

# **PSPICE**

**PSPICE** est un logiciel de simulation de fonctionnement de circuits électriques, initialement analogiques puis numériques ou mixtes. Il est issu du logiciel SPICE développé en FORTRAN en 1970 par D OPPERSON et L W NAGEL à l'université de Berkeley. Depuis cette époque si le cœur du logiciel a peu varié il n'en est pas de même de son environnement. SPICE avait une interface de type texte et le résultat des simulations était sous forme de grands tableaux de chiffres imprimés sur de longs listings déroulés dans le crépitement des télétypes..

Aujourd'hui tombé dans le domaine public, SPICE a donné naissance à de nombreuses versions commerciales tournant sur stations ou sur PC , nous citerons **PSPICE** de **MICROSIM**, **HSPICE** sur station de travail ,**ISPICE** , et **SMASH** qui toutes ont le même moteur de base.

Pendant plus de 10 ans **PSPICE** a été commercialisé par la société **MICROSIM** et les versions se sont succédées fonctionnant d'abord sous DOS (jusqu'à la version 5) puis sous Windows. La version 7.1 que nous utiliserons ici est l'avant dernière., depuis 1999 **MICROSIM** a été racheté par le groupe **ORCAD** grand spécialiste des logiciels de simulation sur PC .La version **ORCAD PSPICE V9** à des performances semblables à 7.1 ou 8 mais un environnement différent. En particulier la saisie de schémas est différente du **SCHEMATIC** de **MICROSIM** et à mon avis bien moins conviviale .

**PSPICE** est un logiciel coûteux , de 10 à 100kF suivant les versions et les conditions financières consenties , mais il existe une version d'évaluation intelligente qui possède la quasi totalité des fonctionnalités du produit complet , les limitations portant seulement sur le nombre de composants disponibles en librairie et le nombre de nœuds du circuit. Cette version permet de placer au maximum 25 composants dont 10 transistors, deux ampli op et est suffisante la plupart du temps pour les besoins pédagogiques. Elle permet en particulier d'étudier les propriétés des circuits de base passifs et actifs qui sont décrits dans un cours. Ceci apparaîtra plus clairement dans les exemples qui vont suivre.

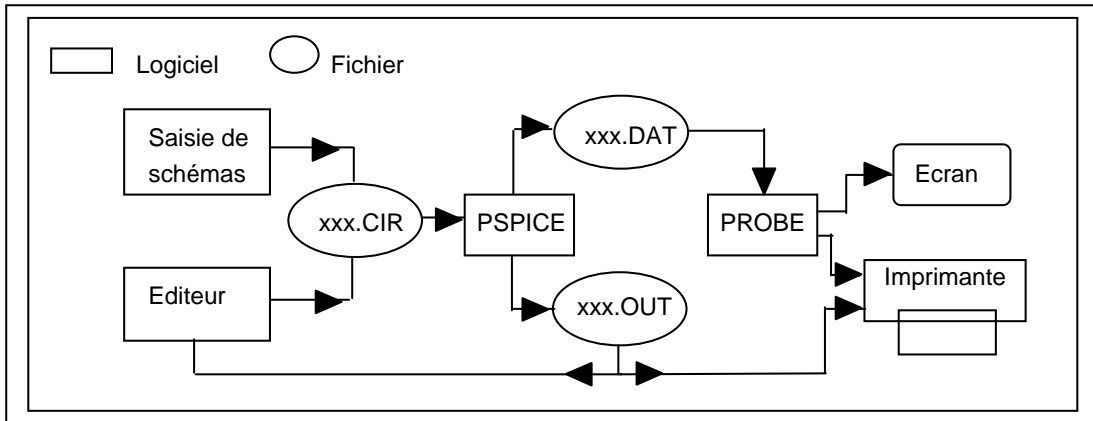
## **I L'Essentiel**

Pour simuler le fonctionnement d'un circuit électrique ,analogique pour le moment, plusieurs étapes sont nécessaires :

- 1 Une description du circuit, les composants qui le constituent et leurs interconnexions. Ceci fait l'objet d'un fichier texte xxxx.CIR qui est soit écrit par l'utilisateur grâce à un quelconque éditeur de texte , soit construit automatiquement par le logiciel à partir d'un schéma tracé sur l'écran en utilisant un programme spécialisé de saisie qui dans le cas de **PSPICE 7.1** ( ou 8 ) s'appelle **SCHEMATIC**.
- 2 Une description des sources de tensions et courant qui sont reliées au circuit, alimentations et signaux d'excitation (**STIMULI** ) .Dans les versions DOS cette description est également contenue dans le fichier. CIR précédent.
- 3 Le calcul de la réponse du circuit par le logiciel **SPICE** proprement dit. Plusieurs types de simulation sont possibles nous les décrirons plus loin.

