

Sommaire

Chapitre 1 : Objet de l'électronique de puissance.....	3
Chapitre 2 :Initiation à PSpice.....	6
2.1 Présentation de PSpice.....	6
2.2 PSpice: prise en main.....	6
2.3 Dessiner un schéma avec PSpice Schematics.....	8
2.4 Les boutons de commande.....	9
2.5 Choisir et placer les composants.....	10
2.6 Changer la valeur d'un composant.....	13
2.7 Connecter les composants.....	14
2.8 Les appareils de mesure.....	15
2.9 Paramétrer l'analyse.....	16
2.10 Analyser un circuit avec PSpice A/D.....	21
2.11 PSpice: exercices pratiques.....	23
2.11.1 Cellule RC.....	23
2.11.2. Les sources de tensions pour l'analyse.....	28
Chapitre 3 : Le redressement monophasé.....	28
Exercices pratiques sous Pspice.....	28
Transformateur et pont de diodes.....	28
Application: Calcul d'une alimentation continue.....	31
Chapitre 4 : Les régulateurs de tension PV.....	31
4.1 Amplificateur opérationnel.....	31
4.1.1 Particularités de l'amplificateur opérationnel.....	32
4.1.2 Amplificateur non inverseur.....	35
4.1.3 Amplificateur inverseur.....	36
4.1.4 Amplificateur sommateur inverseur.....	37
4.1.5 Amplificateur soustracteur.....	39
4.1.6 Comparateur.....	40
4.1.6.1 Comparateur non inverseur.....	40

4.1.6.2 Comparateur inverseur	41
4.1.6.3 Translation du point de basculement pour les montages du comparateur	42
Application sous Pspice	43
AOP en comparateur	43
4.1.7 Bascule de Schmitt non inverseuse	49
4.1.8 Bascule de Schmitt inverseuse	50
4.1.9 Montage de la bascule de Schmitt inverseuse	52
4.1.11 Intégrateur	53
4.1.12 Différenciateur.....	55
4.1.13 Redresseur d'alternances.....	56
4.1.14 Multivibrateur astable	62
Application Pspice.....	63
555 en multivibrateur	63
4.1.15 Générateur de courant	68
4.2 Exemple de régulateurs PV	69
Chapitre 5: Les onduleurs.....	69
Chapitre 6: Choix des composants d'EP.....	69
Chapitre 7: Les harmoniques	69

Chapitre 1 : Objet de l'électronique de puissance

L'électronique industrielle se subdivise en deux grandes parties :

- a) **L'électronique de puissance** qui comporte essentiellement l'étude des *convertisseurs d'énergie électrique* : le rôle de ces dispositifs est de modifier
- soit la *forme* (continue, alternative...)
 - soit les *caractéristiques* (valeur efficace, fréquence...)

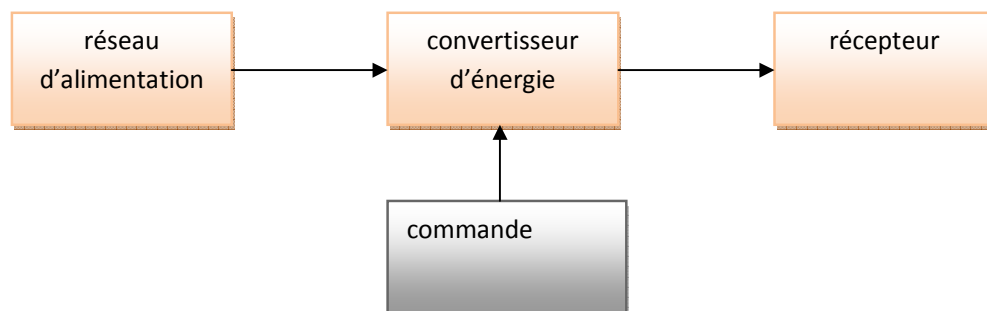
des grandeurs électriques ; ils alimentent des récepteurs qui peuvent être très divers (moteurs, fours, installations électriques...) ; la puissance qu'ils fournissent à leur récepteur est prépondérante (elle peut aller de quelques centaines de watts à plusieurs dizaines de MW).

