

Filière GESET

**NOTICE pour Travaux Pratiques
CAO électronique**

**Simulation analogique, digitale et
Mixte**

Outil PSPICE d'OrCad

Encadré par Pr. A. ERRAMI

Année : 2016-2017

Contenu

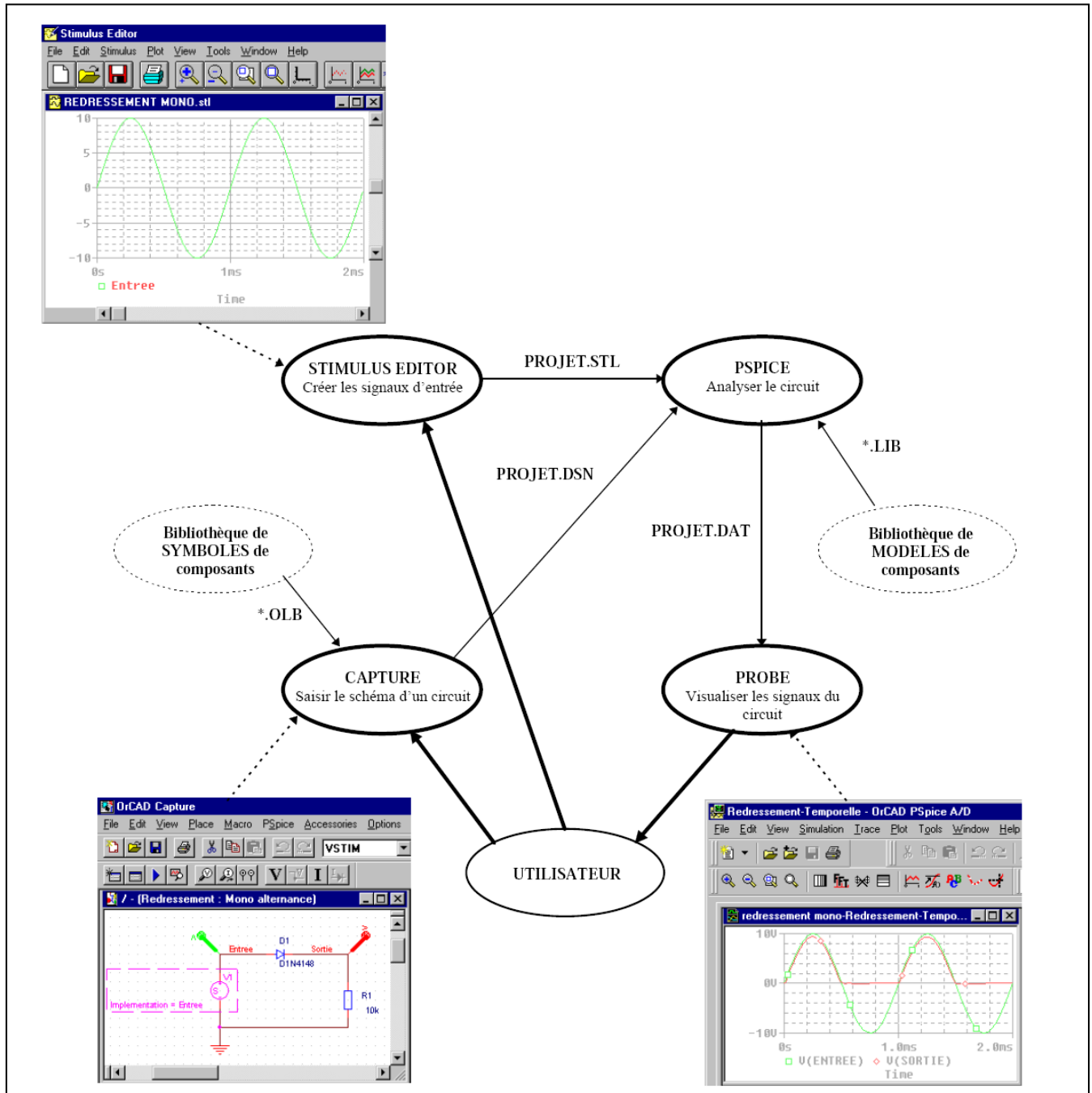
1- Introduction	4
2- Les Icônes de simulation avec PSPICE ORCAD.....	5
2.2 Icônes d'Orcad PSPICE	6
2.3 Unités.....	9
3- Particularités d'un schéma destiné à être simulé.....	9
4- Définition des signaux d'entrée	10
4.1 Sources analogiques	10
4.2 Autres sources.....	13
4.3 Sources logiques	13
4.4 Editeur de stimulus	13
5- Spécification des signaux à visualiser	17
6- Les profils de simulation	17
6.1 Création d'un profil de simulation.....	17
6.2 Modification d'un profil de simulation	19
6.3 Ajout d'un profil de simulation	19
7- Lancement d'une simulation	20
7.1 Lancement du simulateur	20
7.2 Erreurs possibles	20
8- Exploitation d'une simulation	21
8.1 Affichage des points calculés.....	21
8.2 Ajout de courbes sans revenir dans Capture.....	22

8.3 Ajout de courbes	22
8.4 Fonctions définies dans PSpice	23
8.5 Ajout d'une fenêtre de visualisation de courbes.....	24
8.6 Sauvegarde des paramètres de visualisation	24
8.7 Utilisation des marqueurs.....	26
8.8 Ajout de commentaires.....	26
9- Impression / Exportation des résultats de simulation.....	26
10- Exemples de simulation	27
10.1 Analyse temporelle	27
10.2 Analyse fréquentielle	29
10.3 Analyse en Continue	31
10.4- Analyse paramétrique	33
10.5- Simulation logique et analyse temporelle	36
10.6- Simulation analogique / digitale	42
10.7- Optimisation analogique	44

1- Introduction

OrCad PSpice est un logiciel de simulation mixte (analogique et/ou logique). La mise en oeuvre d'une simulation repose principalement sur :

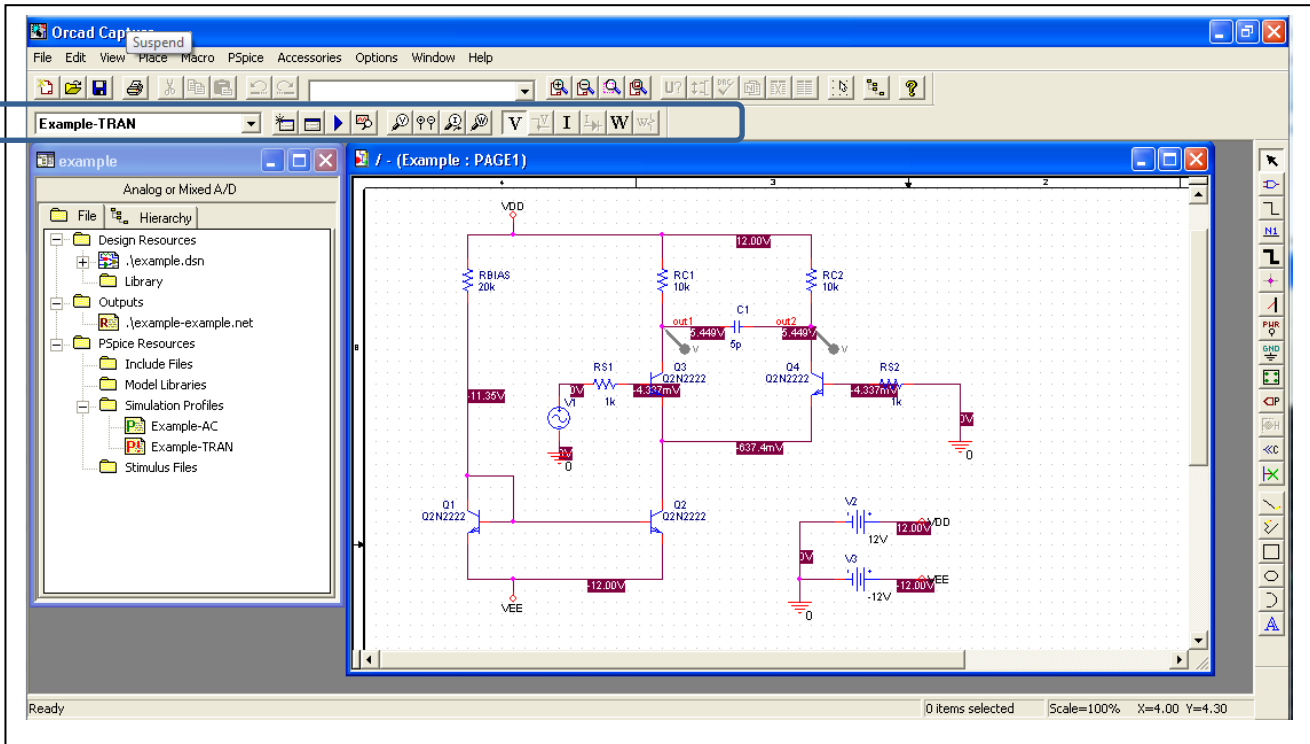
- une description des composants et des liaisons figurant sur un schéma, sous forme de **fichier « Circuit »**
- une description des signaux d'entrée appliqués sur le schéma sous forme de **fichier « Stimulus »**
- une description des modèles de simulation des composants sous forme de **fichiers « modèles »**.














La visualisation des résultats de simulation s'effectue dans une partie du logiciel appelée « Probe ».

2- Les Icônes de simulation avec PSPICE ORCAD

2.1 Icônes d'Orcad Capture relatives à la simulation



Barre d'icônes de OrCad Capture spécifique à la simulation

-  Création d'un nouveau profil de simulation
-  Edition du profil de simulation actif
-  Lancement de la simulation
-  Affichage des résultats de la simulation précédente
-  Placement d'une « sonde » tension
-  Placement d'une « sonde » courant
-  Placement d'une « sonde » différentielle
-  Activation / Désactivation de l'affichage des valeurs des tensions sur le schéma
-  Activation / Désactivation de l'affichage d'une valeur de tension sur le schéma
-  Activation / Désactivation de l'affichage des valeurs des courants sur le schéma
-  Activation / Désactivation de l'affichage d'une valeur de courant sur le schéma

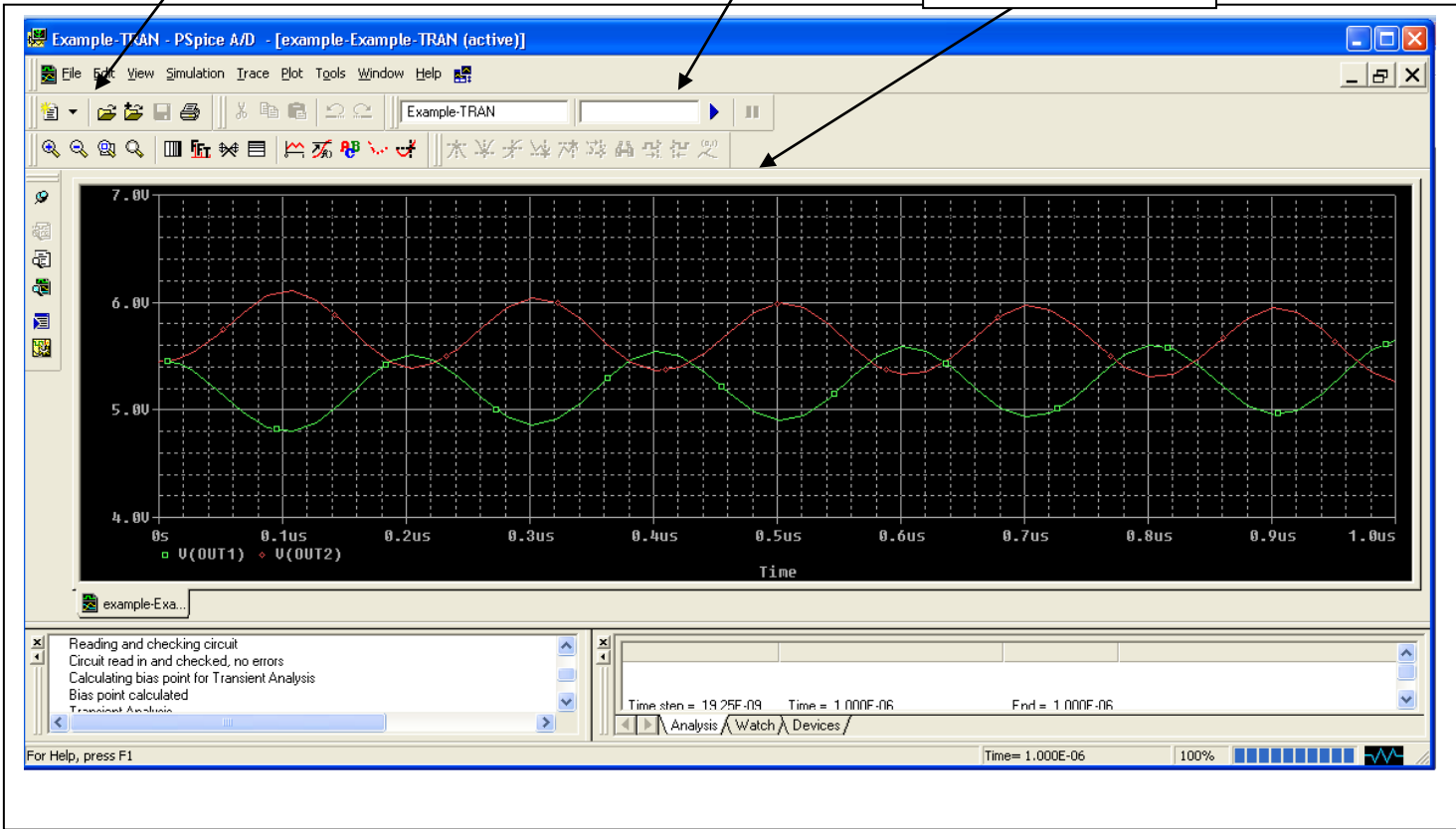
2.2 Icônes d'Orcad PSPICE

Barre d'icônes File

Barre d'icônes Simulate














Barre d'icônes Probe

Barre d'icônes Cursor








Barres d'icônes de OrCad PSpice

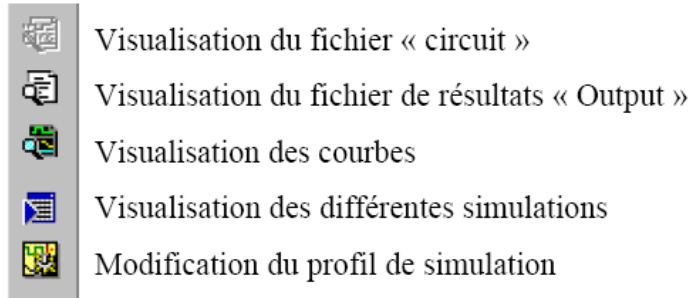
Barre d'icônes « Probe »

	Zoom + (agrandissement)
	Zoom - (diminution)
	Zoom d'une zone
	Zoom de la totalité de la simulation
	Modification échelle linéaire / échelle logarithmique en X
	Transformée de Fourier rapide
	Analyse des performances
	Modification échelle linéaire / échelle logarithmique en Y
	Ajout d'une trace
	Evaluation d'une fonction à partir d'un tracé
	Ajout de texte
	Activation / Désactivation de l'affichage des points calculés
	Activation / Désactivation des curseurs

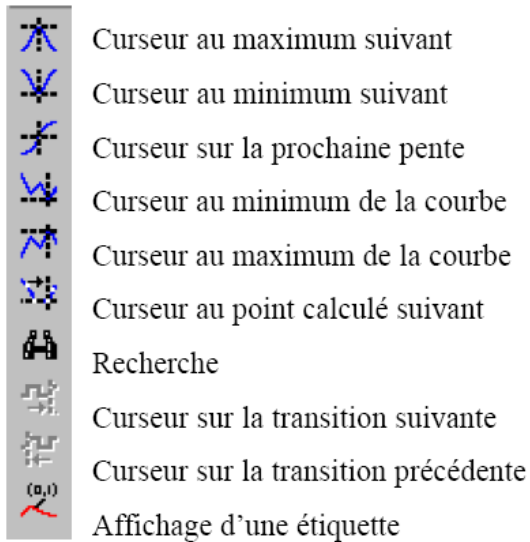
Barre d'icônes « File »

	Création d'un nouveau profil de simulation ou d'un fichier texte
	Ouverture d'un fichier de résultats de simulation
	Ouverture d'un fichier de résultats de simulation pour ajout
	Enregistrement d'un fichier texte
	Impression des courbes

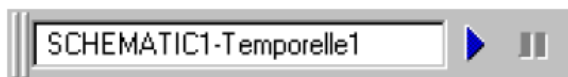
Barre d'icônes « View »



Barre d'icônes « Cursor »



Barre d'icônes « Simulate »



Lancement / Arrêt de la simulation

2.3 Unités

Les valeurs numériques doivent être spécifiées avec le point décimal et non la virgule (ex : 4,7mH interdit).

Le symbole des unités des différentes grandeurs (Tension, Courant, Capacité, Fréquence ...) peut être mentionné, mais ce n'est pas une obligation. Seul le symbole Ω ne peut être spécifié.