- 4 L'exploitation des résultats. Le temps des longs listings est révolu, les résultats sont présentés à l'écran sous forme de courbes multicolores.  
(\*) 1999
- 5 Pour la version MICROSIM le logiciel chargé de cette tâche s'appelle PROBE .

La figure suivante illustre la répartition du travail entre ces différents éléments logiciels.



## 1. La description du circuit

Un circuit électrique est constitué par des composants placés entre les nœuds d'un réseau. Pour décrire sa structure il suffit de définir le contenu de chaque branche. Dans PSPICE chaque nœud porte un numéro ( ce peut aussi être un nom ) défini par l'utilisateur ou attribué automatiquement par le logiciel de saisie de schéma. L'un de ces nœuds est la masse GND (ou AGND) qui porte obligatoirement le numéro 0 .

Le fichier de description (NETLIST) réserve une ligne pour chaque branche, cette ligne débute par une lettre caractéristique du composant, R pour résistance, C pour condensateur etc.. (tableau ci joint) suivi d'un numéro (ou de lettres) indiquant le N° du composant. Suivent les nœuds auxquels est attaché le composant (pour un composant ayant plus de 2 accès plusieurs nœuds peuvent figurer dans un ordre bien précis qui dépend du composant. Le tableau ci dessous précise cet ordre dans chaque cas. La ligne se termine par la valeur du composant ou sa désignation précise s'il s'agit d'un composant actif .

Par exemple

R4 1 2 1k

décrit une résistance nommée R4 de valeur 1000Ω placée entre les nœuds 1 et 2 .

Lorsque l'on utilise la saisie de schémas chaque composant se voit attribuer un sens, les deux extrémités d'une résistance sont par exemple notées R1 :1 et R1 :2, par une logique qui n'est pas toujours évidente pour l'utilisateur.

Autre exemple :

Q1 4 5 6 Q2N2222

Désigne un transistor bipolaire (lettre caractéristique Q) nommé Q1 dont Collecteur Base et Emetteur sont placés sur les nœuds 4 5 et 6, ce transistor étant un 2N2222.

Pour la valeur du composant , il n'est pas nécessaire de préciser l'unité, elle est connue par le programme dès que le type de composant est précisé. Une lettre , H pour Henry, F pour Farad etc ; est acceptée mais ignorée, ainsi :

C3 6 7 1nF est un condensateur de 1nF placé entre les nœuds 6 et 7 , mais cette ligne est équivalente à :

C3 6 7 1n

Ou même :

C3 6 7 1nH (le H qui est une erreur est négligé )

Modèle	Lettre caractéristique	ordre de broches	Composant
CAP	C		Condensateur
IND	L		Inductance-self
RES	R		Résistance
D	D	A K	Diode
NPN	Q	C B E	Transistor bipolaire NPN
PNP	Q	C B E	Transistor bipolaire PNP
LPNP	Q	C B E	Transistor bipolaire PNP latéral
NJF	J	D G S	TEC à jonction canal N
PJF	J	D G S	TEC à jonction canal P
NMOS	M	D G S	MOS N
PMOS	M	D G S	MOS P
GASFET	B	D G S	TEC AsGa
CORE	K		Noyau non linéaire
VSWITCH	S		Commutateur commandé par V
ISWITCH	W		Commutateur commandé par I

Chaque composant à un comportement spécifique qui est décrit par quelques paramètres ( gains, coefficients de température ...) Ces données sont incluses dans un modèle placé dans des BIBLIOTHEQUES .Les modèles ont dans chaque cas un nom qui est précisé dans le tableau ci dessus .

Les valeurs des composants utilisent les notations ci contre , attention à M qui signifie milli et non méga. majuscule ou minuscules sont équivalents . Bien sûr une notation directe reste possible :

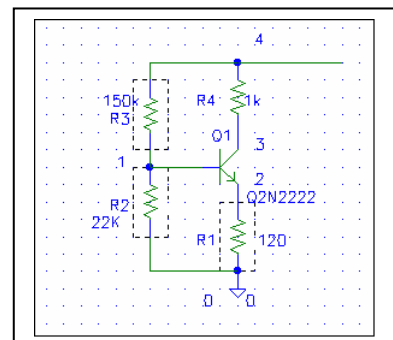
C4 5 6 1.7n

C4 5 6 1.7E-9

C4 5 6 .0000000017

A titre d'exemple considérons l'amplificateur à un étage à transistor reproduit sur la figure ci contre. Il serait décrit par la NETLIST suivante :

F	Femto	$10^{-18}$
P	Pico	$10^{-12}$
N	Nano	$10^{-9}$
U	Micro	$10^{-6}$
M	Milli (attention pas MEG)	$10^{-3}$
K	Kilo	$10^3$
MEG	Méga	$10^6$
G	Giga	$10^9$
T	Téra	$10^{12}$



```

R1  2 0  120
R2  1 0  22K
R3  1 4  150K
R4  3 4  1K
Q1  3 1 2  Q2N2222
    
```

Les paramètres principaux des modèles seront décrits plus loin.