Ces convertisseurs utilisent

1° *des composants redresseurs non contrôlables* : (**diodes**),

2° *des composants redresseurs contrôlables* :

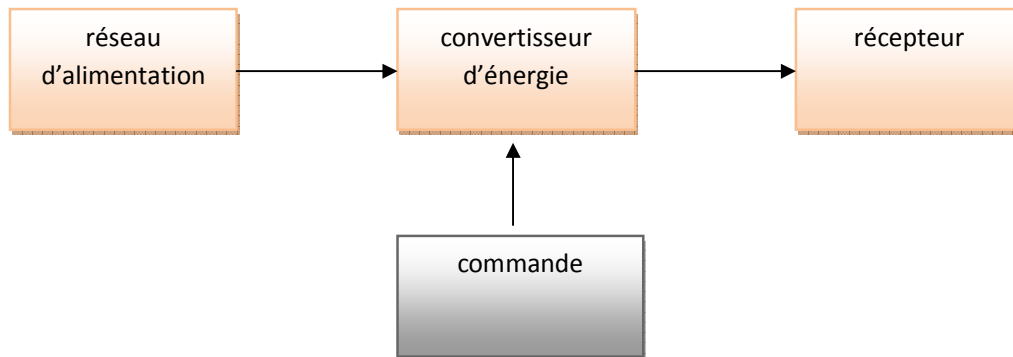
- **transistors** (bipolaires et M.O.S) pour les puissances moyennes (et les fréquences élevées),
 - **thyristors** pour les puissances élevées.
- b) **L'électronique de commande** dont le rôle est l'élaboration et le traitement de signaux destinés à *agir sur le fonctionnement* des convertisseurs précédents ; par l'intermédiaire de signaux.
- c) **Le schéma synoptique de base de tout système d'électronique industrielle est celui de la figure 1**



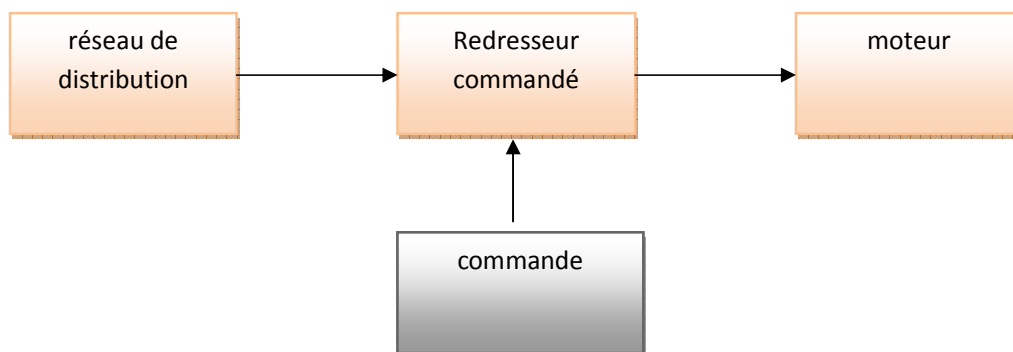
1.2. Les principaux convertisseurs d'énergie électrique.

a) Convertisseurs de courants dits « redresseurs ».