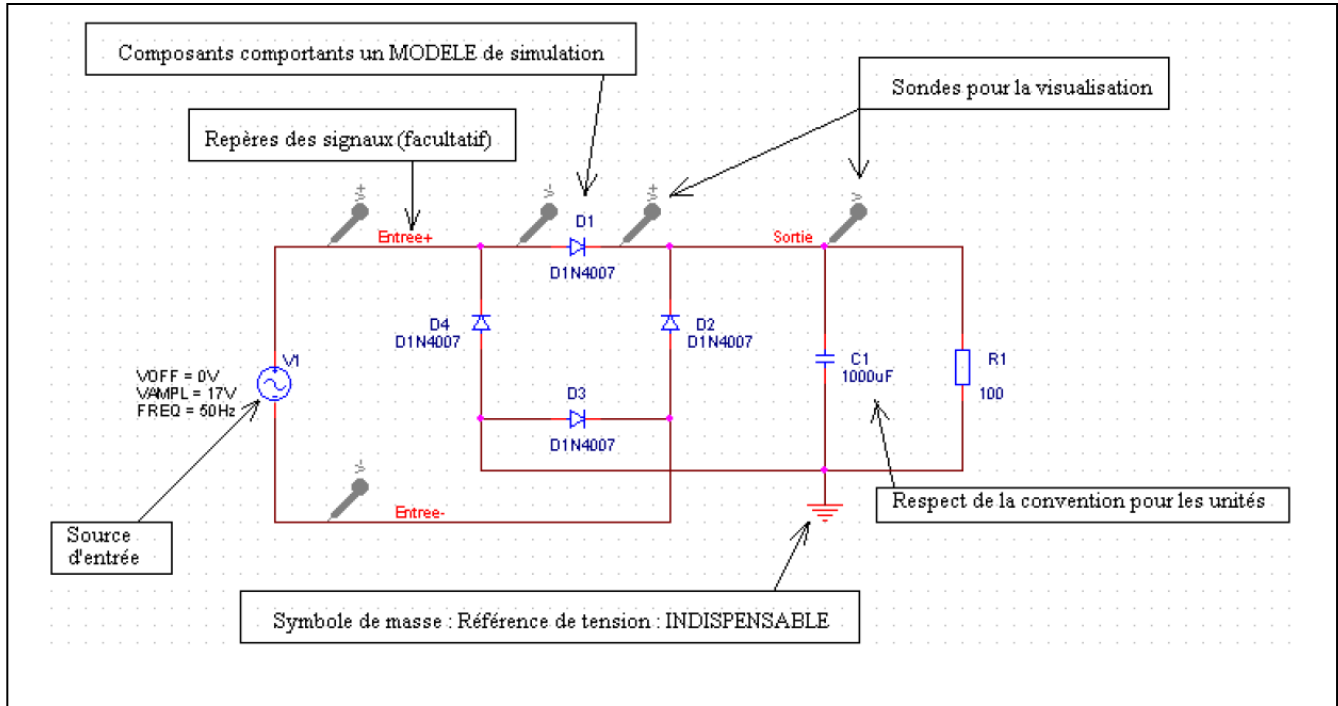
Il est formellement interdit de laisser un espace entre la valeur numérique et l'unité (ex : 4.7 mH interdit).

Les préfixes des unités doivent respecter la syntaxe suivante :

P	: pico	10^{-12}	
n	: nano	10^{-9}	
u	: micro	10^{-6}	(symbole μ interdit)
m	: milli	10^{-3}	(ne pas confondre avec meg)
k	: kilo	10^3	
meg	: méga	10^6	(ne pas utiliser M : milli !)
G	: giga	10^9	

3- Particularités d'un schéma destiné à être simulé

Un schéma devant être simulé doit respecter les contraintes suivantes :

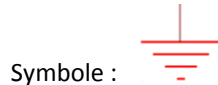


4- Définition des signaux d'entrée

4.1 Sources analogiques

Référence de tension :

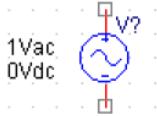
Toute simulation nécessite obligatoirement une référence de tension : le symbole de masse dont le nom est 0



Ce symbole est placé sur le schéma par l'intermédiaire de l'icône (Place Ground) ou Place - Ground ou raccourci clavier « g ».

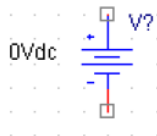
Les différentes sources analogiques, accessibles dans la librairie « SOURCE.OLB », présentent des propriétés spécifiques. Dans la partie suivante, chaque source de tension (il existe l'équivalent pour des sources de courant) est représentée ainsi que les différentes propriétés associées. Certaines de celles-ci sont visibles et modifiables directement sur le schéma. D'autres ne le sont que par l'intermédiaire de l'éditeur de propriétés.

VAC : tension sinusoïdale : **ne convient que pour les analyses fréquentielles**



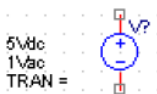
Vac Amplitude de la composante sinusoïdale
Vdc Valeur moyenne

VDC : tension continue : utilisée pour les sources d'alimentation, quelque soit le type de simulation.



Vdc Tension continue

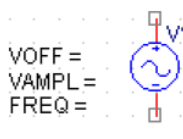
VSRC : source de tension générique : **convient pour les sources d'alimentation ainsi que les analyses continues et fréquentielles**



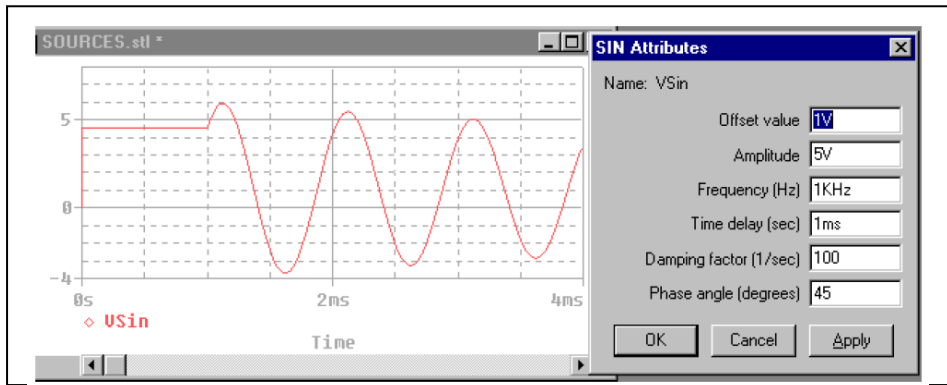
Vdc Tension continue
Vac Amplitude de la composante sinusoïdale

V SIN : tension sinusoïdale : cette source permet d'effectuer une simulation temporelle.

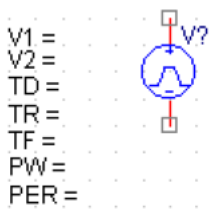
Elle convient néanmoins pour une simulation fréquentielle, à condition de spécifier une valeur dans la propriété « AC » (invisible par défaut)



VOFF	Offset value	valeur moyenne	
VAMPL	Amplitude	amplitude	
FREQ	Frequency	fréquence	
TD	Time delay	retard	0 par défaut
DF	Damping factor	facteur d'amortissement	0 par défaut
PHASE	Phase angle	déphasage	0 par défaut

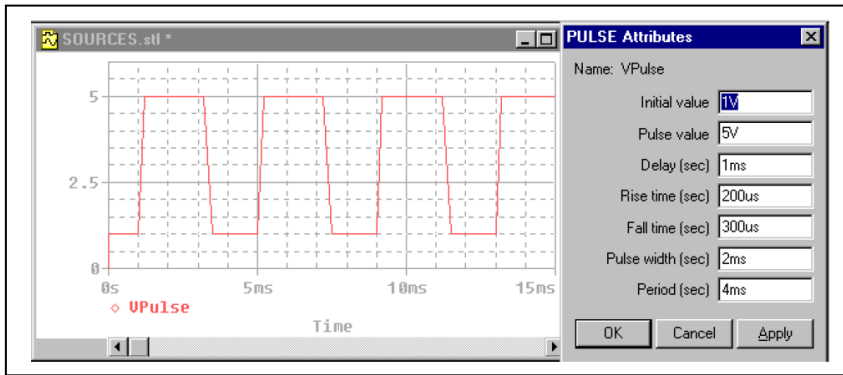


V PULSE : tension « rectangulaire »

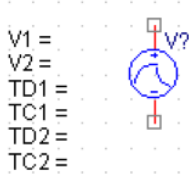


V1 =	V1	Initial value	niveau bas
V2 =	V2	Pulse value	niveau haut
TD =	TD	Delay	retard
TR =	TR	Rise time	temps de montée
TF =	TF	Fall time	temps de descente
PW =	PW	Pulse width	durée au niveau haut
PER =	PER	Period	période

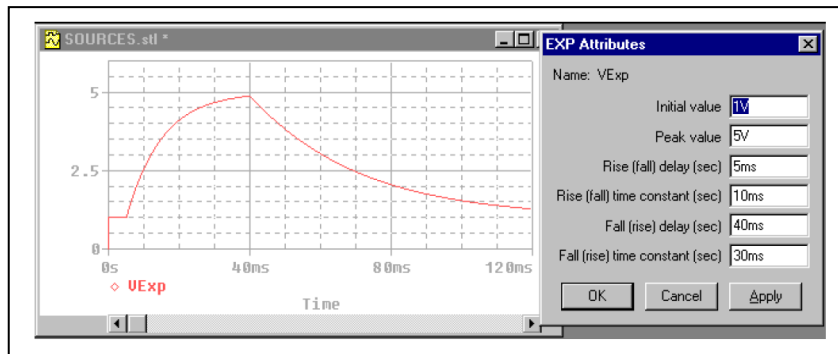
ne peut être égal à 0
ne peut être égal à 0



V EXP : tension « Exponentielle »



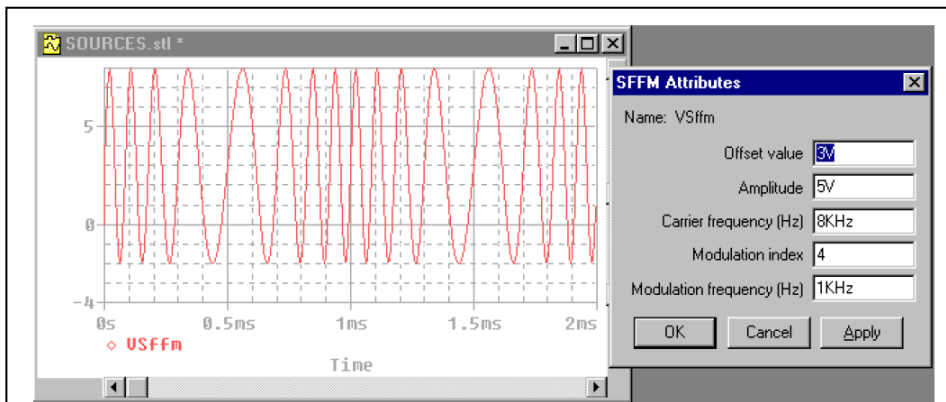
V1 =	V1	Initial value	valeur initiale	à t = 0
V2 =	V2	Peak value	valeur asymptotique	
TD1 =	TD1	Rise delay	retard	0 par défaut
TC1 =	TC1	Rise time constant	constante de temps de montée	
TD2 =	TD2	Fall delay	temps avant la descente	
TC2 =	TC2	Fall time constant	constante de temps de descente	



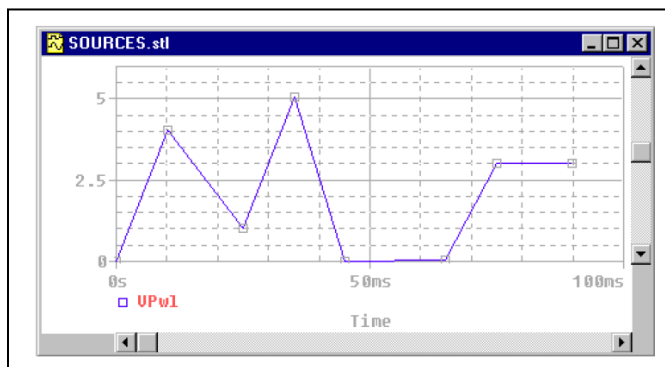
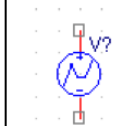
Remarque : si la valeur asymptotique est inférieure à la valeur initiale, les termes « descente » et « montée » (« fall » et « rise ») sont permutés.

V SFFM : tension modulée en fréquence

<p>VOFF = VAMPL = FC = MOD = FM =</p>		<p>VOFF VAMPL FC MOD FM</p>	<p>Offset value Amplitude Carrier frequency Modulation index Modulation frequency</p>	<p>valeur moyenne amplitude fréquence de la porteuse index de modulation fréquence de modulation</p>	<p>0 par défaut</p>
---	--	---	---	--	---------------------



V PWL : tension définie par segments



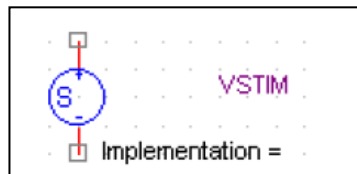
La courbe est définie par des paires de valeurs : (temps, tension). Il ne peut s'agir d'une tension périodique.

4.2 Autres sources

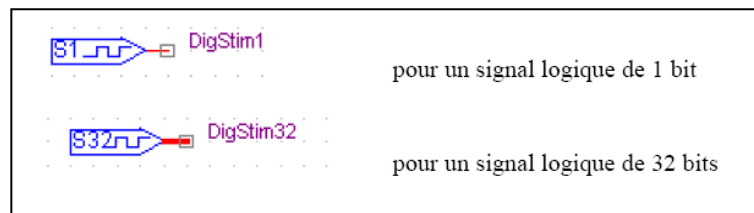
Il est possible d'utiliser le symbole ci-dessous, accessible dans la librairie « SOURCESTM.OLB », puis de lui affecter un stimulus : définition d'un signal d'entrée. Ceci s'effectue grâce à l'éditeur de stimulus en sélectionnant ce symbole puis en choisissant l'option Edit - PSpice stimulus.

Cette source est utilisable en analogique (stimulus EXP / PULSE / PWL / SFFM / SIN) et en logique (stimulus CLOCK / SIGNAL). Voir § 4.4.

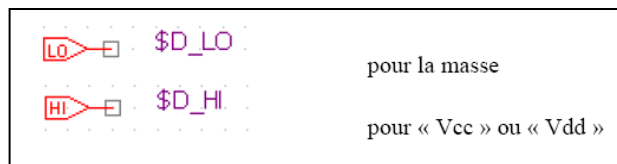
4.3 Sources logiques



Les signaux logiques sont représentés par l'un des symboles suivants (accessibles dans la librairie « SOURCESTM.OLB »):

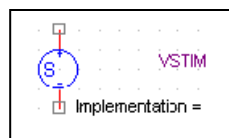


Les entrées de circuits **logiques** câblés à l'alimentation doivent l'être par l'intermédiaire des symboles spécifiques accessibles grâce aux icônes (Place Ground) ou (Place Power)



4.4 Editeur de stimulus

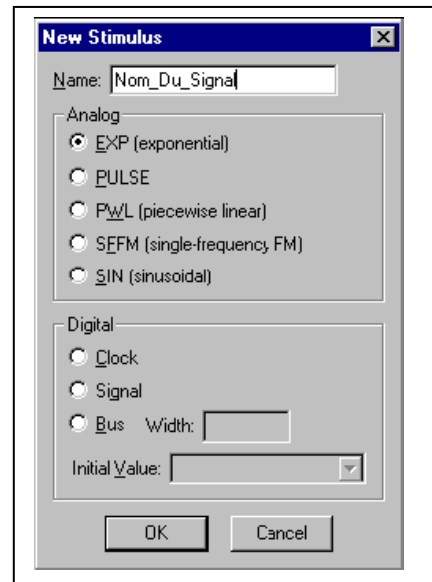
L'éditeur de stimulus permet de définir les caractéristiques d'un signal d'entrée représenté sur le schéma par l'un des symboles « DigStim » ou par le symbole spécifique VSTIM accessible dans la librairie « SOURCESTM.OLB » :



Sélectionner le symbole complet puis choisir l'option Edit – Pspice stimulus.

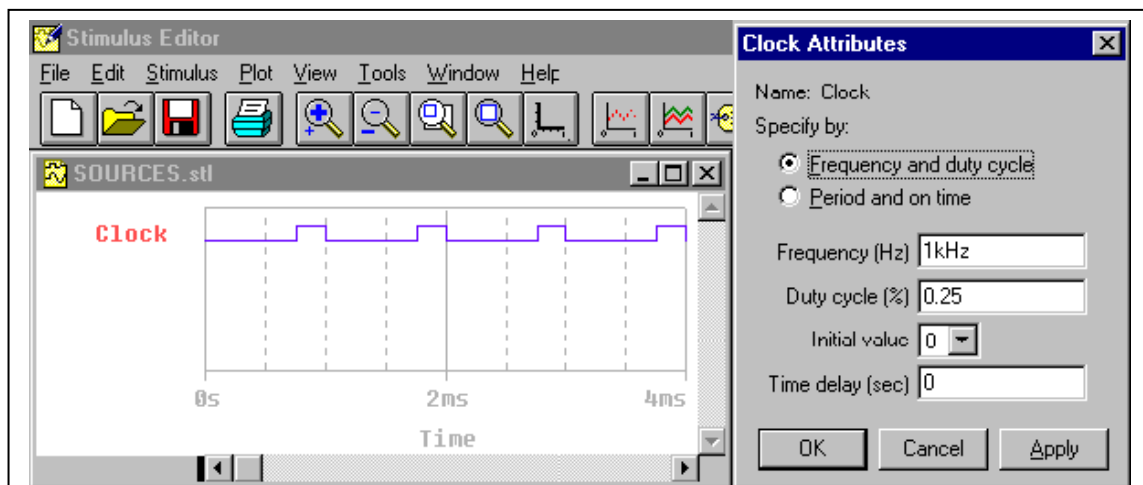
La fenêtre ci-contre doit être complétée avec :

- le nom donné au signal (il est préférable d'utiliser le même nom que le net alias figurant sur le schéma)
- la spécification du type de stimulus
 - analogique (EXP / PULSE / PWL / SFFM / SIN)
 - digital (Clock / Signal / Bus)



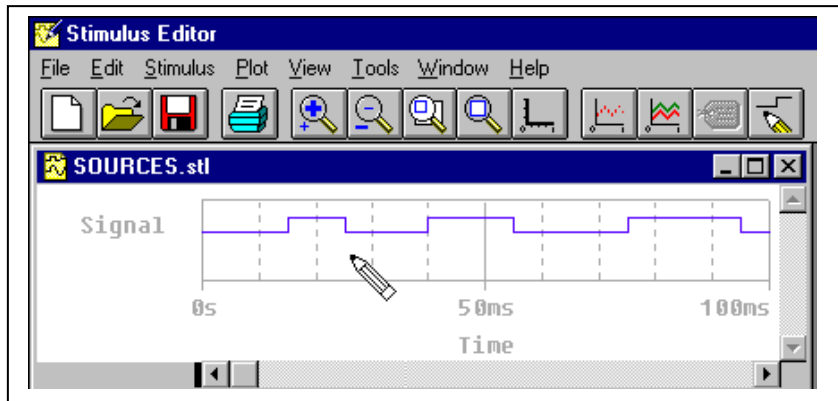
Les paramètres des signaux logiques sont :

- Stimulus « Clock » :





Frequency and duty cycle		Period and on time	
Frequency	Fréquence	Period	Période
Duty cycle	Rapport cyclique	On Time	Durée au niveau haut
Initial Value	Valeur initiale (à t = 0)	Initial Value	Valeur initiale (à t = 0)
Time delay	Retard	Time delay	Retard

- Stimulus « Signal » :



Un stimulus défini avec l'option « Signal » ne peut être périodique.