Depuis la disparition des versions DOS de PSPICE l'utilisateur n'a que rarement besoin d'écrire lui-même ses NETLIST bien que cela reste possible, les NETLIST manuelles sont acceptées par le logiciel. Les schémas sont tracés en utilisant des outils graphiques SCHEMATIC dans le cas présent (Version MICROSIM).

## 2 Les sources d'alimentation et d'excitation ( STIMULI )

Ce sont les sources de tension et courant attachées au circuit. Elles sont légèrement différentes de la version DOS à la version Windows. On distingue :

### Les sources indépendantes :

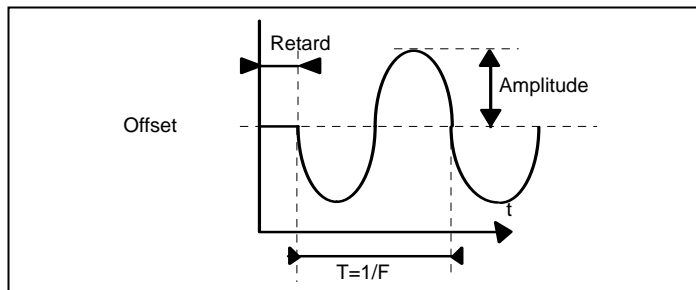
Leur nom commence par un V pour une source de tension I pour une source de courant. Dans une NETLIST DOS la syntaxe est la suivante :

```

Vxxx < Noeud + > <Noeud -> [ DC,AC ] <Valeur >
Ixxx < Noeud + > <Noeud -> [ DC AC ] <Valeur >
    
```

Noter que l'on précise s'il s'agit d'un signal continu (par défaut) ou alternatif (pour une analyse alternative .AC)

*Valim 4 0 15V* est une source de nom Valim entre les noeuds 4 (+15) et 0



Les sources peuvent avoir des formes variées :

```
Vxxx <Noeud + > <Noeud -> TYPE <caractéristiques >
```

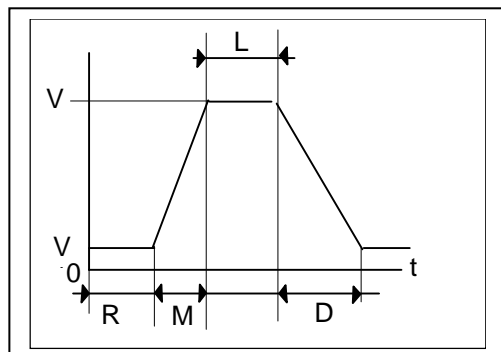
Par exemple pour une **source sinusoïdale**

```
Vsinus 1 0 SIN(Offset Amplitude
```

```
Fréquence [amortissement Phase ] )
```

Amortissement permet d'obtenir une amplitude variant exponentiellement avec le temps, Phase précise la phase de départ, par défaut zéro comme sur la figure.

**PULSE** Signal impulsionnel



**Vxxx N+ N- PULSE ( Valeur initiale Valeur crête Retard T de montée T de descente Largeur Période )**

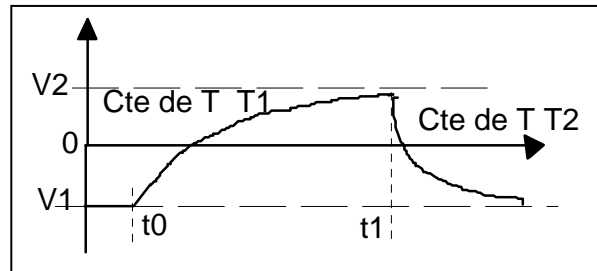
Le signal ci contre est décrit par :

Vxx N+ N- PULSE ( V1 V2 R M D L )

Ce signal reprend après la descente sa valeur initiale V1 ,une période T peut être ajoutée si l'on désire fabriquer un signal périodique de période T