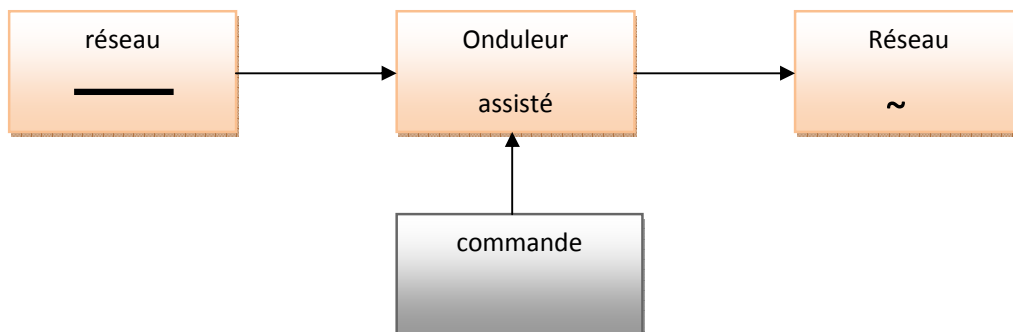
1° Redresseurs non commandés

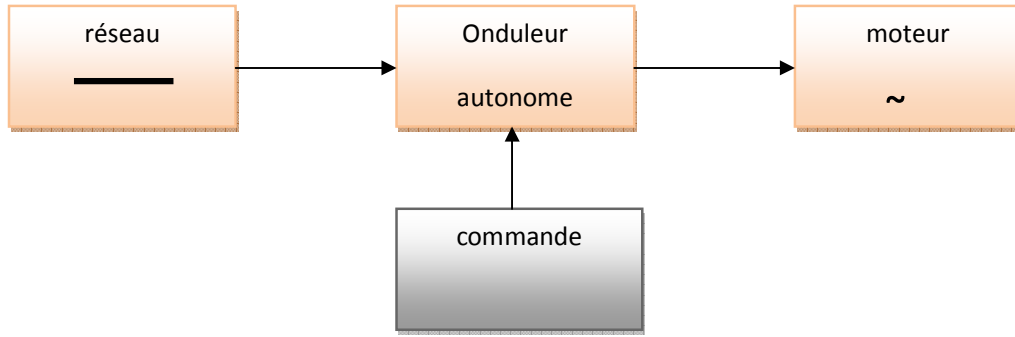


2° redresseurs commandés

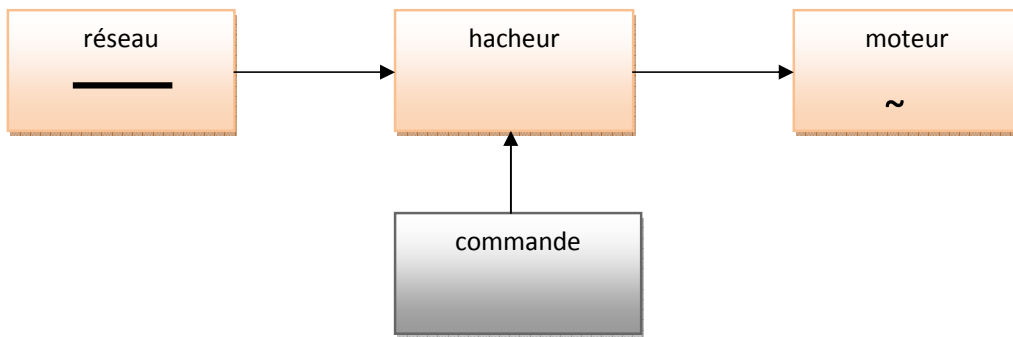


b) convertisseurs de courants dits « onduleurs »

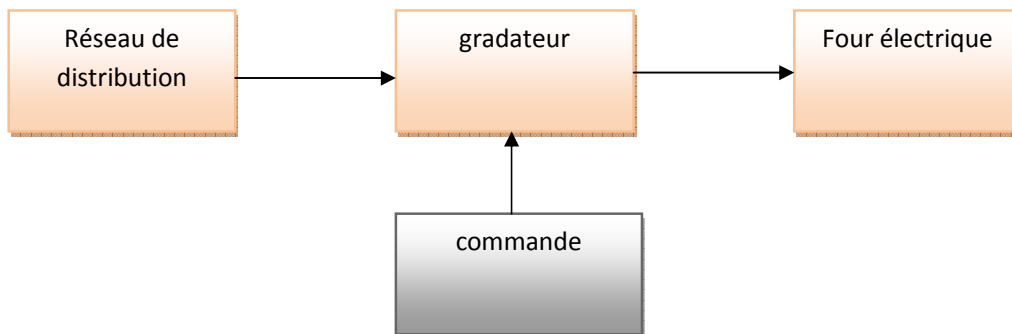




d) variateurs de courants dits « hacheurs »



D) variateurs de courant alternatif (grdateurs)



Chapitre 2 :Initiation à *PSpice*

2.1 Présentation de *PSpice*

PSpice est l'un des plus célèbres logiciels de simulation et d'analyse de circuits électroniques. Il permet de réaliser le schéma d'un montage quelconque, dont les composants sont décrits de manière à reproduire aussi fidèlement que possible des composants réels, puis de simuler le fonctionnement de ce montage pour l'analyser sous toutes les coutures, à l'aide d'outils aussi variés que sophistiqués.

Sa puissance et son extraordinaire richesse ont fait de *PSpice* une référence mondiale dans le domaine de la conception et de la simulation de circuits. Parmi ses caractéristiques les plus intéressantes, on peut mentionner la possibilité de créer des composants virtuels, à l'aide des *data sheets* des fabricants, ou de télécharger des bibliothèques de composants, fournies par les plus grands fabricants eux-mêmes.

PSpice est d'abord un logiciel professionnel, mais il en existe une version limitée et gratuite, dite "*student*", destinée avant tout aux étudiants de l'enseignement supérieur et des écoles d'ingénieurs. (La version *Student* de *PSpice* et son manuel, en anglais, figurent sur le CD-ROM proposé par ailleurs.)

Maintenant, soyons clair: *PSpice* est un logiciel dont la complexité ravale *Windows* au rang d'aimable plaisanterie. Un néophyte sera rapidement découragé par l'ergonomie assez spéciale de cette "usine à gaz" et il n'y a guère de secours à espérer du système d'aide en ligne ou du *Reference Guide*, qui suppose un haut, voire très haut, niveau de connaissances...

A priori, on pourrait donc penser que *PSpice* ne présente guère d'intérêt pour un débutant. Ce n'est pas faux. Toutefois, avec de la bonne volonté et un peu de persévérance, un débutant motivé peut obtenir, nous le verrons, des résultats certes modestes, mais fort instructifs. Et c'est gratuit. Alors, si le cœur vous en dit...