La définition de chaque changement d'état s'effectue en cliquant sur l'icône  Le curseur change alors de

forme : il est représenté par un crayon  Chaque clic introduit un changement d'état à l'endroit spécifié.

L'annulation de ce mode de fonctionnement s'effectue par un clic droit.

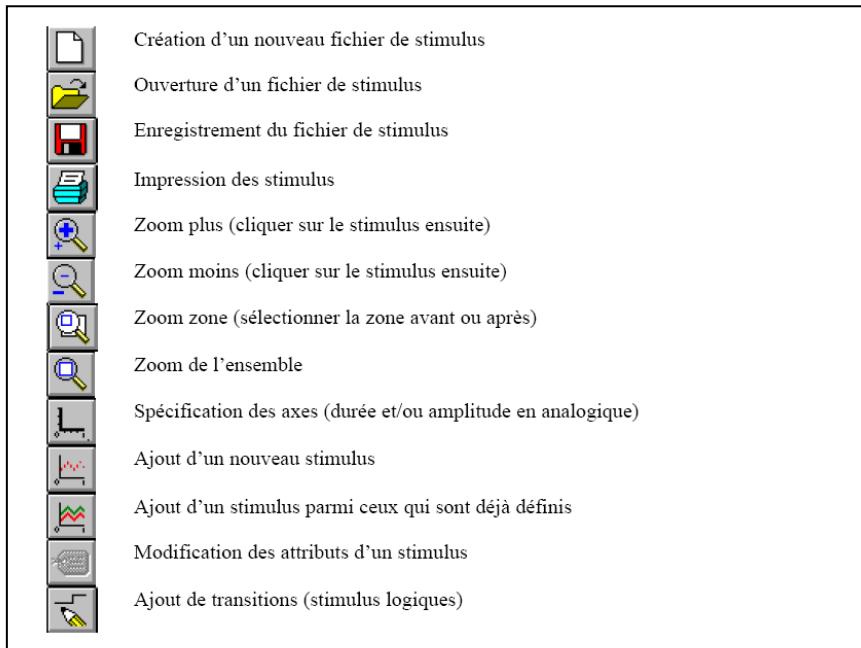
La suppression d'une transition s'effectue en sélectionnant la transition, puis en appuyant sur la touche « Suppr »

Le déplacement d'une transition s'effectue en la sélectionnant, puis en la déplaçant à la souris

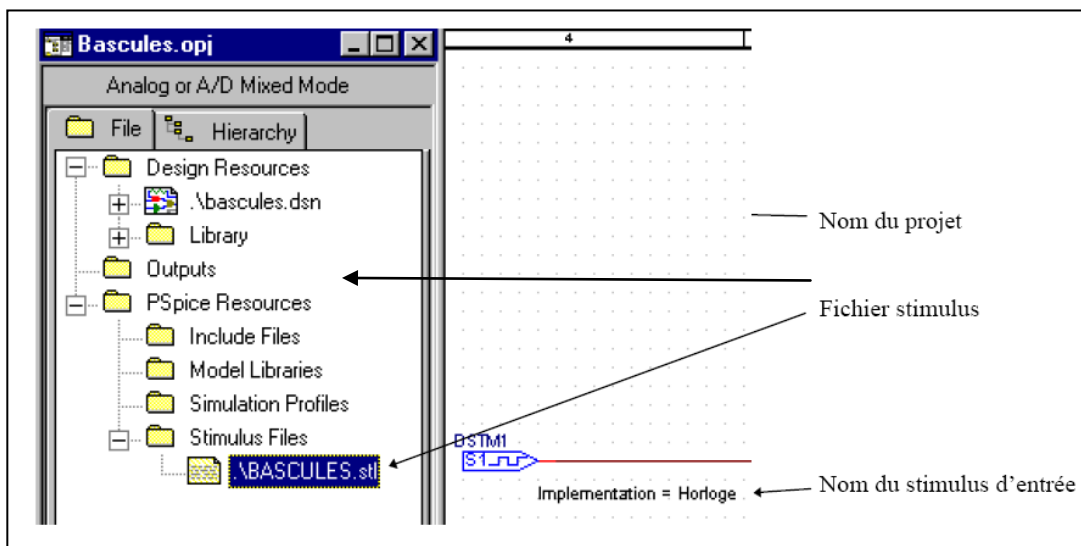
La modification de la date d'une transition (pour obtenir une valeur précise) s'effectue par un double-clic sur la transition à modifier, puis en spécifiant la date souhaitée.

Stimulus « Bus » : après avoir mentionné le nombre de bits constituant le bus, les actions possibles sont les mêmes que pour un « Signal ».

Barre d'icônes de OrCad PSpice Stimulus Editor :






La fermeture de l'éditeur de stimulus entraîne la sauvegarde du fichier de stimulus « NomDuProjet.STL » et l'attribution du nom donné au stimulus à la propriété « Implementation » de la source utilisée (en répondant « Oui » aux demandes de sauvegarde).



5- Spécification des signaux à visualiser

Il est nécessaire de définir dans OrCad Capture les différents signaux à visualiser en :


- donnant un nom de label (Net Alias) aux fils de liaison correspondants. Ceci est facultatif, mais permet d'avoir des noms de courbes plus explicites : V(Entree) au lieu de V(U2A :Y) par exemple. Espaces et lettres accentuées totalement interdit.
- plaçant des « sondes » de mesure sur les fils de liaison grâce à l'option PSpice - Markers - ... ou en cliquant sur l'une des icônes  (sonde de tension)  (sonde de courant)  (sonde différentielle).

6- Les profils de simulation

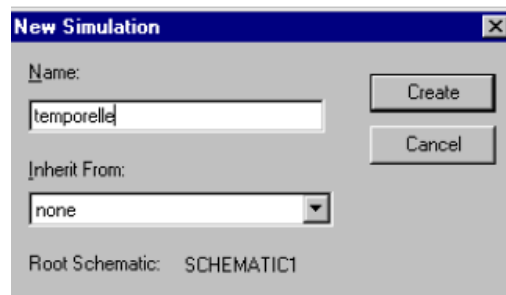
6.1 Création d'un profil de simulation

Un profil de simulation permet de définir les paramètres de la simulation :

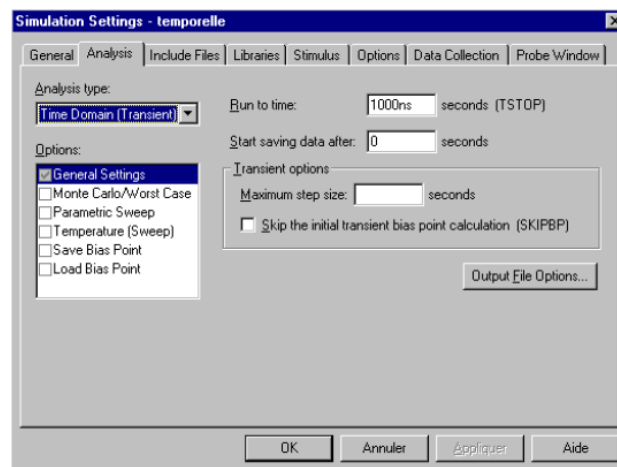
- type d'analyse (temporelle, fréquentielle, continue ...)
- durée, plages de fréquences, limites de variation
- bibliothèques de modèles de simulation utilisées

La création d'un nouveau profil de simulation s'effectue en choisissant l'option PSpice - New Simulation Profile ou en cliquant sur l'icône 

- La fenêtre suivante s'affiche :



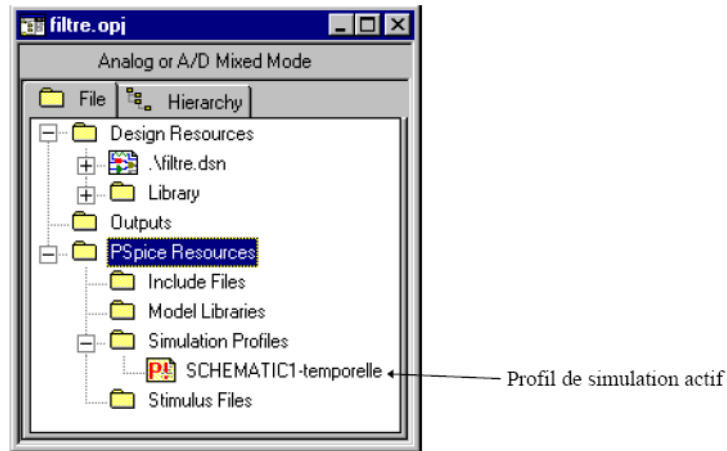
- Spécifier (dans la zone « Name ») un nom pour la simulation souhaitée (exemple : temporelle ou fréquentielle ou continue). La fenêtre suivante s'affiche :



- Choisir l'option correspondante à l'analyse souhaitée dans la boîte « Analysis type » :
 - time domain (transient) : analyse temporelle
 - DC sweep : analyse continue
 - AC sweep / Noise : analyse fréquentielle
 - Bias point : calcul des points de polarisation



- Valider par « OK »

Un fichier apparaît alors dans le Gestionnaire de projet, dans la section « PSpice Resources / Simulation Profiles » :




6.2 Modification d'un profil de simulation

La modification des paramètres de simulation peut s'effectuer :

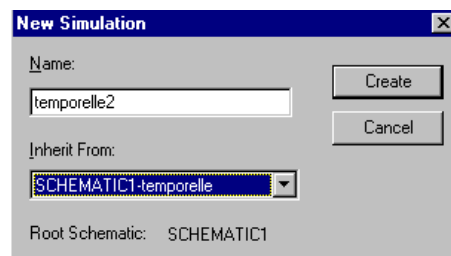
- soit dans OrCad Capture en choisissant l'option PSpice - Edit Simulation Settings ou en cliquant sur l'icône 
- soit dans OrCad PSpice en choisissant l'option Simulation - Edit Profile ou en cliquant sur l'icône 

6.3 Ajout d'un profil de simulation

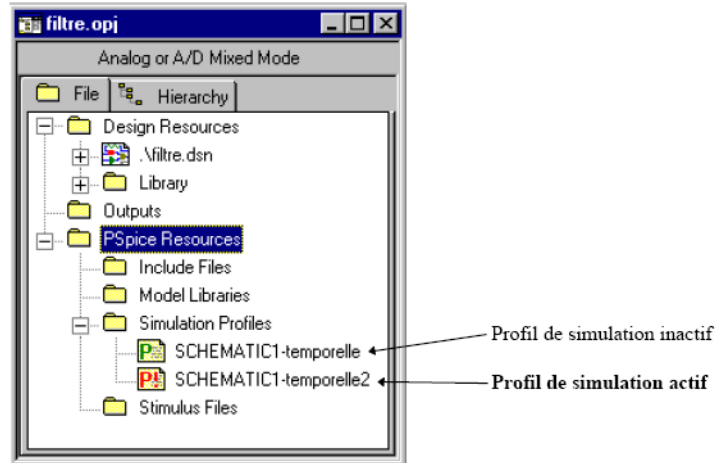
Il est possible, pour un même schéma, de définir plusieurs simulations (plages de fréquences différentes pour une analyse fréquentielle par exemple). L'ajout d'un profil de simulation s'effectue dans OrCad Capture en cliquant sur

l'icône . Spécifier un nom pour la simulation souhaitée (exemple : temporelle ou fréquentielle...).

Sélectionner, éventuellement, un Profil précédemment défini comme modèle dans la boîte « Inherit from » :



Un nouveau fichier apparaît alors dans le Gestionnaire de projet, dans la section « PSpice Resources / Simulation Profiles »



Le choix du profil de simulation à prendre en compte pour la prochaine simulation s'effectue en :

- cliquant du bouton droit de la souris sur le nom du profil de simulation souhaité
- choisissant dans le menu contextuel l'option « Make active »

L'icône associée au profil de simulation choisi présente alors un point d'exclamation (!) et devient rouge.



7- Lancement d'une simulation

7.1 Lancement du simulateur

Le lancement d'une simulation entraîne les actions suivantes :

- vérification de l'annotation des composants (numérotation des repères)
- génération du fichier Netlist
- calcul des différents courants et tensions du schéma en fonction de l'analyse demandée
- affichage des courbes des courants et tensions pour lesquels une « sonde » a été placée sur le schéma.

Il s'effectue en choisissant :

- dans OrCad Capture : l'option PSpice - Run ou en cliquant sur l'icône 
- dans OrCad PSpice : l'option Simulation - Run ou en cliquant sur l'icône 

7.2 Erreurs possibles

Le lancement de la simulation peut provoquer les erreurs suivantes :

- erreur d'annotation de composants : une fenêtre dans OrCad Capture mentionne cette erreur.

Le détail est affiché dans le fichier « Session Log ». Afficher celui-ci en choisissant l'option Window - Session Log

```

The following 1 points have been identified as net connectivity change points from the last operation
-----
(1.80, 0.70)
Creating PSpice Netlist
Writing PSpice Netlist D:\PROJETS\PROJETS ORCAD\ESSAIS\FILTRE-SCHEMATIC1.net
ERROR [NET0051] Duplicate reference found 'R1'.

```

Solution : lancer une annotation automatique ou modifier chacun des repères des composants comportant une erreur.

- oubli d'un symbole de masse servant de référence pour le calcul de toutes les tensions. Ce symbole est indispensable à toute simulation analogique. Le message d'erreur s'affiche dans OrCad PSpice :
ERROR -- Node N00022 is floating

Solution : placer le symbole de masse sur le schéma (nom du symbole : 0) grâce à l'icône (Place Ground).



- le modèle de simulation d'un composant n'a pas été trouvé parmi les bibliothèques de modèles sélectionnées par défaut. Le message d'erreur s'affiche dans OrCad PSpice :

ERROR -- Subcircuit 7400A used by X_U1A is undefined

Solution : vérifier la liste des bibliothèques de modèles de simulation en choisissant l'onglet « Libraries » du profil de Simulation


- un composant utilisé sur le schéma ne comporte pas les paramètres nécessaires pour une simulation (exemples : Bornier, Connecteur ou composant choisi dans une bibliothèque de symboles incorrecte). Un point vert signale cette erreur sur le schéma. Ceci se produit pour un schéma destiné à la simulation et au routage.



8- Exploitation d'une simulation

8.1 Affichage des points calculés

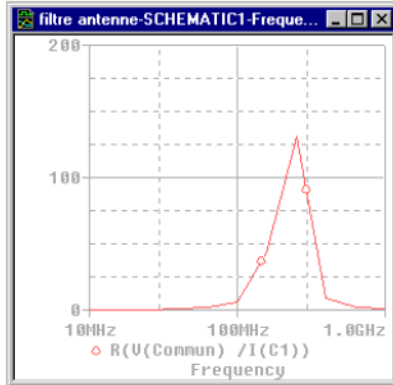
Lors d'une simulation temporelle, le pas de calcul (step size) est adapté automatiquement en fonction de la variation des grandeurs calculées : une variation forte entraîne une diminution du pas de calcul.

Pour une simulation fréquentielle ou continue, le nombre de points de calcul est spécifié dans le profil de simulation. Dans certains cas, le résultat obtenu manque de précision. Afficher alors les différents points de calculs

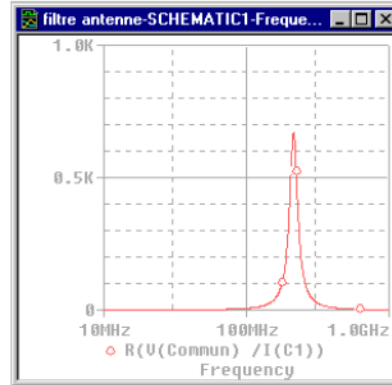
en cliquant sur l'icône .

Si on constate des points de calculs trop espacés, diminuer le pas de calcul maximum (maximum step size) ou augmenter le nombre de points de calcul, en modifiant le profil de simulation (icône ) puis relancer une simulation (icône .

Attention : un pas de calcul trop faible entraîne une durée de simulation excessive.