**EXP** Signal exponentiel

Vxxx N+ N- EXP(Tension initiale Tension finale Retard Cte de temps de montée Instant de descente Cte de temps de descente

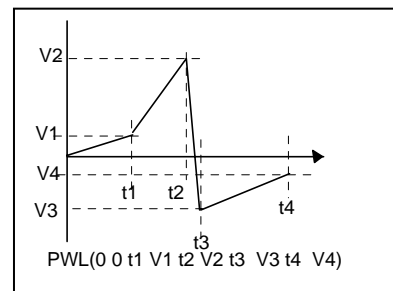


Par exemple le signal ci contre est décrit par EXP( V1 V2 t0 T1 t1 T1 )

**PWL** La commande PWL permet de construire un signal formé de segments de droites .Le format est le suivant :

**Vxx N+ N- PWL(t1 V1 t2 V2 t3 V3 ....tn Vn)**

Ou ti Vi sont les coordonnées des points de cassure . (Fig ci contre )



Les mêmes formes se retrouvent pour des **sources de courant** il suffit de remplacer V par I  
Expl : Ixx N+ N- SIN( 0 1V 50Hz )

Les bibliothèques de la version 7.1 proposent les stimuli VSRC et ISRC dans lesquelles on peut définir à la fois :

Une valeur continue utilisée pour le calcul des points de polarisation

Une valeur alternative utilisée dans l'analyse en fréquence

Une forme quelconque SIN PULSE EXP PWL ... pour l'analyse transitoire , nous y reviendrons dans la description de SCHEMATIC.

**Les sources contrôlées**

Ce sont des tensions ou courants fonction d'autres tensions ou courants. PSPICE supporte 4 types de sources contrôlées :

- Sources de tension contrôlées par une tension : Exx
- Sources de tension contrôlées par un courant : Hxx
- Sources de courant contrôlées par une tension : Gxx
- Sources de courant contrôlées par un courant : Fxx

Le contrôle peut être **linéaire ou polynomial**

La commande linéaire est la plus simple ,pour une source de tension commandée en tension le format est ;

**Enom N+ N- Nc+ Nc- G**

N+ et N- sont les deux bornes de la source Nc+ et Nc- sont les deux noeuds entre lesquels est prise la tension de commande G est le gain Soit :

$$V(N+-N-) =G \times V(Nc+-Nc-)$$

Le format est du même type avec les autres combinaisons de V et I le gain étant un nombre , une transconductance ou transimpédance suivant le cas.

**Exemple**

Eampli 3 0 1 2 1E5 représente un amplificateur opérationnel idéal de gain 100000 de sortie 3 0 et d'entrées + et - les noeuds 1 et 2

Avec la clé **POLY(1)** la source est commandée par une tension entre deux points suivant une loi polynomiale .On doit préciser les deux points entre lesquels est prélevée la tension de commande et les coefficients du polynôme en commençant par le terme constant .

**Exx N+ N- POLY(1) ( Nc+ Nc-) Coefficients**

Par exemple

$$Exxx 4 5 POLY(1) (8,9) 1 0 0 2$$

Est une source de tension Exxx de bornes 4 et 5 dont la tension de commande est  $V = V8-V9$  avec pour loi de commande

$$V(4 5)=1 + 0.V + 0.V^2 + 2 V^3$$

Avec la clé **POLY(2)** la loi est à deux dimensions c'est à dire que la tension est contrôlée par deux autres tensions .

**Exx N+ N- POLY(2) ( N1c+ N1c-) (N2c+ N2c-) Coefficients**

Exxx 4 5 POLY(2) (8 9) (10 11) 0 1 2 correspond à :

$$V(4-5)=0+1.V(8 9) + 2 V(10 11)$$

Un cas particulier important est le **multiplieur**

Emultiplieur N+ N- POLY(2) (A+ A-)(B+ B-) 0 0 0 0 1

Correspondant à :

$$E = 0 + 0xV(A) + 0xV(B) + 0xV(A)^2 + 0xV(B)^2 + 1xV(A)xV(B)$$

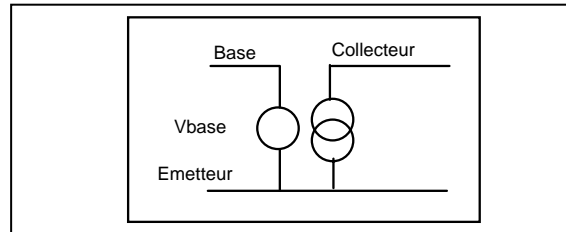
On notera l'ordre dans lequel sont entrés les coefficients constante, degré 1 puis degré 2 .