Ce chapitre de présentation et d'initiation à PSpice ne prétend pas au statut de didacticiel. Notre objectif est de permettre à un parfait néophyte de "prendre en main" ce logiciel de qualité professionnelle et de réaliser quelques simulations très simples, à vocation pédagogique. Selon votre niveau en électronique et/ou en informatique, vous pourrez bien entendu aller beaucoup plus loin.



2.2 *PSpice*: prise en main

Compte tenu de ce qui vient d'être dit, nous n'utiliserons que deux des modules qui composent *PSpice*: **Schematics**, qui permet de réaliser un schéma du circuit à tester, et **PSpice A/D**, le module de simulation et d'analyse.

La démarche consiste à:

- dessiner un schéma du montage et placer sur ce schéma un ou plusieurs appareils de mesure virtuels (voltmètres et/ou ampèremètres)
- configurer et paramétrer le dispositif d'analyse
- lancer la simulation et étudier les résultats

Les deux premières étapes se déroulent à l'intérieur du module **Schematics**; pour la troisième étape, on passe dans le module **PSpice A/D**.

Vous pouvez ignorer purement et simplement les autres modules (*Capture, Optimizer, Model Editor, etc...*).

Installation du programme

Nous partirons du principe que vous avez installé sur votre PC la version 9.1 ("student") de **PSpice**. Rappelons qu'il s'agit de la version limitée et gratuite, sous *Windows 95* ou ultérieur. Cette version "démo" est notamment disponible en téléchargement sur le site de l'éditeur (à l'URL: <http://www.orcad.com>). L'installation par Setup.exe n'appelle pas de commentaire particulier.

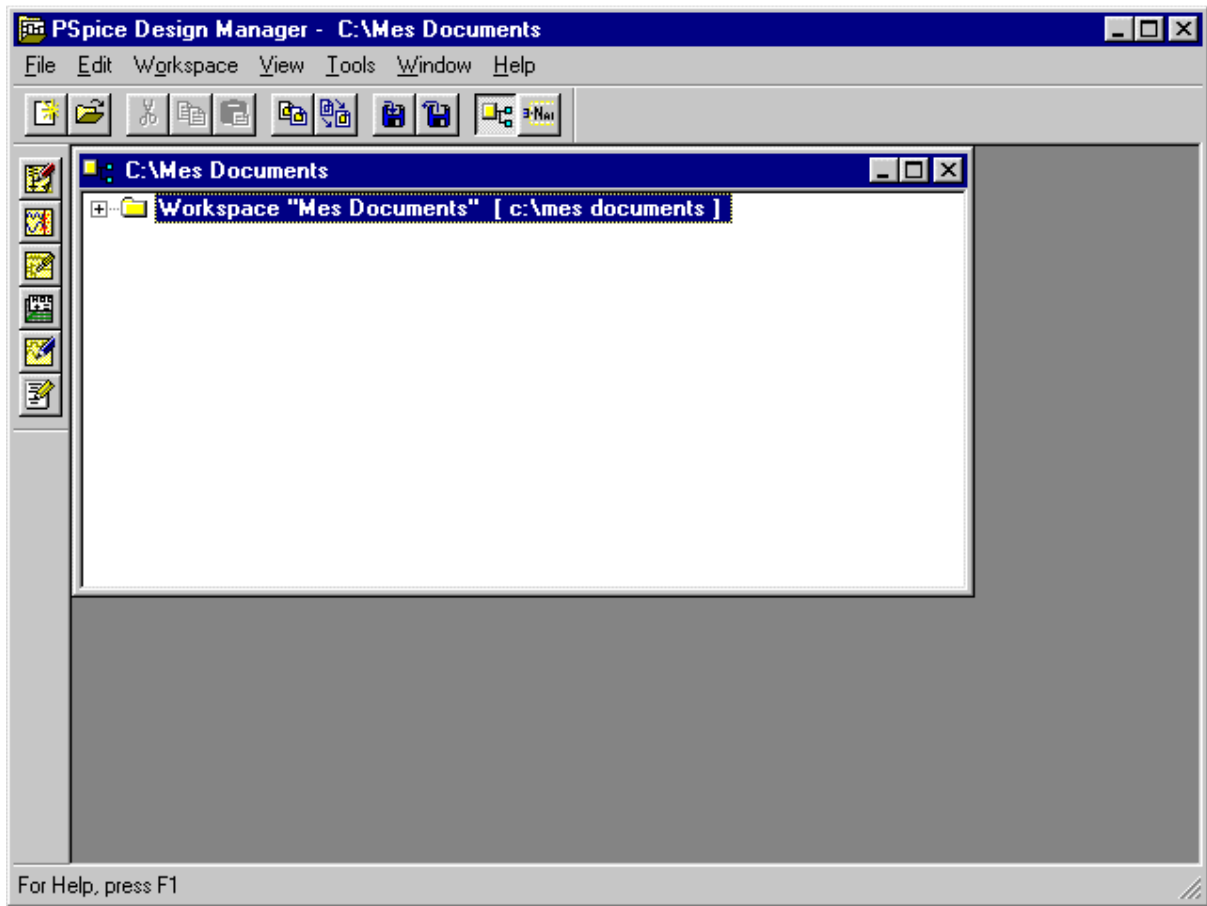
Par défaut, **PSpice** est installé dans le dossier /Program Files/OrCAD_Demo/PSPIICE.