Simulation effectuée avec 5 points / décade




Simulation effectuée avec 500 points / décade

8.2 Ajout de courbes sans revenir dans Capture

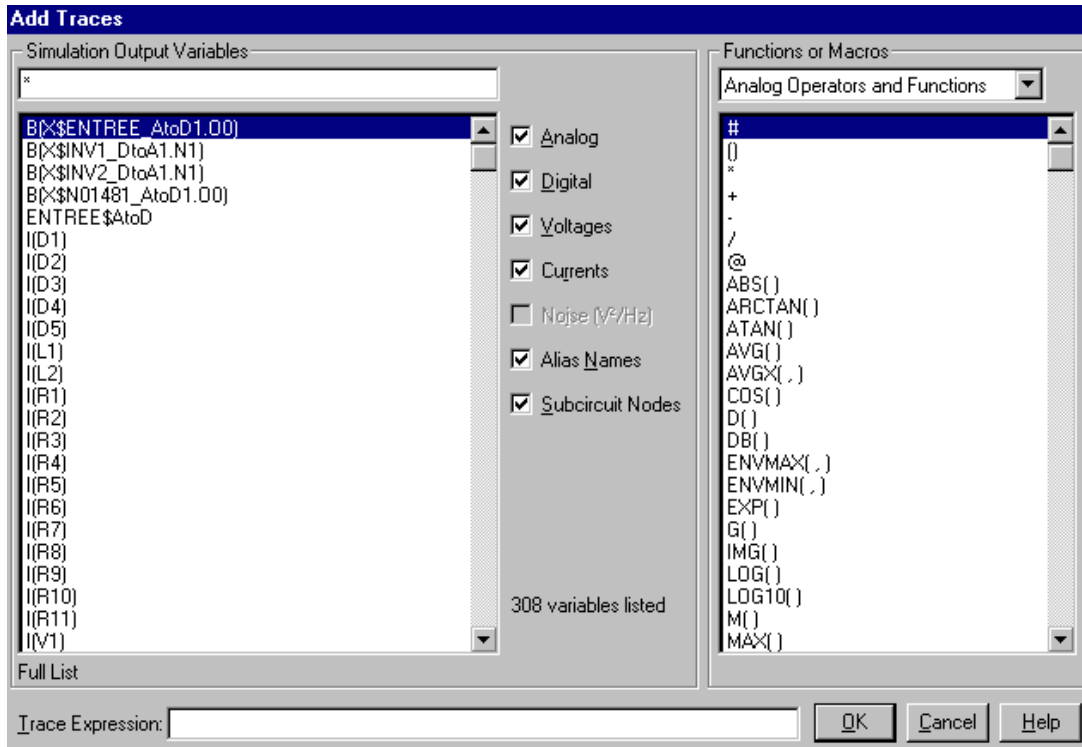
Le lancement d'une simulation provoque le calcul de toutes les tensions et tous les courants du schéma. L'ajout d'une courbe dans OrCad PSpice nécessite seulement l'ajout d'une sonde (icônes ) dans OrCad Capture sur le schéma. Il n'est pas utile de relancer une simulation complète : la courbe apparaît aussitôt dans OrCad PSpice

8.3 Ajout de courbes

La visualisation de courbes dans OrCad PSpice peut correspondre à des opérations mathématiques entre plusieurs courbes, comme par exemple : $20\text{LOG}_{10}(V(S) / V(E))$.

Ceci s'effectue en choisissant l'option Trace - Add Trace ou en cliquant sur l'icône 

La fenêtre suivante permet de définir les différentes courbes à ajouter ou les opérations à effectuer :



Remarque : il est possible de limiter le nombre de courbes listées en décochant les options non souhaitées :

Analog	grandeurs analogiques	Currents	Courants
Digital	grandeurs logiques	Alias Names	Noms de Label
Voltages	Tensions	Subcircuit Nodes	sous-circuits internes

La case « Trace expression » sert à indiquer le nom des grandeurs à visualiser, ainsi que les fonctions mathématiques à réaliser. Il suffit de cliquer sur un élément de la zone « Variables » ou de la zone « Fonctions ».

8.4 Fonctions définies dans PSpice

Les fonctions suivantes sont définies dans OrCad PSpice

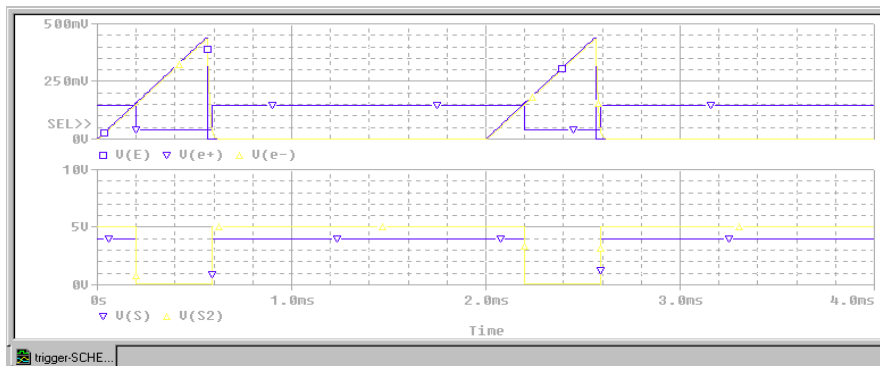
ABS(x)	valeur absolue de x	M(x)	Magnitude de x
ARCTAN(x)	Arc tangente de x (en radians)	MAX(x)	Maximum de x
ATAN(x)	Arc tangente de x (en radians)	MIN(x)	Minimum de x
AVG(x)	Valeur moyenne de x sur l'intervalle des abscisses	P(x)	Phase de x (en degrés)
AVGX(x,d)	Valeur moyenne de x sur l'intervalle des abscisses commençant à d	PWR(x,y)	Puissance (x ^y)
COS(x)	Cosinus de x (en radians)	R(x)	Partie réelle de x
D(x)	Dérivée de x par rapport à la variable d'abscisse	RMS(x)	Valeur efficace de x
DB(x)	Gain en décibel de x	S(x)	Intégrale de x sur la variable d'abscisse
EXP(x)	Exponentielle de x	SGN(x)	Signe (x>0 : 1 / x=0 : 0 / x<0 : -1)
G(x)	Délai de groupe de x	SIN(x)	Sinus de x (en radians)
IMG(x)	Partie imaginaire de x	SQRT(x)	Racine carrée de x
LOG(x)	Logarithme népérien de x	TAN(x)	Tangente de x (en radians)
LOG10(x)	Logarithme décimal de x		

8.5 Ajout d'une fenêtre de visualisation de courbes

Dans le cas où plusieurs courbes doivent être visualisées avec des échelles différentes, il est nécessaire d'ajouter une ou plusieurs fenêtres de visualisation. Celles-ci peuvent être soit sur le même écran, soit sur des écrans distincts.

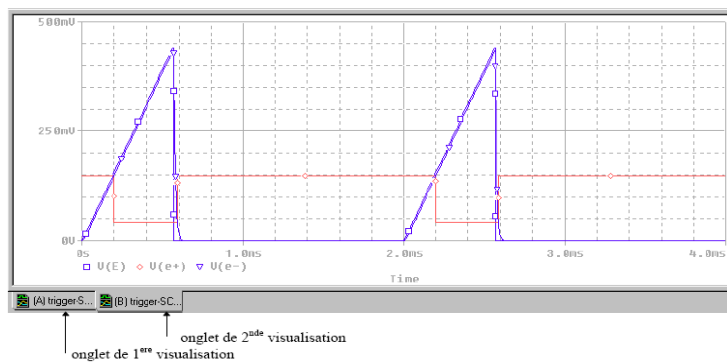
Ajout de fenêtres de visualisation sur le même écran :

choisir l'option Plot - Add Plot to Window : une fenêtre supplémentaire apparaît sur le même écran (il est possible d'en avoir 3 simultanément).



Ajout de fenêtres de visualisation sur un nouvel écran :

choisir l'option Window - New Window : un nouvel écran de simulation apparaît. Voir le § 7.3 pour mentionner les nouvelles courbes à visualiser. Il est ensuite possible de basculer d'un écran à un autre en cliquant sur l'onglet correspondant.





8.6 Sauvegarde des paramètres de visualisation

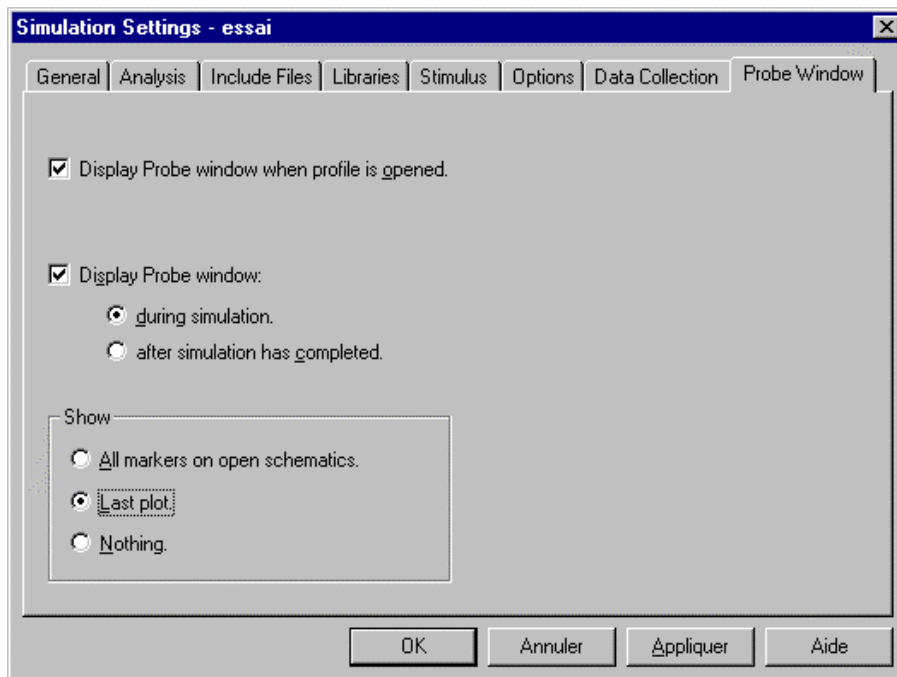
Dans certains cas, la visualisation des courbes nécessite diverses opérations pouvant être fastidieuses :

- ajout de fenêtres de visualisation sur le même écran
- spécification d'échelles particulières
- ajout de courbes résultant de calculs...

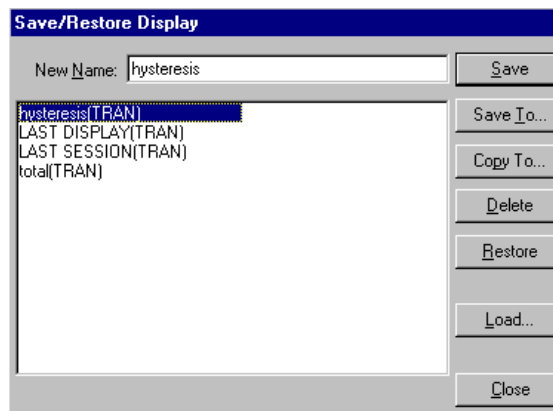
Pour éviter d'avoir à redéfinir les paramètres de visualisation après chaque nouvelle simulation, il est possible de :

- conserver les conditions de visualisation de la simulation précédente :

cocher la case « Show - Last plot » dans l'onglet « Probe Window » du profil de simulation (activé en cliquant sur l'icône  de OrCad Capture ou l'icône  de OrCad PSpice).



- sauvegarder les conditions de visualisation en choisissant l'option Window - Display Control dans OrCad PSpice. Donner un nom aux paramètres de visualisation puis cliquer sur « Save » et enfin sur « Close ».



La restitution des paramètres de visualisation s'effectue en choisissant l'option Window - Display Control puis en double cliquant sur le nom donné auparavant aux paramètres de visualisation.

8.7 Utilisation des marqueurs

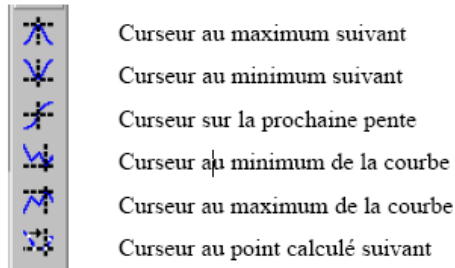


La mesure de grandeurs à partir des courbes visualisées s'effectue en cliquant sur l'icône

Le choix des curseurs s'effectue en sélectionnant le symbole associé à la courbe considérée (et non le nom du signal). Un clic du bouton gauche sélectionne le premier marqueur (A1). Un clic du bouton droit sélectionne le second marqueur (A2).

Le déplacement des curseurs s'effectue en maintenant le bouton de la souris appuyé et en la déplaçant (bouton gauche : 1^{er} curseur ; bouton droit : 2nd curseur).

Les icônes suivantes permettent de positionner automatiquement le curseur :



Curseur au maximum suivant

Curseur au minimum suivant

Curseur sur la prochaine pente

Curseur au minimum de la courbe

Curseur au maximum de la courbe

Curseur au point calculé suivant

8.8 Ajout de commentaires

Les courbes visualisées peuvent être commentées grâce à l'option du menu Plot - Label

Celle-ci permet de placer :

du texte	Text	un rectangle	Box
un segment de droite	Line	un cercle	Circle
plusieurs segments de droite	Polyline	une ellipse	Ellipse
une flèche	Arrow		

9- Impression / Exportation des résultats de simulation

Pour imprimer les courbes visualisées à l'écran de simulation :

- sélectionner l'option File - Print Preview pour prévisualiser l'impression
- si le résultat de la prévisualisation n'est pas celui escompté, modifier la configuration d'impression en choisissant l'option File - Page Setup
- sélectionner ensuite l'option File - Print ou cliquer sur l'icône lorsque le résultat de la prévisualisation est correct. Il est possible d'exporter les résultats graphiques de la simulation (en vue de l'insérer dans un traitement de texte par exemple) en choisissant l'option Window - Copy to clipboard puis en cochant la case « Make window and plot backgrounds transparent ».

10- Exemples de simulation

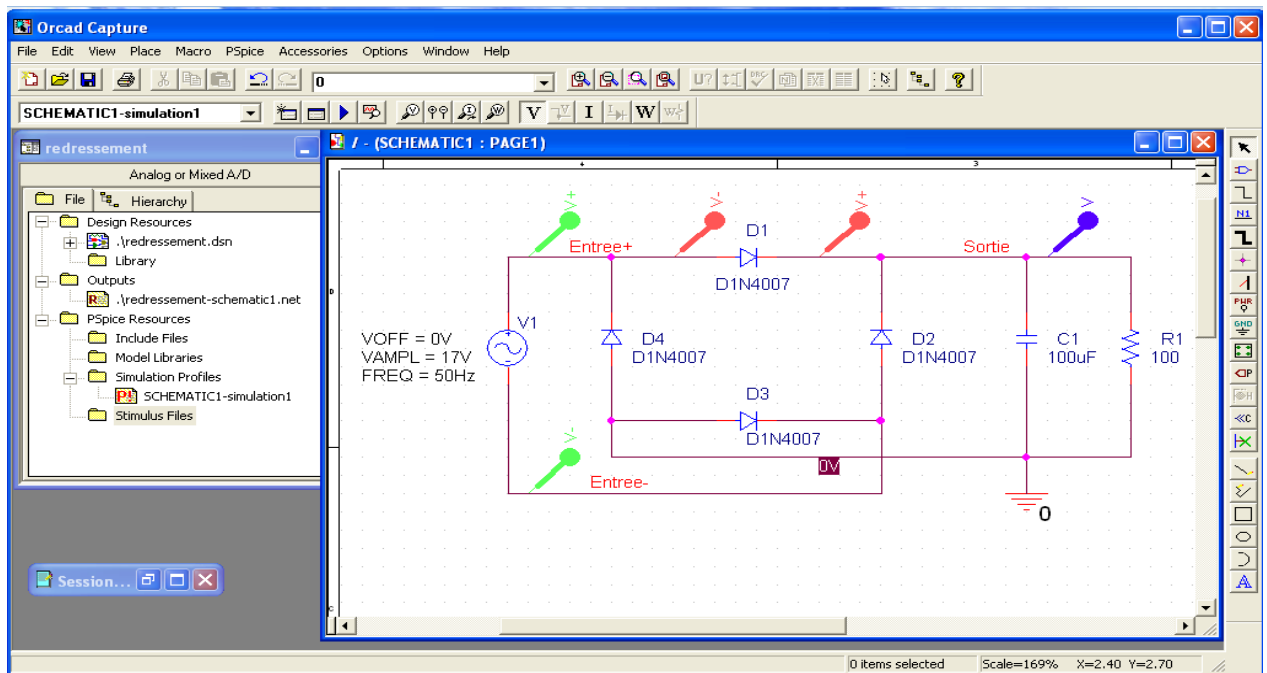
10.1 Analyse temporelle

Une analyse temporelle (Transient ou TRAN) correspond à une simulation en fonction du temps. Les différentes sources utilisables pour effectuer une telle simulation sont :

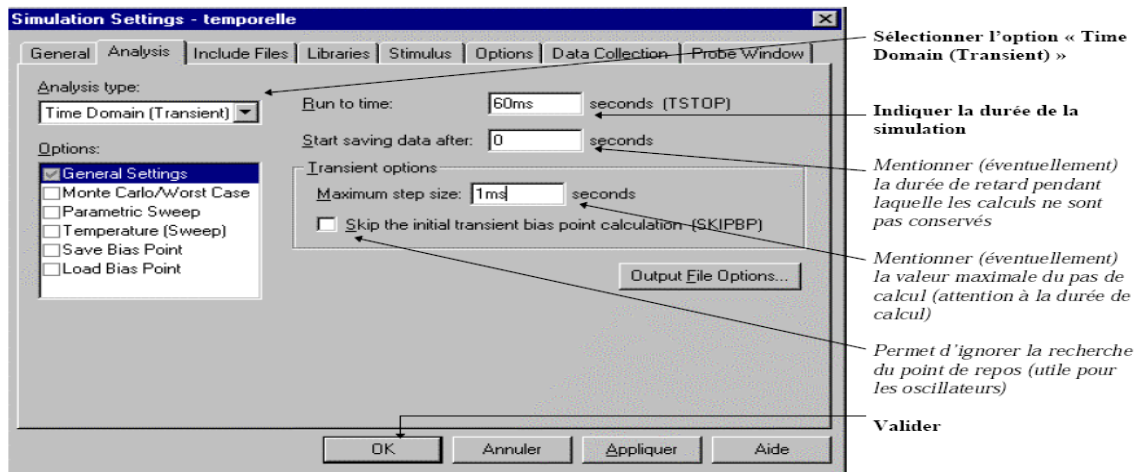
VDC (alimentation continue) VSIN (tension sinusoïdale) VPULSE (tension « rectangulaire »)
VEXP (tension « exponentielle ») VSFFM (tension modulée en fréquence) VPWL (tension définie par segments)
VSTIM (source définie par un stimulus)
ainsi que toutes les sources de courant correspondantes.