Les mêmes règles s'appliquent dans les autres cas ,il faut cependant préciser la syntaxe lorsque la grandeur de commande est un courant . Un courant n'est pas défini par deux noeuds mais par le nom d'une source de courant indépendante qu'il traverse .Pour mesurer le courant circulant dans une branche on y intercale parfois une source de tension de valeur nulle, c'est ce que l'on appelle **une source ampèremètre** .

Par exemple pour fabriquer un transistor parfait de gain 234 on utilisera la netlist suivante :

```
Vbase Base Emetteur 0
Ftransistor Collecteur Emetteur Vbase 234
```

La première ligne introduit une source de tension nulle entre base et émetteur ,la seconde définit le dipôle collecteur émetteur par une source de courant commandé avec le gain 234 par le courant traversant Vbase .



### Sources de modélisation comportementale

La modélisation comportementale (**Analog Behavioral Modeling**) est une extension des sources contrôlées E et G Elle permet une description de toute fonction électronique par sa fonction de transfert exprimée littéralement ou sous forme d'un tableau de valeurs ,aussi bien dans les domaines temporels ( VALUE, TABLE ) que fréquentiels. ( LAPLACE FREQ CHEBYSHEV )

### Circuits non linéaires

Une relation indépendante du temps est définie entre l'entrée et la sortie La syntaxe générale est la suivante :

```
Enom N+ N- VALUE={ Expression }
Gnom N+ N- VALUE={ Expression }
```

N+ et N- sont les noeuds de la source Enom ou Gnom (Tension ou courant ) Expression est une expression mathématique entre { } contenant :

Des **constantes**

Des **tensions** en des points du réseau V(i) ou entre deux points V(i,j)

Des **courants** traversant des sources I(Vnom) ,(D'ou l'utilisation fréquente de sources ampèremètres ) .

*La possibilité de mélanger tensions et courant rend inutile l'implantation des sources F et H .*

**PSPICE admet des commandes récursives** ,il est donc parfaitement possible de définir une source à partir d'elle même ,par exemple sa tension aux bornes en fonction du courant qui la traverse .C'est la définition d'une impédance .

Le **temps** introduit explicitement par la clé **TIME** (Ceci uniquement pour une analyse transitoire ,pour tout autre analyse TIME est pris égal à zéro.

**L'expression doit tenir en une seule ligne** ,pour limiter sa longueur on peut utiliser une fonction complexe définie préalablement par la directive .FUNC.

**.FUNC Nom [(variables)] expression**

exemples

.FUNC E(x) exp(x)

.FUNC sh(x) ((exp(x)-exp(-x))/2)

une ligne .FUNC peut faire appel à une fonction préalablement définie .

Les fonctions mathématiques de base disponibles sont les suivantes

Opérateur	Fonction	Opérateur	Fonction
+	plus	-	moins
*	produit	/	division
ABS(x)	x	SQRT(x)	$\sqrt{x}$
EXP(x)	$e^x$	LOG(x)	log x
LOG10(x)	$\log_{10}(x)$	SIN(x)	sin x
COS(x)	cos(x)	TAN(x)	tan x
ATAN(x)	arc tg(x)	ARCTAN(x)	arc tg x
PWR(x,y)	$ x ^y$	PWRS(x,y)	$ x ^y$ si $x > 0$ - $ x ^y$ si $x < 0$

Elles sont utilisables dans PROBE (voir plus loin) .

Sont admises également

### La fonction TABLE

TABLE(x,x1,y1,x2,y2,x3,y3,...xn,yn) Si  $x < x_1$  alors  $y = y_1$

Si  $x > x_n$  alors  $y = y_n$

Entre ces limites il y a interpolation linéaire

### La fonction LIMIT

LIMIT(x,min,max)

si  $x < \min$  alors  $y = \min$

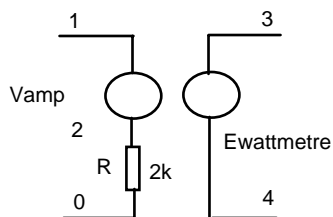
si  $x > \max$  alors  $y = \max$

Si  $\min < x < \max$  alors  $y = x$

Exemples : Wattmètre

Pour créer une tension qui est proportionnelle à la puissance dissipée dans un composant il suffit de faire le produit de la tension et du courant le traversant .Sauf si le composant est déjà une source de tension il faut introduire une source ampèremètre pour mesurer le courant .

Par exemple : pour une résistance R de 2k :



R 2 0 2k

Vamp 1 2 0

Ewattmetre 3 4 VALUE{(V(1 0) \* I(Vamp))}

La tension entre 3 et 4 est proportionnelle à la puissance dissipée

dans R .