Un Pentium 90 et 16 Mo de RAM représentent, aux dires de l'éditeur, le strict minimum pour faire fonctionner ce programme, qui occupera une centaine de Mo sur votre disque dur. Une configuration matérielle plus "musclée" (à partir d'un processeur à 300 MHz et de 64 Mo de RAM) paraît plus réaliste.

Lancer le programme

Si vous n'avez pas installé d'icône(s) sur le bureau de *Windows*, rendez-vous dans le dossier /Program Files/OrCAD_Demo/PSPIICE.

Lancez **PSpice Design Manager** en double-cliquant sur PDesign.exe: vous obtenez l'écran ci-dessous.



Notez que **PSpice Design Manager** lancera automatiquement **PSpice Message Viewer** et **PSpice Application Bridge** en arrière-plan, mais ne vous en occupez pas! On vous l'a dit: *PSpice* est une usine à gaz!

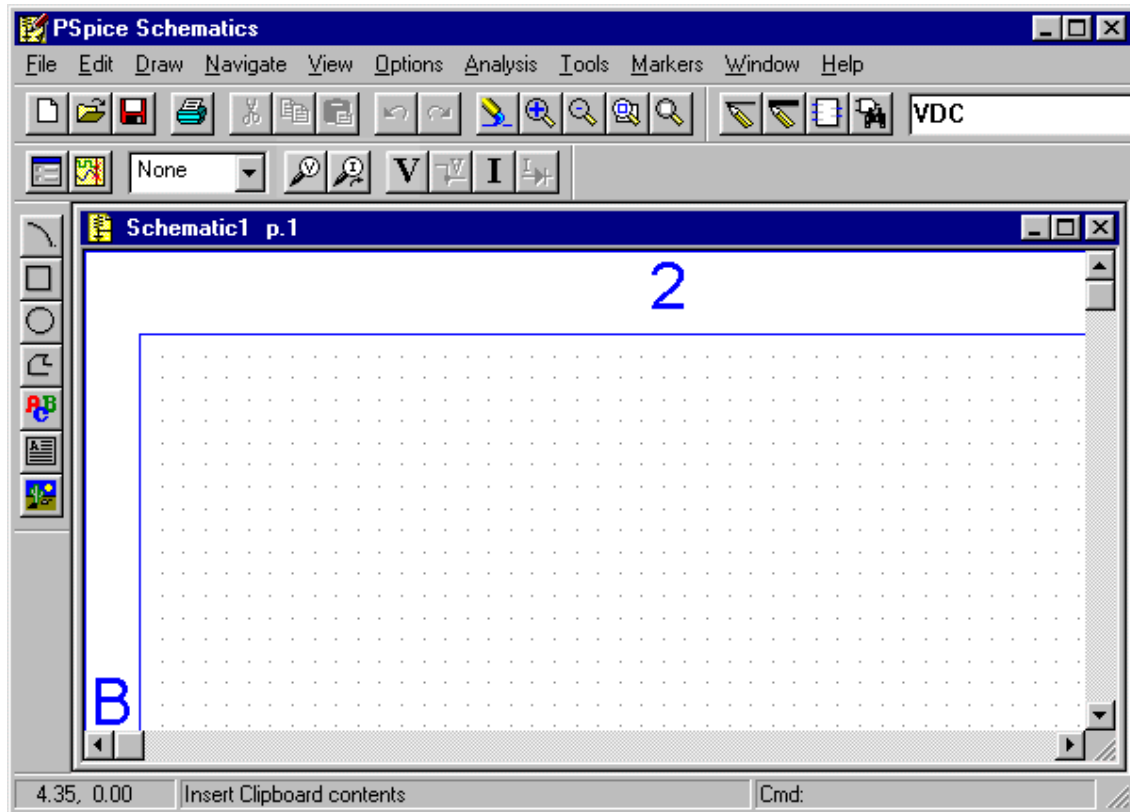


2.3 Dessiner un schéma avec PSpice Schematics

A partir de **PSpice Design Manager**, qui est le "centre de contrôle" du logiciel, lancez le module **Schematics** en cliquant sur l'icône en haut à gauche (*Run Schematics*).