Exemple : redressement bialternance

Schéma réalisé sous OrCad Capture :

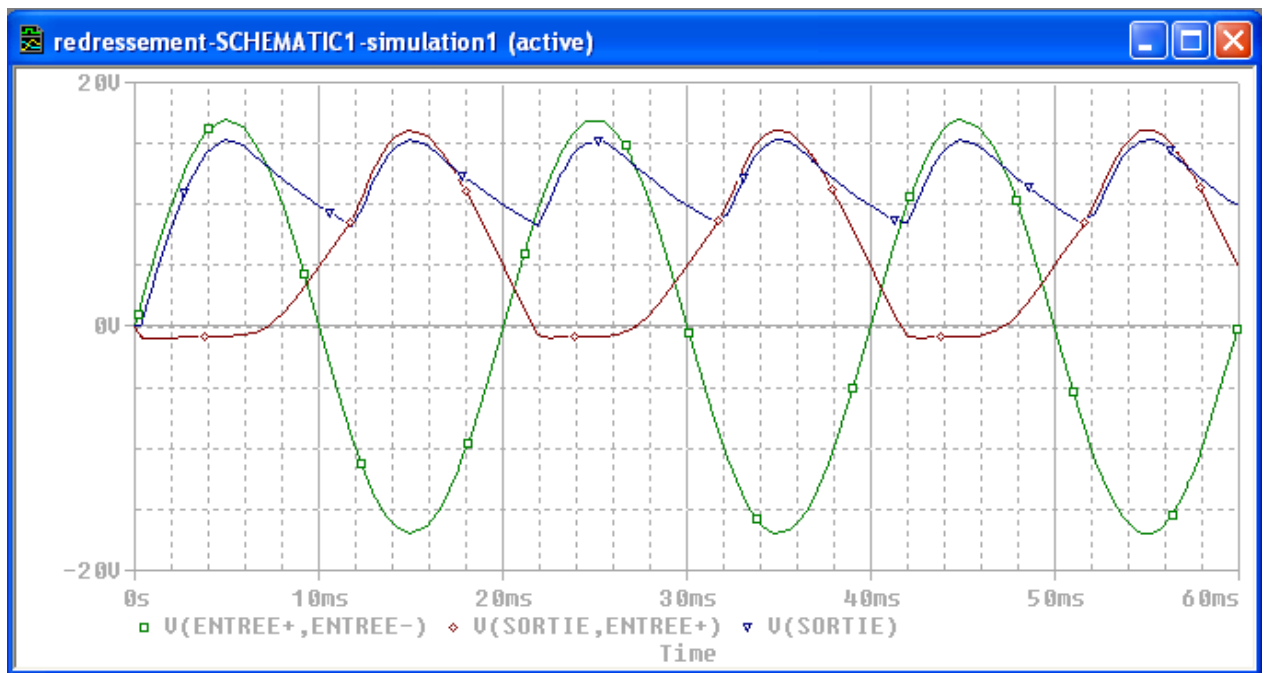


Paramètres de simulation :



Résultats de simulation :

Les signaux repérés par une sonde sur le schéma sont représentés en fonction du temps sur la durée spécifiée :



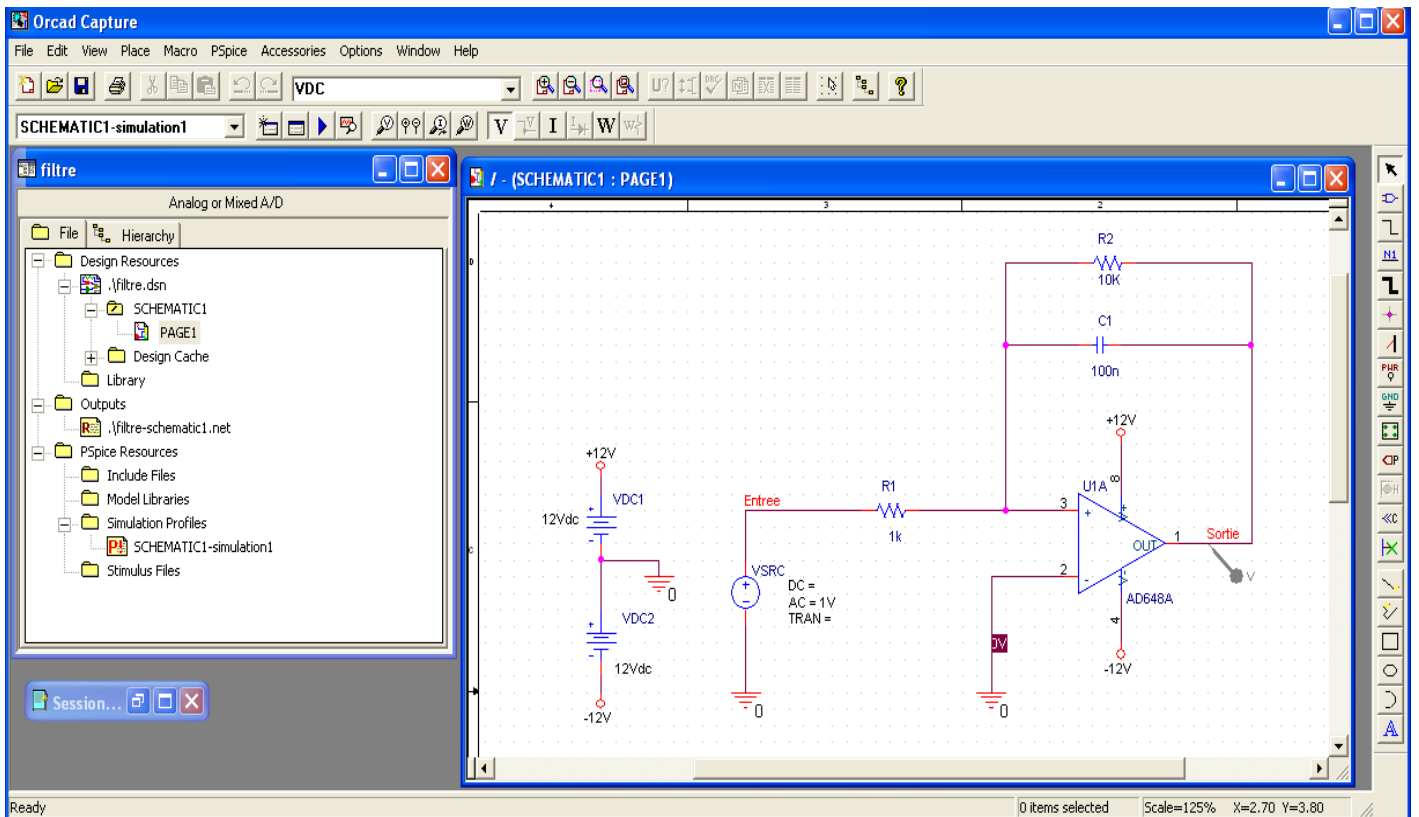
10.2 Analyse fréquentielle

Une analyse fréquentielle (AC Sweep/Noise ou AC) permet d'effectuer une simulation en fonction de la fréquence. Les différentes sources utilisables pour effectuer une telle simulation sont :

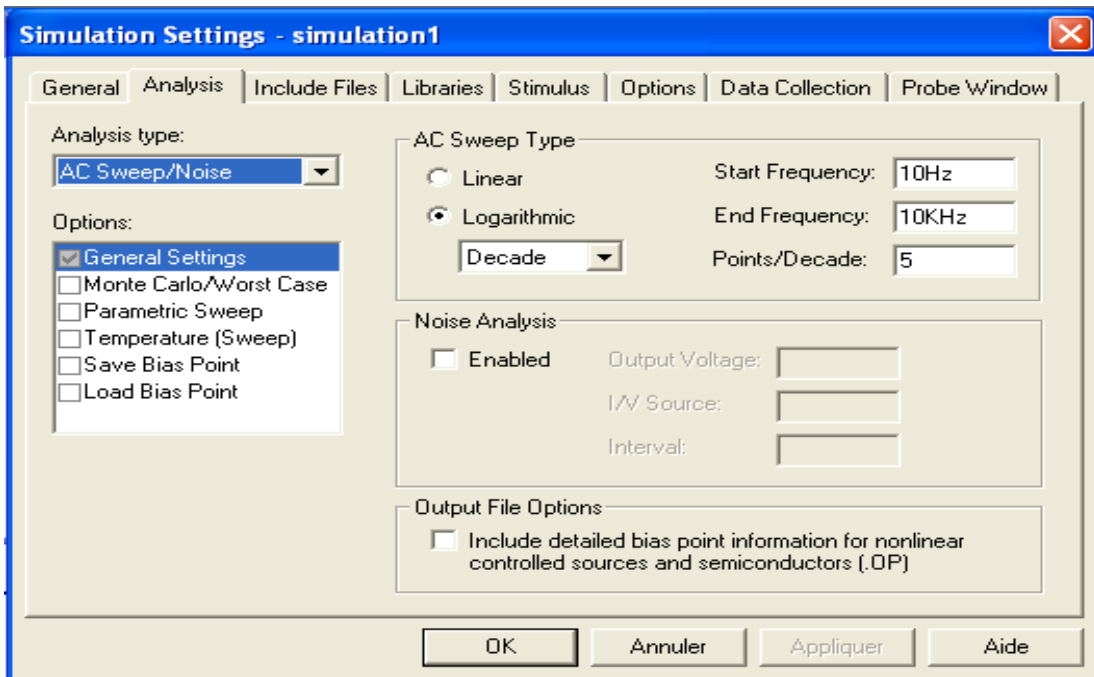
VDC (alimentation continue des circuits) VAC (tension sinusoïdale)
VSIN (tension sinusoïdale) à condition de lui affecter la propriété AC
ainsi que toutes les sources de courant correspondantes.

Exemple : Filtre passe bas actif

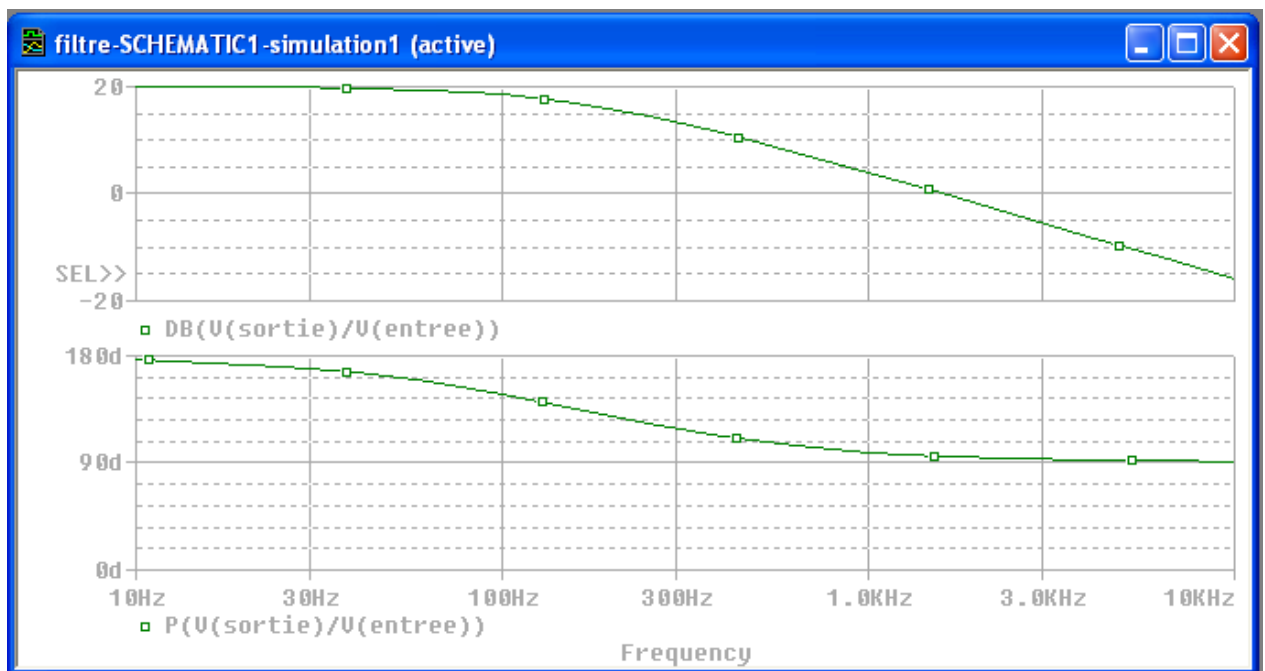
Schéma réalisé sous OrCad Capture :



Paramètres de simulation :



Résultats de simulation :



10.3 Analyse en Continue

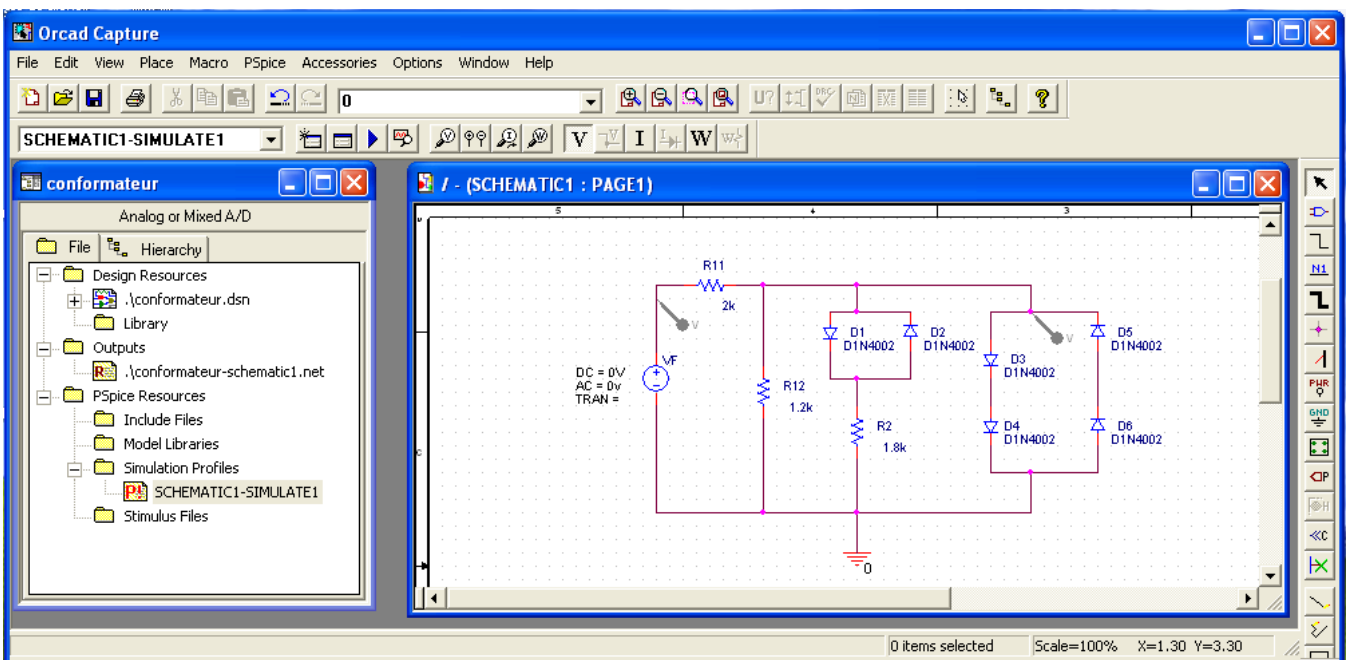
Une analyse continue (DC Sweep ou DC) permet d'effectuer une simulation en fonction d'une grandeur pouvant être :

- une tension
- un courant
- un paramètre global
- un paramètre de modèle de simulation
- la température.

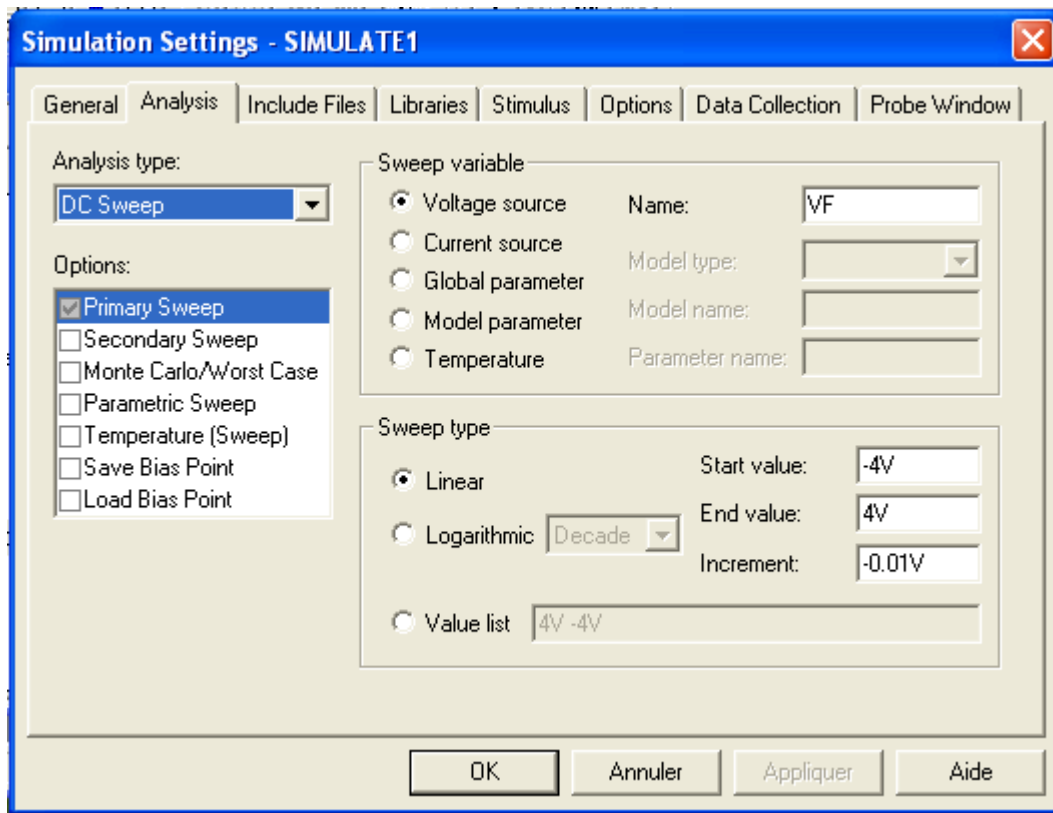
Toutes les sources sont utilisables pour effectuer une telle simulation, cependant, les sources VDC (tension continue) et IDC (courant continu) sont les plus adaptées.