Soit un autre exemple utilisant la clé TIME :



Eam 6 0 VALUE{10\*COS(6.2831\*1000\*TIME)}  
 est un générateur sinusoïdal de fréquence 1000 et d'amplitude 10V .  
 (Que l'on peut introduire plus simplement par une source SIN )

### Utilisation d'une TABLE de valeurs

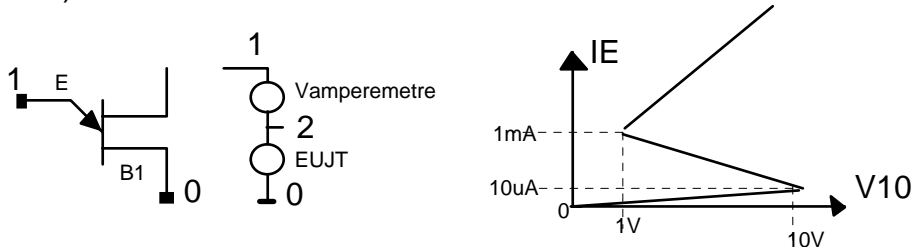
Cette forme est bien adaptée à la description de caractéristiques non linéaires par exemple de thyristors UJT ou diodes tunnel .  
 La syntaxe est :

**Enom N+ N- TABLE\_{Expression}=(Valeur d'entrée,Valeur de sortie ) ( )**  
**Gnom N+ N- TABLE\_{Expression}=(Valeur d'entrée,Valeur de sortie ) ( )**

Attention à l'intervalle (blanc noté \_ ) entre TABLE et {  
 La table est une suite de couples de valeurs entrée - sortie entre lesquelles le logiciel effectue une interpolation linéaire . Au delà des valeurs limites la tension de sortie reste constante .Par exemple un gain de 2 et une limitation à  $\pm 15v$  pourrait s'écrire :

Elimitée N+ N- TABLE\_{Vsortie}=( -7.5 -15 ) ( +7.5 +15 )  
 Un transistor unijonction peut être défini par :

Vamperemetre 1 2 0  
 Eujt 2 0 TABLE \_{I(Vamperemetre)}=(0 0 )( 10uA 10V )( 1mA 1V )(20mA 20V)



Autre exemple ;un ampli opérationnel idéal de gain 100000 compte tenu de l'écrêtage à  $\pm 15V$

```
.SUBCKT AOPX0 1 2 3 Mas ( défini un sous circuit nommé AOPX0 de bornes 1 2 3 et mas )
RINDIFF 1 2 10MEG
EOUT 3 MAS TABLE_{V(3)-V(MAS)}=(-150E-6 -15 ) ( +150E-6 +15 )
ROUT 3 MAS 10MEG
.ENDS
```

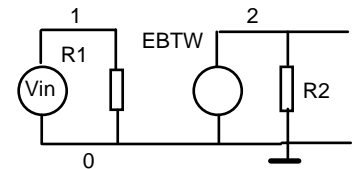
### Définition fréquentielle par transformée de Laplace .

PSPICE permet de simuler un filtre à partir de sa seule fonction de transfert en p (ou plutôt en s lettre utilisée ici à la place de p )

**Enom ( ou Gnom) N+ N- LAPLACE\_{Expression}={ Fonction de transfert en s }**

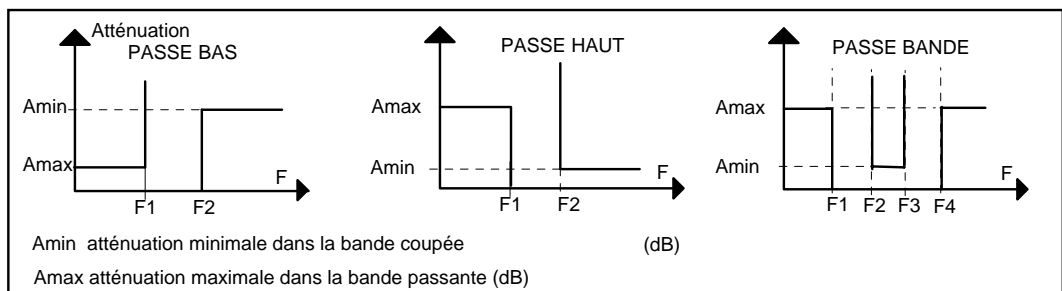
On notera le blanc (noté \_ ) entre le mot LAPLACE et {  
 Expression est seulement une tension ou une combinaison plus complexes de  
 tensions ou courants .Par exemple  
 Butterworth du 3eme ordre :(Schéma ci contre )  
 \* Entrée noeud 1, sortie noeud 2, pulsation de coupure 1, Gain à fréquence 0  
 1/2

```
Vin 1 0 AC 1V
R1 1 0 1k
EBTW 2 0 LAPLACE {2*V(1)}={1/(1+2*s+2*s*s+s*s*s)}
R2 2 0 1k
```



On peut également définir des tables de réponse  
 en fréquence ,mais les résultats sont à considérer  
 avec beaucoup de prudence .