Cliquez sur cette icône pour vous rendre dans le module **Schematics**. Vous obtenez l'écran ci-dessous:



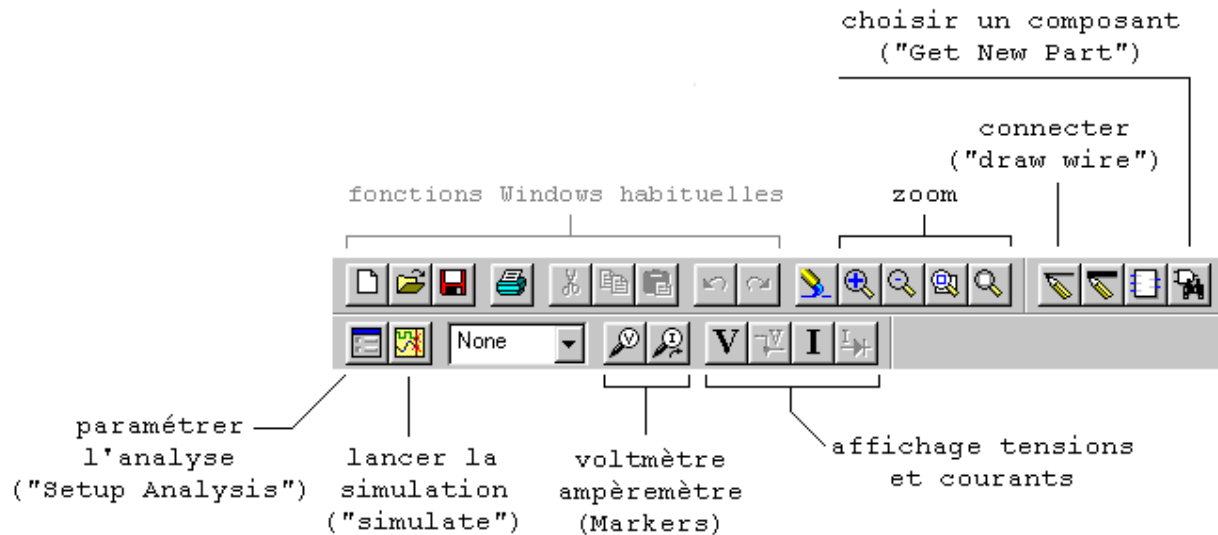
Maintenant que nous sommes dans **Schematics**, nous pouvons:

- créer un nouveau schéma à partir d'une feuille blanche
- ouvrir un schéma existant (commande *File/Open*)
- modifier à volonté notre schéma
- paramétrer l'analyse
- sauvegarder notre travail (y compris les paramètres d'analyse)

2.4 Les boutons de commande

L'écran contient deux barres de boutons et menus (en haut et à droite), une grande feuille de travail et une classique *status bar*, en bas. Voyons d'abord les boutons qui nous intéressent. Vous pouvez d'emblée ignorer ceux de la barre verticale, à gauche, que nous n'utiliserons pas. Ce sont des boutons d'annotation, que vous pouvez faire disparaître *via* l'option *View/Toolbars...* Vous le verrez, nous allons faire un tri très sélectif, de manière à nous simplifier la vie au maximum!

Passons aux boutons de la *toolbar* horizontale, en haut de l'écran:



On trouve d'abord de très classiques boutons *New, Open, Save, Print, etc.*, qui remplissent les fonctions habituelles sous *Windows*. Ils n'appellent donc pas de commentaires.

Viennent ensuite de non moins classiques boutons permettant de zoomer: là encore, rien à signaler.