Exemple : Conformateur à diodes

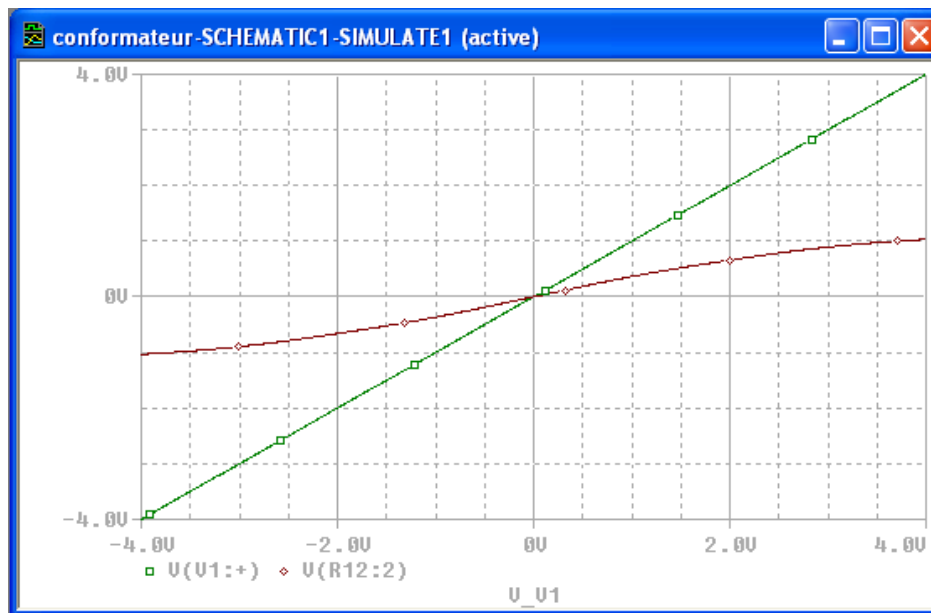
Schéma réalisé sous Orcad Capture :



Paramètres de simulation :



Résultats de simulation :



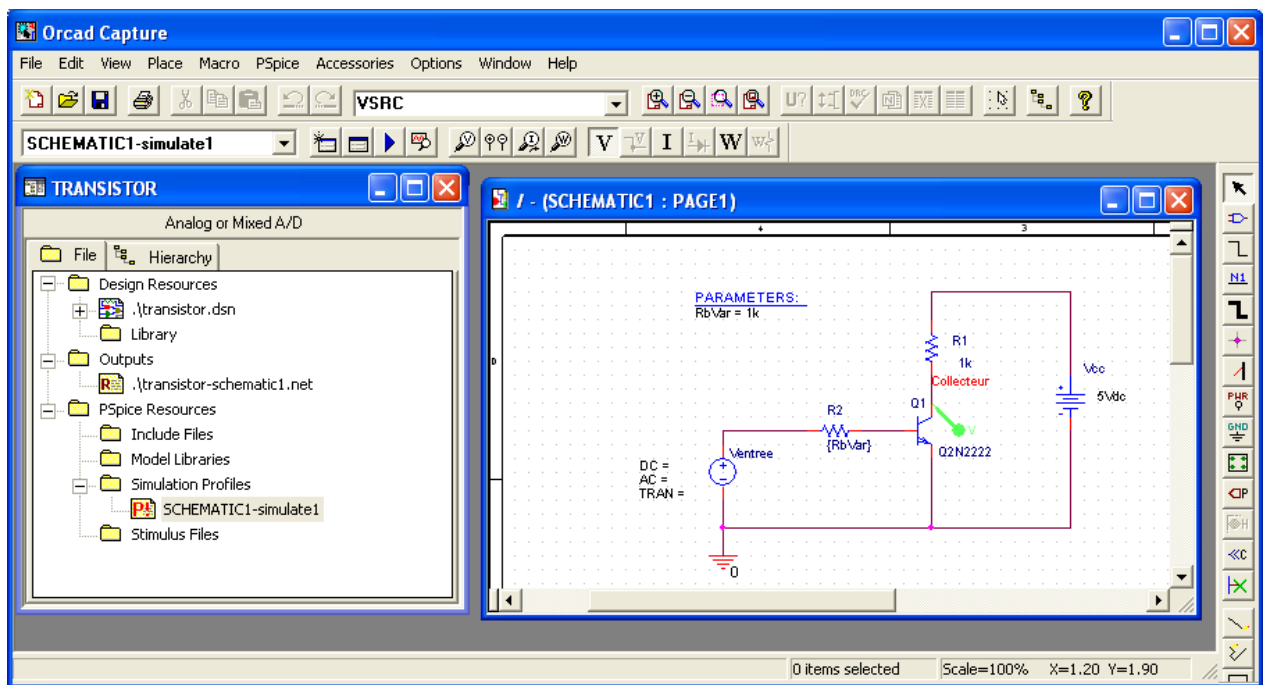
10.4- Analyse paramétrique

Une analyse paramétrique permet d'effectuer une simulation temporelle ou fréquentielle ou continue avec en plus la variation d'une grandeur pouvant être :

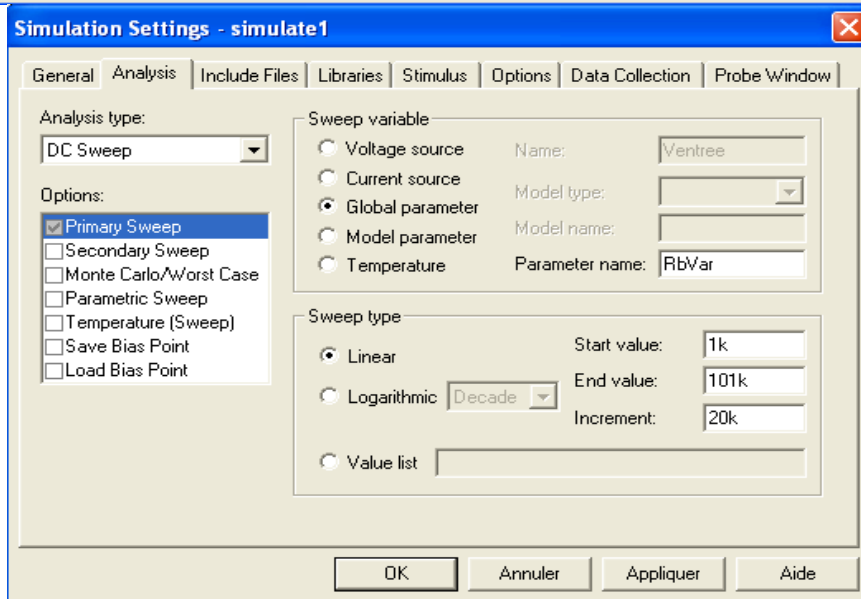
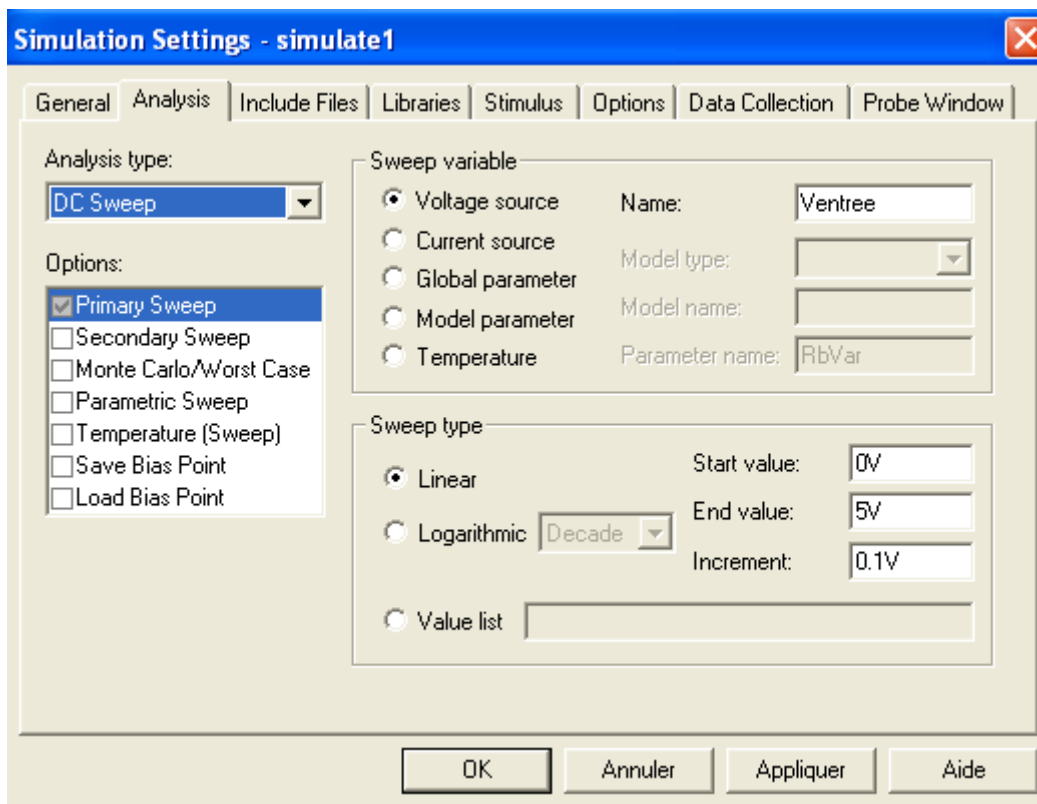
- une tension
- un courant
- un paramètre global
- un paramètre de modèle de simulation
- la température.

Exemple : Tracé d'une caractéristique de transistor.

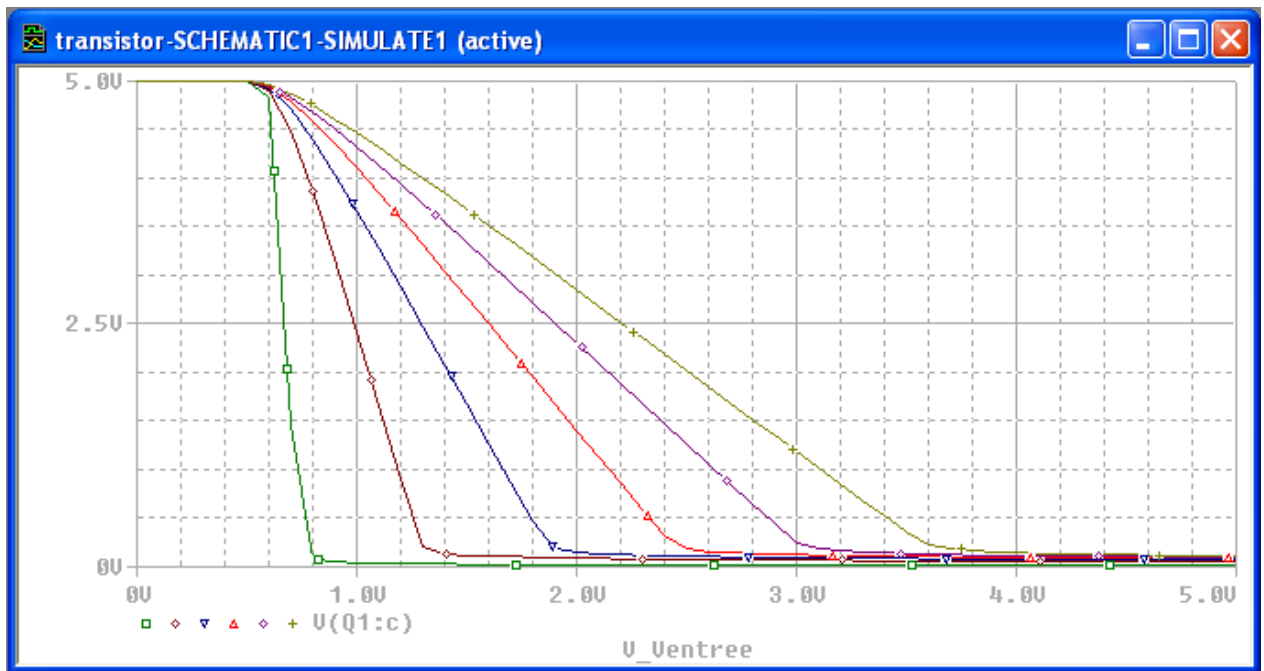
Schéma réalisé sous OrCad Capture :



Paramètres de simulation :



Résultats de simulation :



10.5- Simulation logique et analyse temporelle

Une simulation logique correspond à une analyse temporelle de circuits logiques.

Les différentes sources utilisables (accessibles dans la librairie « SOURCESTM.OLB ») pour effectuer une telle simulation sont :

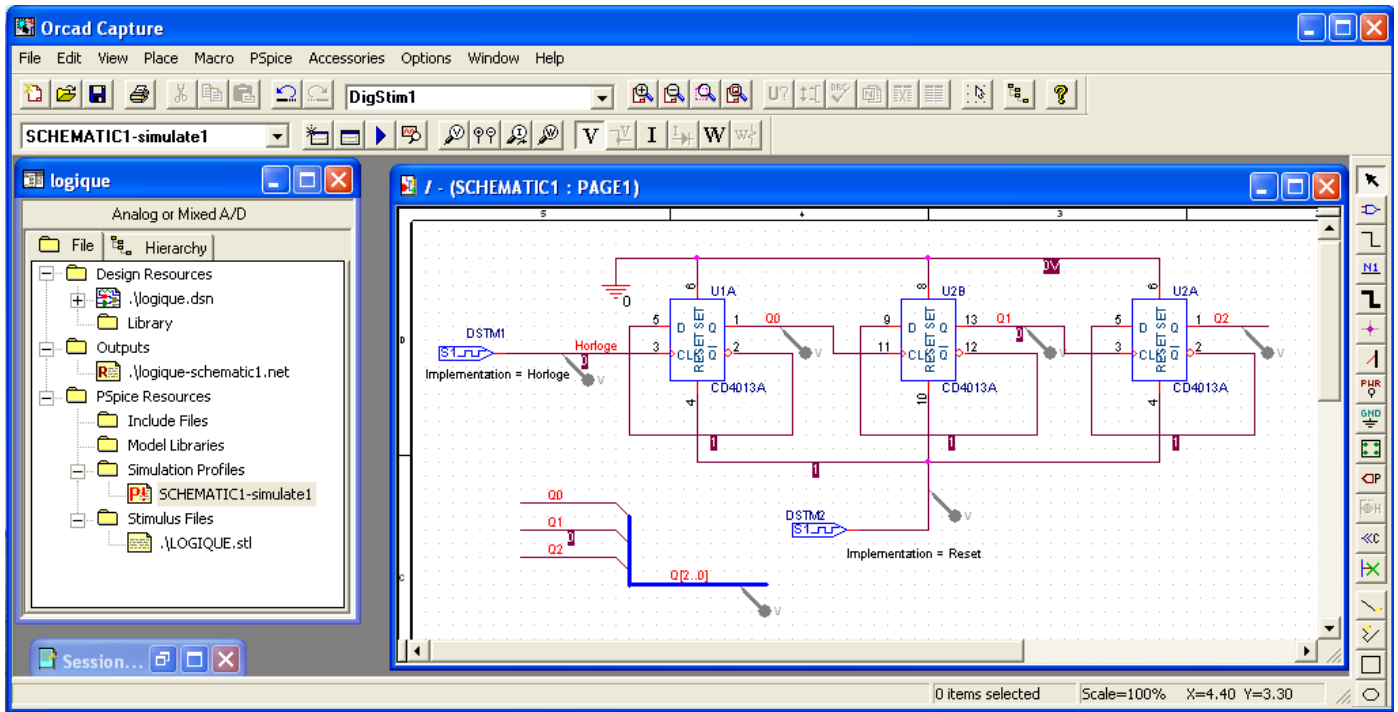
- DSTIM1 (Digital Stimulus) pour un signal d'entrée isolé
- DSTIMxx (Digital Stimulus) avec xx =4, 8, 16 ou 32 pour des signaux d'entrée regroupés en bus

Remarques :

- l'alimentation par défaut des circuits logiques est égale à 5V ;
- les entrées de circuits câblés à la masse peuvent l'être grâce aux symboles accessibles par l'icône Ground