Les dernières versions de PSPICE permettent de définir des **filtres de Tchebychev** à partir de leur gabarit, gains dans la bande passante et coupée ,fréquences limites .



La syntaxe est la suivante

**Exx N+ N- CHEBYSHEV\_{expression }=<TYPE> <Fréquences de coupures > <Atténuations >**  
 TYPE est LP (passe bas ) HP (passe haut ) BP (passe bande ) BR (coupe bande )

par exemple :

Epasband 4 0 CHEBYSHEV {V(2)}= BP 800 1.2k 2k 3k 0.1dB 50dB  
 est un filtre de Tchebycheff qui en dessous de 800Hz et en dessus de 3kHz  
 atténue d’au moins 50dB alors que l’atténuation ne dépasse pas 0.1dB dans  
 la bande passante 1,2 à 2 kHz .

Attention étudier le filtre seul avant de l’intégrer dans un circuit complexe et  
 analyser de façon critique les résultats .

Ces fonctions sont accessibles à partir de SCHEMATIC ce qui dispense  
 d’écrire une NETLIST .

### 3 Les modes d'analyse

A son lancement PSPICE effectue d'abord une recherche des points de polarisation c'est à dire calcule les courants et tensions moyennes en chaque point. L'utilisateur peut alors demander plusieurs types d'analyse.

#### Analyse DC

C'est l'étude de l'évolution d'une tension ou d'un courant continu en fonction d'une autre grandeur qui peut être une tension, un courant, la valeur d'un composant ou le paramètre d'un modèle ..On doit définir le stimuli qui varie, et son domaine de variation.

C'est le seul type d'analyse pour laquelle l'axe des abscisses porte autre chose qu'une fréquence (Analyse AC) ou un temps (analyse TRANSient)

Ce type d'analyse est précieux pour rechercher par exemple l'optimal d'un point de polarisation.

#### Analyse alternative AC

Les points de polarisation ayant été déterminés, le logiciel linéarise les composants autour de ces points et effectue un calcul en fonction de la fréquence de la source d'excitation qui doit être unique.

**Attention** cette linéarisation **fait disparaître tout phénomène de saturation** : Si on relie à la base d'un transistor une source alternative de 10mV le logiciel peut indiquer que pour une fréquence donnée la tension collecteur est de 1,5V (gain 150 ) valeur tout à fait compatible avec une alimentation de 12V par exemple alors que si l'excitation est de 10V la tension collecteur sera de 1500V , valeur tout à fait irréaliste , mais seul le gain à un sens.

La source d'excitation est unique, une analyse n'est pas utilisable pour étudier des systèmes multifréquences tels que des mélangeurs ou multiplicateurs de fréquence. Si on injecte par exemple une tension alternative sinusoïdale sur les deux entrées d'un multiplieur ; l'analyse AC indiquera que le gain est nul, en effet la sortie est un signal de fréquence double , or la linéarisation supprime tout effet non linéaire. Dans ce cas seul une analyse transitoire est possible.

#### Analyse Transitoire TRAN

Cette fois le logiciel calcule l'évolution temporelle des tensions et courant en résolvant pas à pas les équations différentielles non linéaires du circuit. Toutes les non linéarités sont prises en compte et la forme exacte des signaux est obtenue.

L'intervalle de temps d'analyse doit être précisé , le pas de calcul est défini automatiquement par le logiciel , pour obtenir un plus grand nombre de points dans le fichier de résultats, donc pour tracer la courbe à l'écran, une valeur maximale de ce pas de calcul peut être imposé.

Ce type d'analyse est le seul possible pour l'étude des circuits multifréquences , mais le calcul peut être long. Par exemple s'il s'agit d'étudier un mélangeur recevant deux fréquences de 1 et 1,000001 Mhz et délivrant le

battement à 1Hz, il faudra effectuer le calcul sur au moins une seconde pendant laquelle chacun des signaux d'entrée contient un million de périodes. Pour obtenir une forme correcte il faudra au moins 5 ou 6 point par période soit au total 5 ou 6 millions de points de calcul .Pour chacun de ces point ce sont des dizaines de valeurs de tensions et courants qui sont calculés, le fichier de résultats devient énorme ainsi que le temps de calcul.