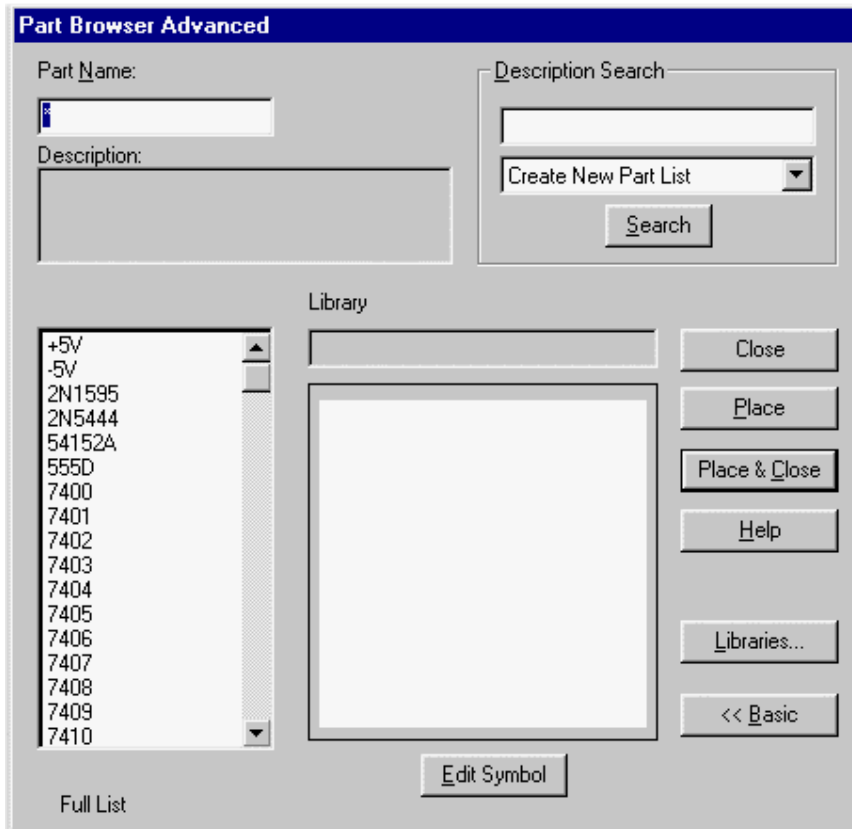
Avant d'aller plus loin, résumons brièvement les étapes à suivre pour réaliser le schéma du montage à étudier:

- choisir les composants (*Get New Part*)
- les connecter (*Draw Wire*)
- placer les appareils de mesure (*Voltage Marker, Current Marker*)
- paramétrer l'analyse (*Setup Analysis*)
- lancer la simulation (*Simulate*)

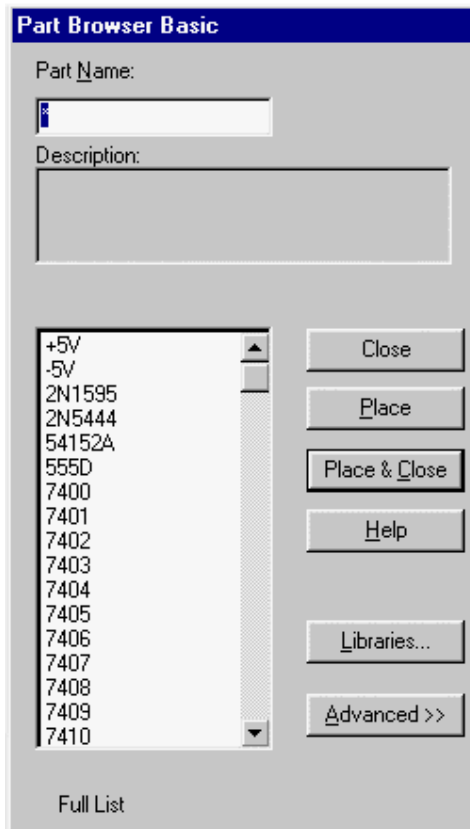
Entrons maintenant dans le vif du sujet...

2.5 Choisir et placer les composants

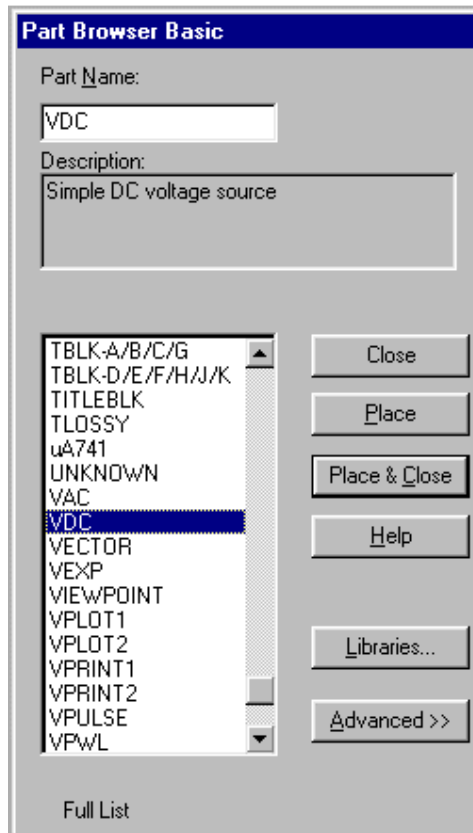
On commence par cliquer sur le bouton "*Get New Part*" (les jumelles), ou si on préfère par la commande *Draw/Get New Part...*, ou encore par le raccourci-clavier *Ctrl+G*. Une liste de composants s'affiche aussitôt:



Pas de panique, nous allons simplifier! Cliquez immédiatement sur le bouton <<Basic, en bas à droite. Nous obtenons cet écran, un peu plus compact:



Il suffit maintenant de choisir le ou les composants dans la liste déroulante (par exemple: VDC), puis de cliquer sur le bouton *Place* (si on veut ensuite choisir d'autres composants) ou *Place & Close* (pour placer le composant choisi sur la feuille et fermer la liste). A noter qu'une brève description du composant est affichée sous sa désignation (*Part Name*):



Astuce: pour atteindre directement le composant *resistor* dans la (longue!) liste, on peut taper "R" dans le champ *Part Name*. On tapera "C" pour *capacitor*, "V" pour *VAC*, etc...