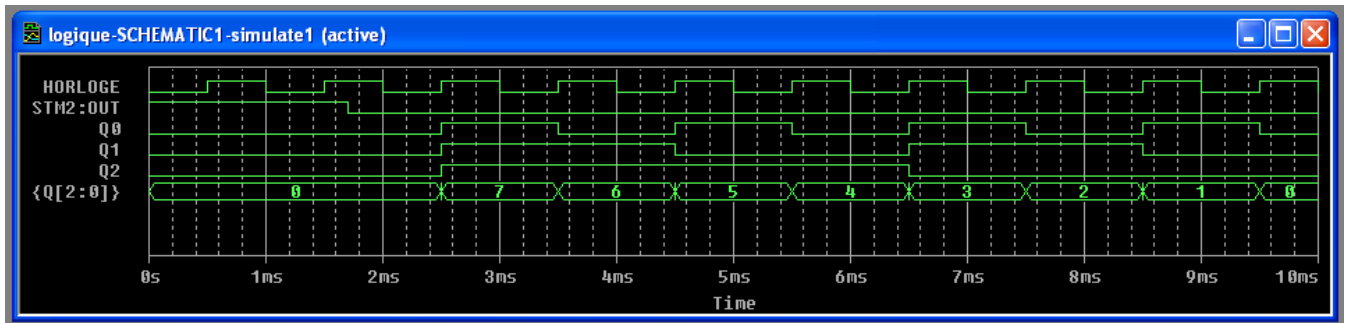
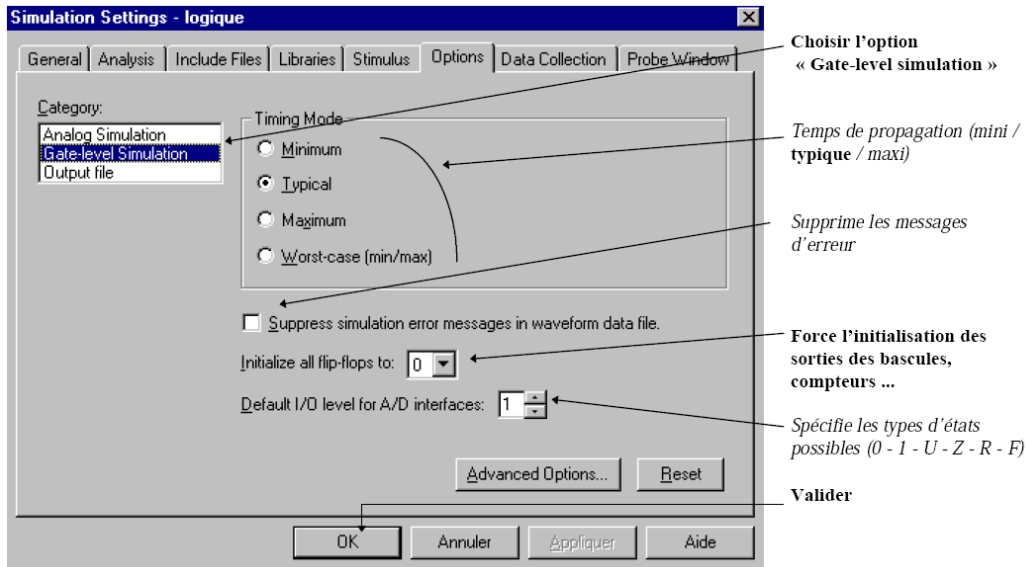
Exemple : réalisation d'un décompteur asynchrone

Schéma réalisé sous OrCad Capture :



Paramètres de simulation :

Les paramètres correspondent à ceux d'une analyse temporelle :



Simulation logique en temps Min, en temps Typique, en temps Max ou en temps Min/Max :

La simulation temporelle des systèmes logique exploite la librairie des modèles PSPICE de tous les composants qui figurent dans ce système. Les données qui figurent dans ces modèles sont établies à partir des datasheet des composants fournis par le constructeur.

Chaque modèle est composé de deux parties :

- une première partie qui décrit la fonctionnalité du composant
- une deuxième partie qui décrit les paramètres temporels du composant qui sont fournis par le constructeur du composant.

Exemple1 : extraits du datasheet relatif au circuit 7400 (composant combinatoire) :

SN5404 . . . J PACKAGE
SN54LS04, SN54S04 . . . J OR W PACKAGE
SN7404, SN74S04 . . . D, N, OR NS PACKAGE
SN74LS04 . . . D, DB, N, OR NS PACKAGE
(TOP VIEW)

FUNCTION TABLE
(each inverter)

INPUT A	OUTPUT Y
H	L
L	H

logic diagram (positive logic)

$Y = \overline{A}$

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	SN5404 SN7404			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
t_{PLH}	A	Y	$R_L = 400\ \Omega$, $C_L = 15\text{ pF}$	12	22	ns	
t_{PHL}				8	15		

Exemple2 : extraits du datasheet relatif au circuit 7474 (composant séquentiel) :

SN5474 . . . J PACKAGE
SN54LS74A, SN54S74 . . . J OR W PACKAGE
SN7474 . . . N PACKAGE
SN74LS74A, SN74S74 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
PRE	CLR	CLK	D	Q	Q-bar
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H [†]	H [†]
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q ₀	Q ₀ -bar

logic diagram (positive logic)

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see note 3)

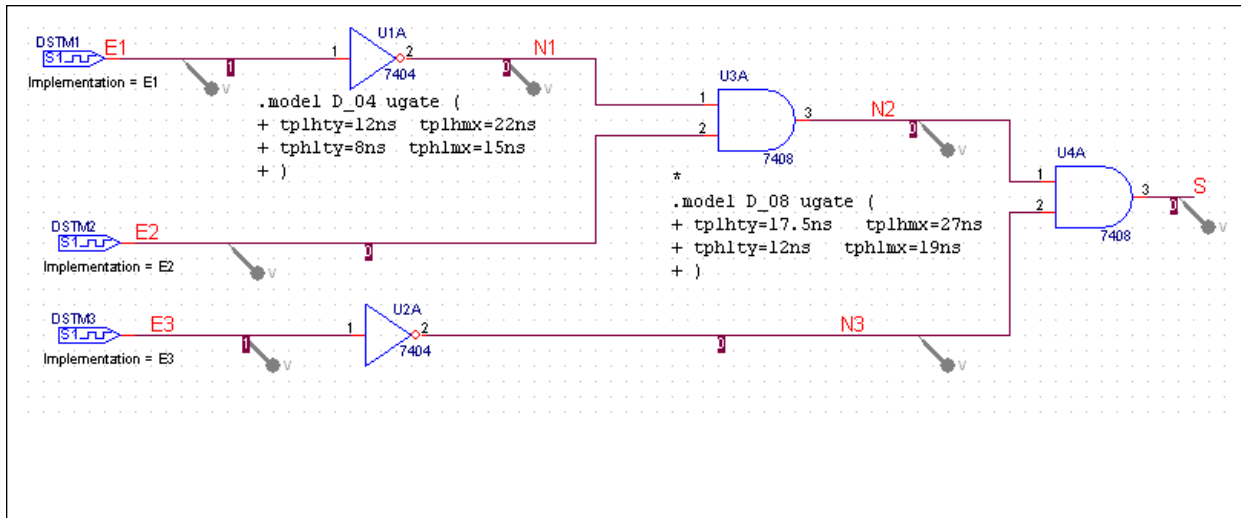
PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max}			$R_L = 400\ \Omega$, $C_L = 15\text{ pF}$	15	25		MHz
t_{PLH}	PRE or CLR	Q or Q-bar				25	ns
t_{PHL}						40	ns
t_{PLH}	CLK	Q or Q-bar			14	25	ns
t_{PHL}						20	40

recommended operating conditions

		SN5474			SN7474			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V _{IL}	Low-level input voltage	0.8			0.8			V
I _{OH}	High-level output current	-0.4			-0.4			mA
I _{OL}	Low-level output current	16			16			mA
t _w	Pulse duration	CLK high	30		30			ns
		CLK low	37		37			
		PRE or CLR low	30		30			
t _{SU}	Input setup time before CLK †	20			20			ns
t _H	Input hold time-data after CLK †	5			5			ns
T _A	Operating free-air temperature	-55	125		0	70		°C

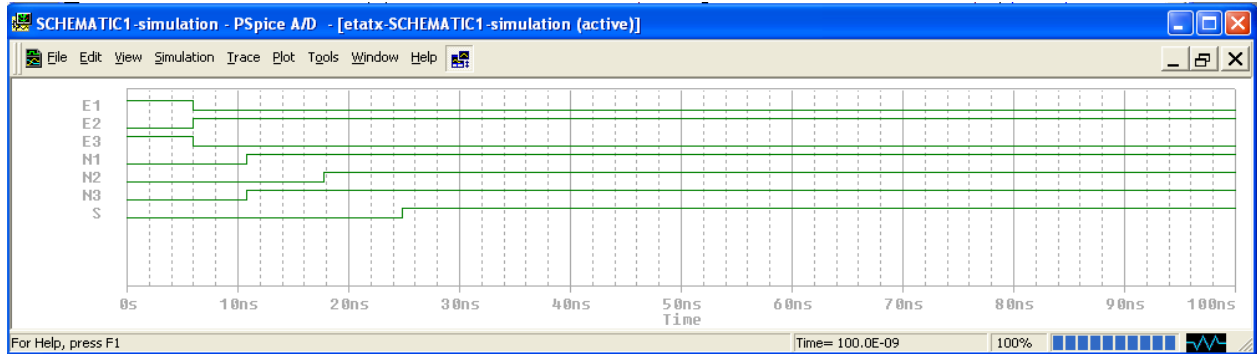
Exemples de simulation

Soit un système combinatoire à trois entrées (E1, E2, E3), une sortie S et trois nœuds internes (N1, N2, N3) :

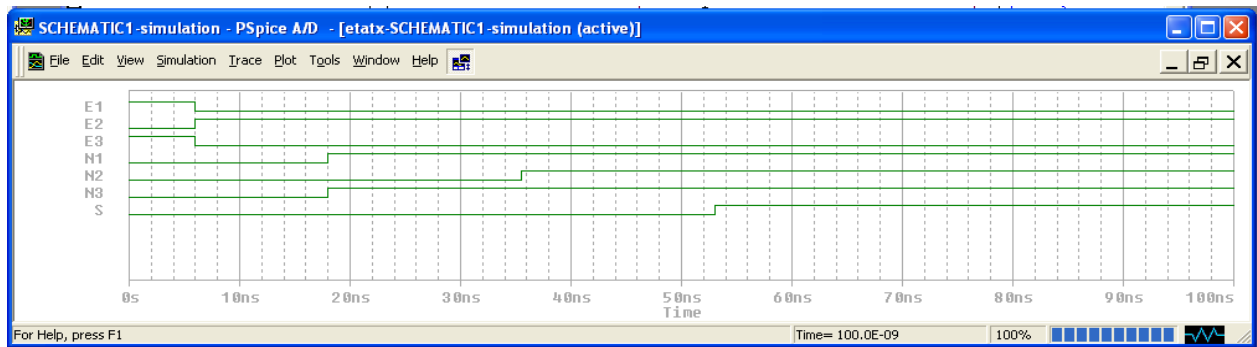


On Applique sur ce système quatre simulations logiques en temps Min, en temps Typique, en temps Max ou en temps Min/Max :

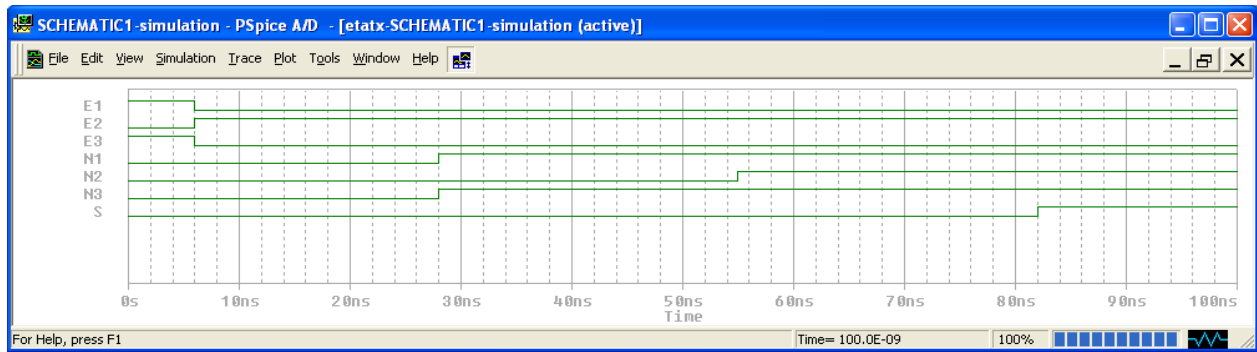
Résultats de la Simulation en temps Min



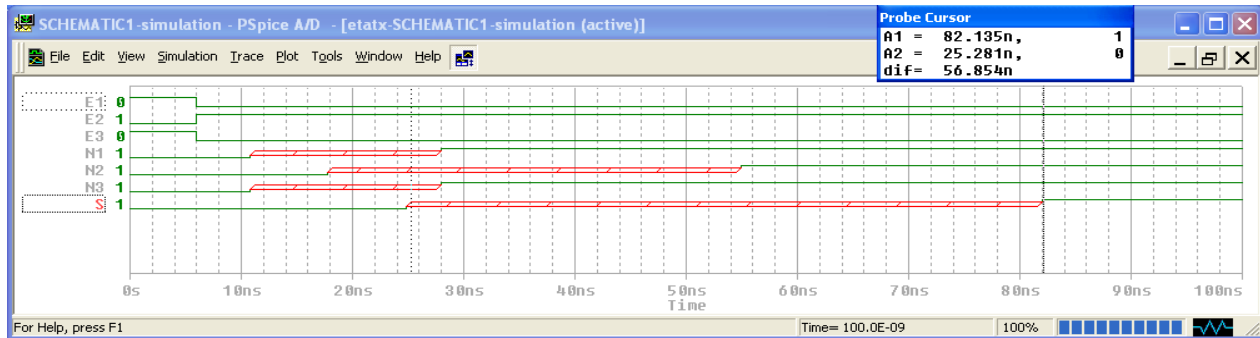
Résultats de la Simulation en temps Typique



Résultats de la Simulation en temps Max



Résultats de la Simulation en temps Min/Max



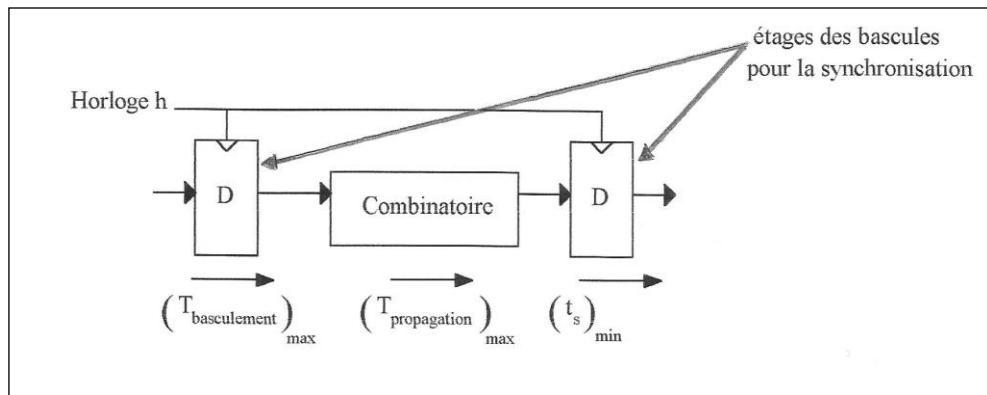
On constate que c'est uniquement la simulation en temps Min/max qui met en évidence la présence d'états indéterminés entre les instants 25ns et 82ns au niveau de la sortie S.

Notion de fréquence maximale (période minimale) de fonctionnement

Un système logique est décomposé en plusieurs ' chemins temporels', dans chacun de ces chemins on calcul la période minimale de fonctionnement $T_{h_{min}}$. La période minimale de fonctionnement de tous le système est donnée alors par la valeurs maximale de tous les $T_{h_{min}}$ calculées :

$$T_{min} = \text{Max}(T_{h_{min}})$$

Chaque chemin temporel est composé de la structure suivante :



$T_{h_{min}}$ est alors calculée selon la règle suivante :

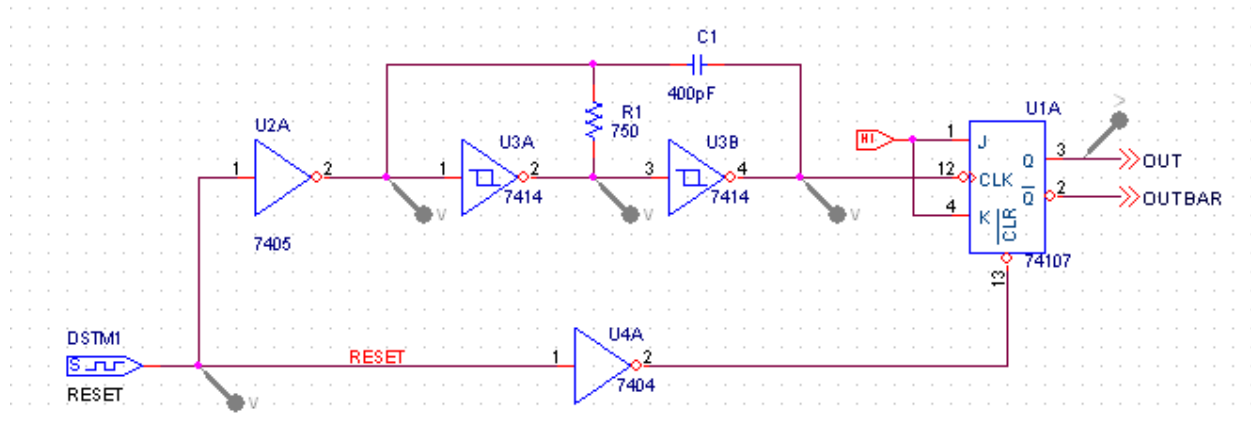
$$(T_h)_{min} = (T_{basculement})_{max} + (T_{propagation})_{max} + (t_s)_{min}$$

10.6- Simulation analogique / digitale

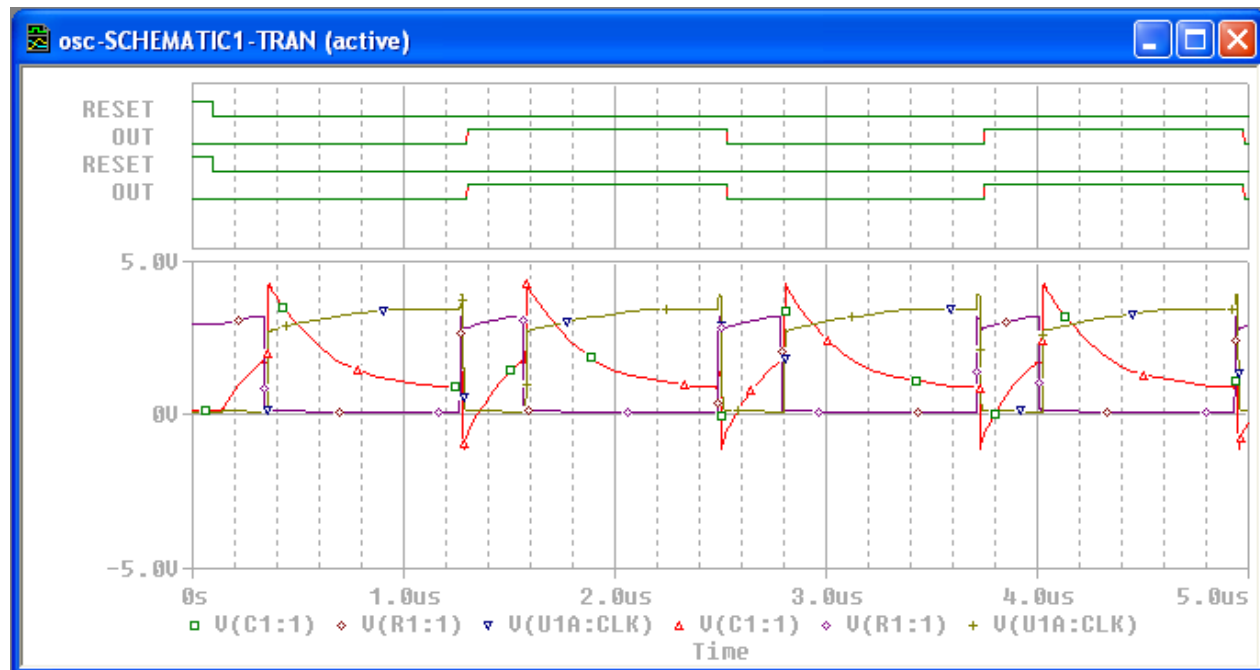
Chargez le schéma PAGE1 dans le projet OSC.OPJ situé dans le sous répertoire :

.....\Orcad Demo\Pspice\Samples\Mixsim\Osc\Osc.OPJ

Double-cliquez sur PAGE1 dans la racine OSC de Design Resources.