PSPICE propose d'autres modes d'analyse ;

-une analyse **MONTE-CARLO** pour étudier l'influence des dispersions des caractéristiques des composants ( il s'agit de multiples analyse effectués avec les valeurs tirées au sort des caractéristiques des composants ) , ou des analyse en température.

- une analyse de bruit **NOISE** . Chaque composant possède un modèle de bruit qui est exploité pour calculer la tension de bruit en chaque point du réseau.

#### 4.. L'affichage des résultats

Le fichier contenant l'ensemble des résultats c'est à dire les valeurs de tous les tensions et courants pour chaque valeur de la variable ( une tension ou courant pour DC , une fréquence en AC , un temps pour TRAN ) a une extension DAT xxx.DAT . Conjointement un fichier xxx.OUT est crée qui contient un nombre plus limité de valeurs et des commentaires sur le déroulement de la simulation. Avec les versions FORTRAN ces fichiers étaient imprimés et constituaient la seule source de résultats. Sous DOS ou Windows un logiciel d'exploitation est utilisé qui à partir du fichier .DAT construit pour l'utilisateur les courbes désirées à l'écran.. Pour la version MICROSIM ce programme s'appelle **PROBE** .

**PROBE** ne se contente pas d'afficher des courbes , il remplit des fonctions bien plus complexes , il est capable d'exploiter de façon très fine le fichier .DAT

Afficher des combinaisons mathématiques de divers signaux , par exemple (Vin)\*(Iin) pour afficher une puissance  
P(Vin) affiche la phase de Vin  
R(Vin) affiche la partie réelle , IMG(Vin) la partie imaginaire  
Par exemple R(Vout/Vin) est la partie réelle d'un gain  
D(V5) la dérivée de V5 par rapport à la variable en abscisse

Le tableau suivant représente les fonctions utilisables .

Si la courbe que l'on désire afficher est le résultat d'un calcul trop complexe il est commode d'utiliser les **MACROS** commandes On y accède par la commande MACROS de PROBE .Le menu proposé permet de créer une MACRO ou de modifier une ancienne .

Chaque MACRO occupe une seule ligne et obéit à la syntaxe suivante :

#### **Nom[Variables]= fonction**

Par exemple:

Par(x,y)=(((x\*y)-1)/(x+y-2)); les variables x,y seront précisées au moment de l'emploi

TV=V(5)/V(6) ; les noeuds du circuit peuvent être inclus.

$$TI=V(8)/V(9)$$

$$T=Par(TI,TV)$$

**PROBE** permet aussi d'afficher plusieurs courbes , de définir un second axe d'ordonnées **Plot**⇒ **AddYAxis** (pour afficher simultanément deux grandeurs de valeurs très différentes par exemple de Kilovolts et des microampères.), de superposer plusieurs graphiques ayant ou non la même abscisse .**Plot** ⇒**AddPlot**, modifier les échelles sur les deux axes

**Plot** ⇒**XaxisSetting YaxisSetting**.

Des curseurs peuvent être déplacés sur les courbes pour relever des valeurs précises, un maximum ou minimum peut être pointé automatiquement , un zoom appliqué à une zone particulière du tracé.

Les courbes peuvent aussi bien sur être imprimées ou transférées dans toute autre application windows par un copier coller. Utiliser la fonction

**Tools** ⇒**Copy to clipboard** .

**PROBE** qui également effectuer une FFT

Fonction spéciale de PROBE	Description ,exemples
	x désigne V(n) I(Vs) ou une expression faisant intervenir des V et I (Les fonctions de PSPICE sont utilisables )
M(x)	Amplitude de x VM(5) ou M(V(2))
P(x)	Phase de x VP(5) IP(4)
R(x)	Partie réelle VR(5)
IMG(x) ou I	VI(4)
G(x)	Temps de propagation de groupe $d\phi(x)/df$ VG(5)
d(x)	dérivée par rapport à la variable de l'axe x dV(2) ou d(V(2))
s(x)	intégrale de x par rapport à la variable de l'axe x
RMS(x)	valeur efficace de x RMS(V(4))
DB(x)	amplitude de x en dB DB(V(5)) ou VDB(5)
MIN(x)	minimum de x
MAX(x)	maximum de x
AVG(s)	moyenne de x sur l'axe x $\frac{1}{x} \int_0^x x dx$
AVGX(x,d)	moyenne dans l'intervalle d $\frac{1}{d} \int_{x-d}^x x dx$ X pour X>d