Puis lancez la simulation à l'aide de PSpice/Run



Commentaires sur la simulation Mixte :

- Alimentations

Les alimentations des composants numériques n'apparaissent pas sur le schéma et leur définition est optionnelle. Par défaut les éléments CMOS et TTL sont alimentés en 5V.

- Construction du schéma

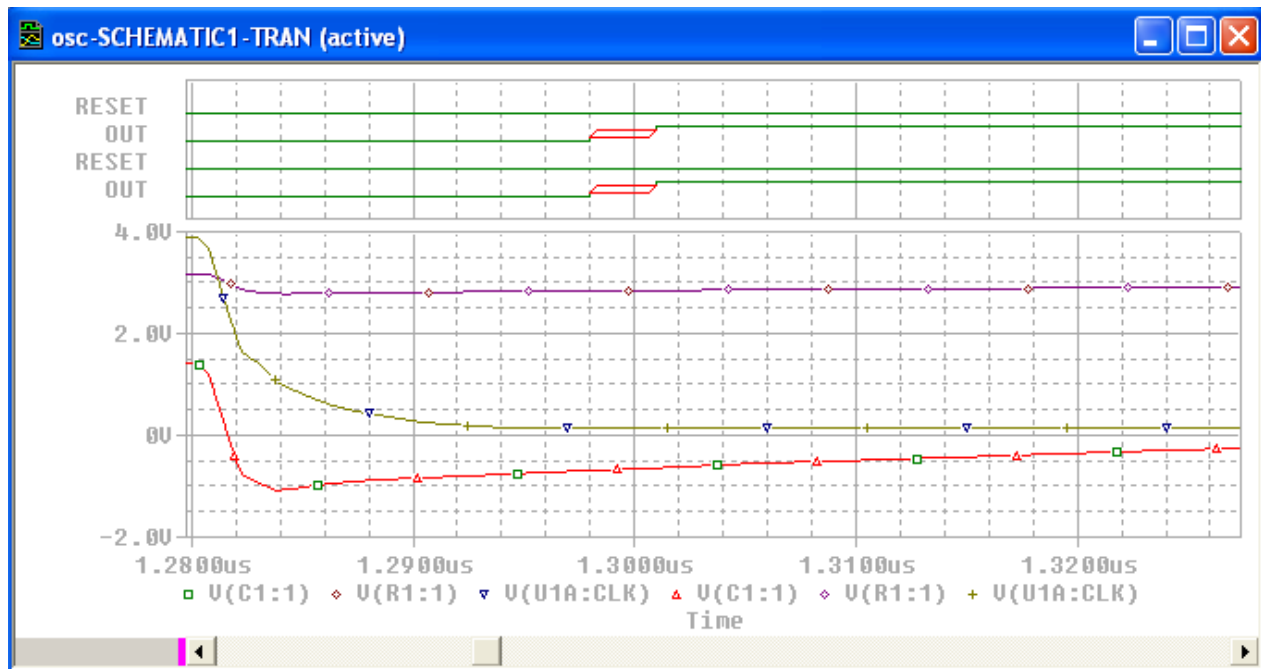
La construction d'un schéma mixte s'effectue exactement de la même manière qu'un schéma analogique, et ne nécessite aucun paramétrage particulier.

- Affichage des résultats

L'affichage des signaux numériques et analogiques s'effectue simultanément dans PSpice A/D. Tous les signaux appartenant à une équipotentielle en liaison directe avec un élément purement analogique (Résistance, Transistor, Condensateur...), sont traités comme des signaux analogiques. Ceux qui ne sont pas en contact avec des éléments analogiques, en l'occurrence RESET et OUT, sont considérés comme digitaux.

Remarque : pour transformer OUT en un signal analogique il suffit de placer une résistance entre la sortie de la bascule JK et la masse.

Par ailleurs en effectuant un zoom sur les transitions du signal OUT, on constatera la modélisation et la représentation par PSpice des états R (Rise) et F (Fall) qui sont définis comme étant des phases de passage de l'état logique '0' vers '1' et inversement – phases durant lesquelles le signal est dans une plage d'indétermination.



10.7- Optimisation analogique

Introduction :

OPTIMIZER est un outil destiné à améliorer les performances d'un circuit électronique. OPTIMIZER réalise des simulations répétitives du circuit en ajustant les valeurs des composants jusqu'à ce que les performances demandées soient atteintes. Mais attention : Optimizer ne pourra jamais améliorer un système qui ne fonctionne pas !

Les différents problèmes d'optimisation :

- **Minimisation sans contrainte**

But : réduire la valeur d'une seule fonction.

Exemple : minimiser l'impédance de sortie d'un amplificateur.

- **Minimisation avec contraintes**

But : Réduire la valeur d'une fonction en respectant une ou plusieurs contraintes.

Exemple : Augmenter le gain d'un amplificateur tout en réduisant le plus possible la puissance consommée.

Exemple1 :

Cet exemple nommé DIODEX.OPJ peut-être chargé depuis le sous-répertoire ...Samples\Optimize\Diodes\

Le but de cet exemple est d'agir sur la résistance R1 pour optimiser le courant circulant dans la diode en le fixant à 1ma (Etude statique : V1=5V). Cet objectif est soumis à une contrainte de puissance dissipée ; la puissance dissipée par R1 doit être supérieure à 4mW.

Démarche de l'optimisation :

- **ETAPE 1** : préparation du schéma

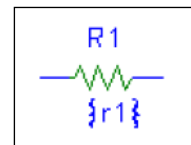
Cette étape consiste à indiquer sur le schéma, les composants que OPTIMIZER est autorisé à faire varier et dans quelle proportion.

- **ETAPE 2** : spécification des buts et contraintes

ETAPE 1

A) Concevoir un système opérationnel.

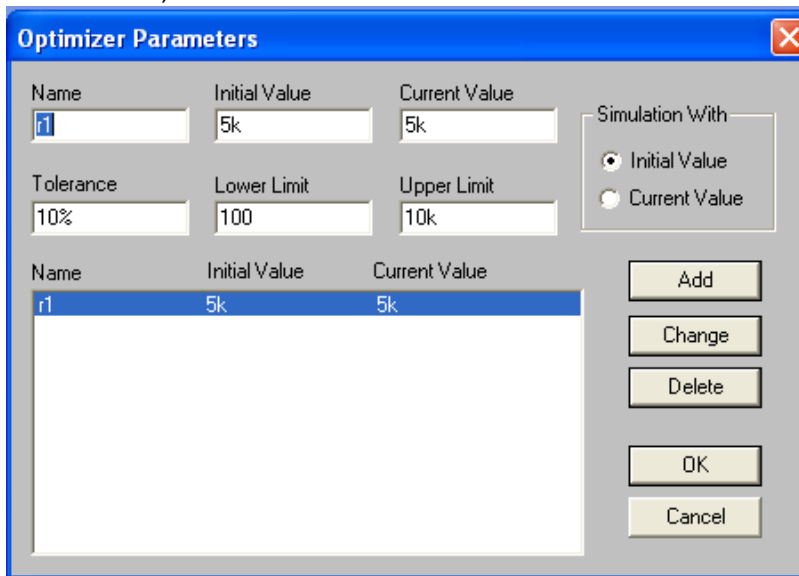
B) Remplacer les valeurs des composants à optimiser par une variable :



C) Placer sur le schéma le symbole OPTPARAM dans PSpice/Place Optimizer Parameters et y déclarer le nom et la plage de variation de chaque composant :

```
OPTIMIZER PARAMETERS:  
Name      Initial      Current
```

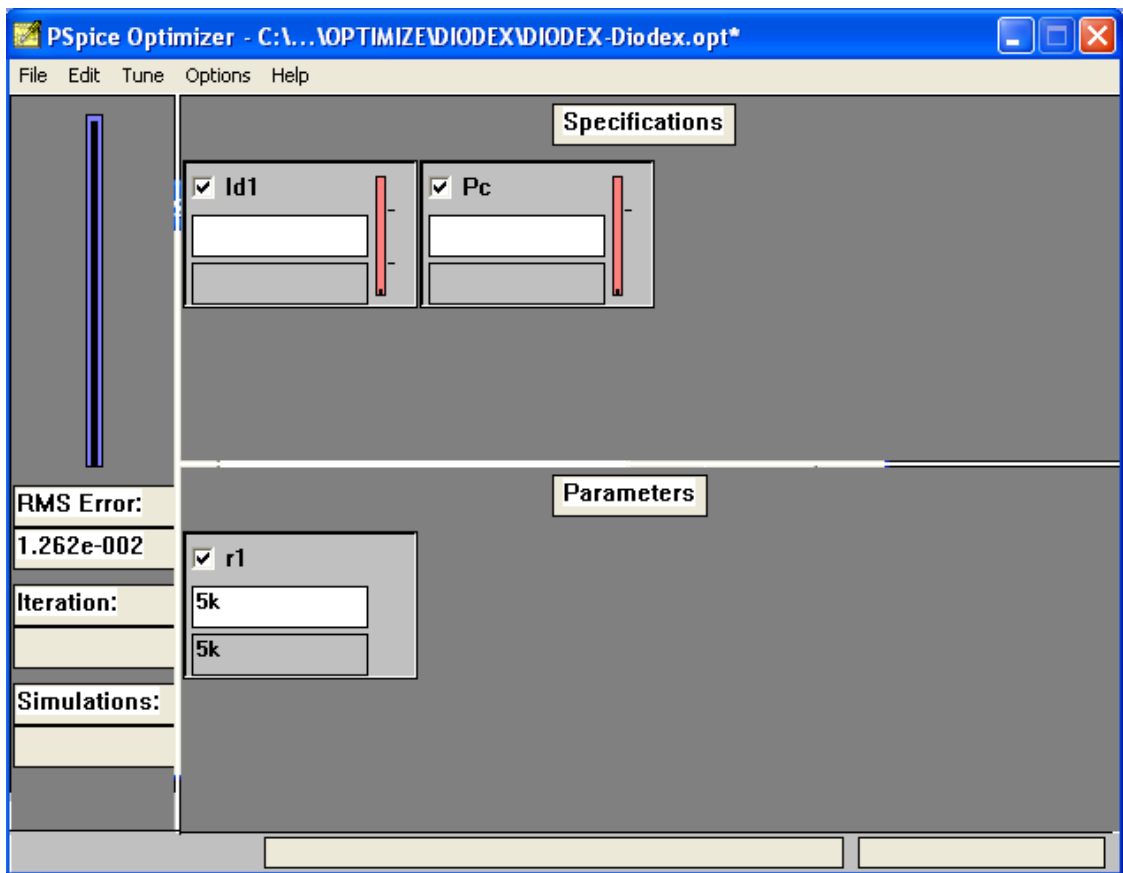
D) Accédez par un double click à la configuration de OPTPARAM et précisez pour chacun des paramètres : le nom, la valeur initiale, la valeur courante, et les valeurs min/max.



E) Configurez la simulation (voir PSpice/Edit Simulation Setting).

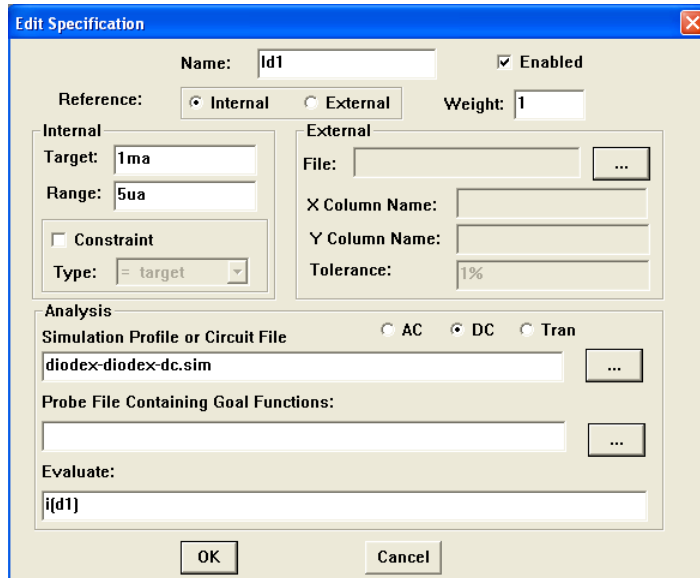
Vérifiez que la simulation est une DC SWEEP avec Voltage source = V1 et Value List = 5V

F) Lancez OPTIMIZER à l'aide de PSpice/Run Optimizer.



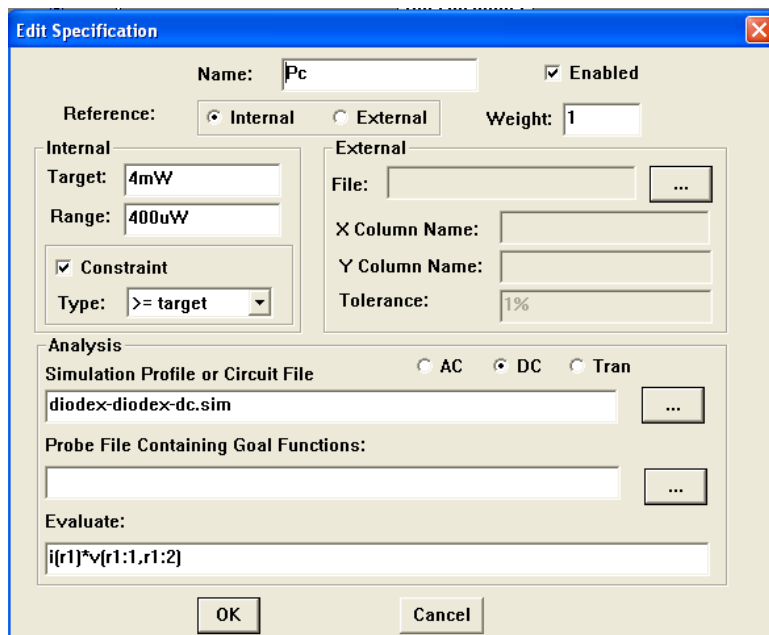
La zone PARAMETERS : regroupe les valeurs des paramètres définis sur la saisie de schémas.

La zone SPECIFICATIONS : regroupe les buts et contraintes. Dans cet exemple, l'objectif courant Id1 et la contrainte dissipation thermique Pc ont déjà été définis. Pour accéder à la spécification Id1, entrer dans Edit/Spécifications... puis sélectionner Id1 et Change.



- Target : Valeur finale à atteindre pour le courant dans la diode.
- Constraint : Permet d'indiquer s'il s'agit d'un but ou d'une contrainte.
- Analysis : Type d'analyse sur laquelle portera l'optimisation.
- Circuit File : Nom du schéma, du fichier circuit sur lequel porte l'optimisation.
- Evaluate : Grandeur à optimiser.

Pour accéder à la spécification Pc, entrer dans Edit/Spécifications... puis sélectionner Pc et Change.



PROCESSUS D'OPTIMISATION :

Celui-ci est complètement automatique et s'active à l'aide de la commande : Tune/Auto/Start.

A la fin du processus, OPTIMIZER est en mesure d'arrondir les valeurs de composants (Edit/Round Nearest) aux valeurs normalisées les plus proches (en fonction des tolérances indiquées dans le symbole OPTPARAM). La fonction Tune/UpdatePerformance, permettra alors de contrôler que les spécifications demandées sont encore atteintes avec ces nouvelles valeurs. Enfin la commande Edit/Update Schematic, met à jour le schéma : le champ Current Value du symbole OPTPARAM de tous les composants, est automatiquement modifié. Tune/Show Derivates permet d'accéder à la matrice Jacobienne du système à optimiser.

Nous obtenons alors le résultat suivant :