Attention! Après avoir choisi un composant, on le dépose en cliquant sur la feuille, mais un autre composant identique apparaît aussitôt! Si on ne souhaite qu'un seul exemplaire de ce composant, on doit cliquer avec le *bouton droit* de la souris. Sinon, on dépose sur la feuille autant de composants que nécessaire. Peu importe, dans un premier temps, le placement exact.

Pour supprimer un composant, on le sélectionne par pointage et clic (il devient rouge), et on le supprime à l'aide du bouton *Cut* (les ciseaux) ou de la touche *Suppr.*

Lorsque tous les composants nécessaires sont déposés sur la feuille, on les place en bon ordre en les sélectionnant à tour de rôle et en les faisant glisser, *grosso modo*, à l'endroit voulu.

Pour obtenir une rotation de 90° d'un composant, on le sélectionne puis on se sert de *Edit/Rotate* ou de la combinaison de touches *Ctrl+R*.

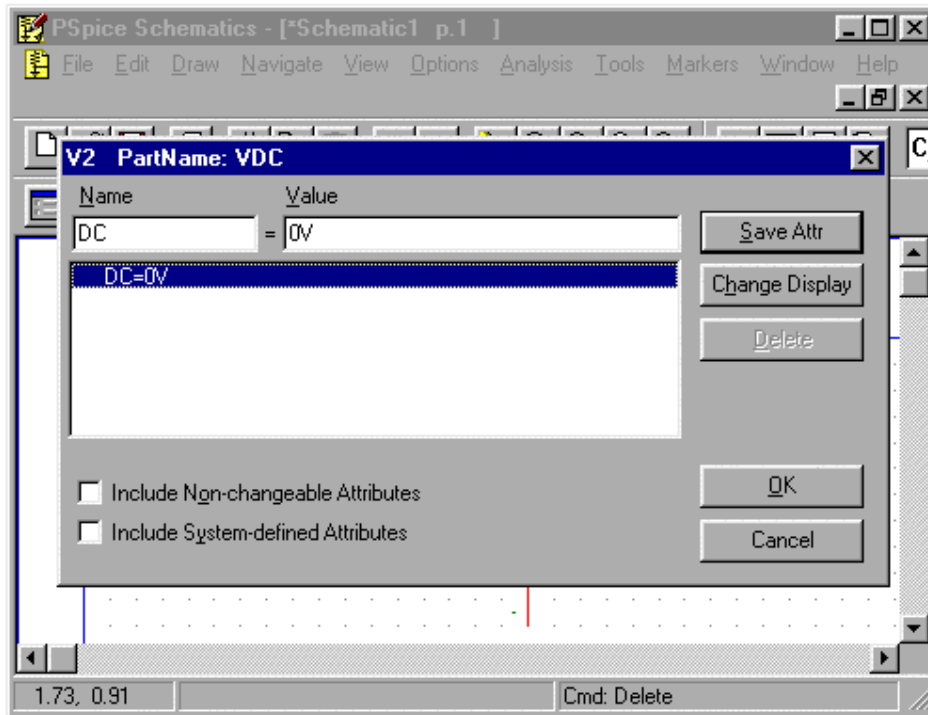
Attention! Il est absolument obligatoire de faire figurer la **masse** (GND_EARTH) sur votre schéma! Ce point est essentiel!

2.6 Changer la valeur d'un composant

Vous observerez que certains composants sont dotés d'une valeur par défaut: 0 V pour le générateur de tension VDC, 1 k pour la résistance, 1 nF pour le condensateur...

Si la valeur par défaut ne vous convient pas, modifiez-la en sélectionnant le composant, puis en double-cliquant dessus, ou en utilisant la commande *Edit/Attributes...*

Une boîte de dialogue s'ouvre alors: commencez par décocher les cases *Include Non-changeable Attributes* et *Include System-defined Attributes*. On y voit déjà plus clair! Choisissez la valeur à modifier s'il y en a plusieurs (souvent il n'en reste qu'une), entrez la nouvelle valeur, puis cliquez sur le bouton *Save Attr*, puis sur le bouton *OK*.



Attention: la valeur 4,7 k s'écrit 4.7k; la valeur 9 volts s'écrit 9V; la valeur 1 μ F s'écrit 1u. Ne laissez pas d'espace entre le nombre et le multiplicateur ou l'unité de mesure.

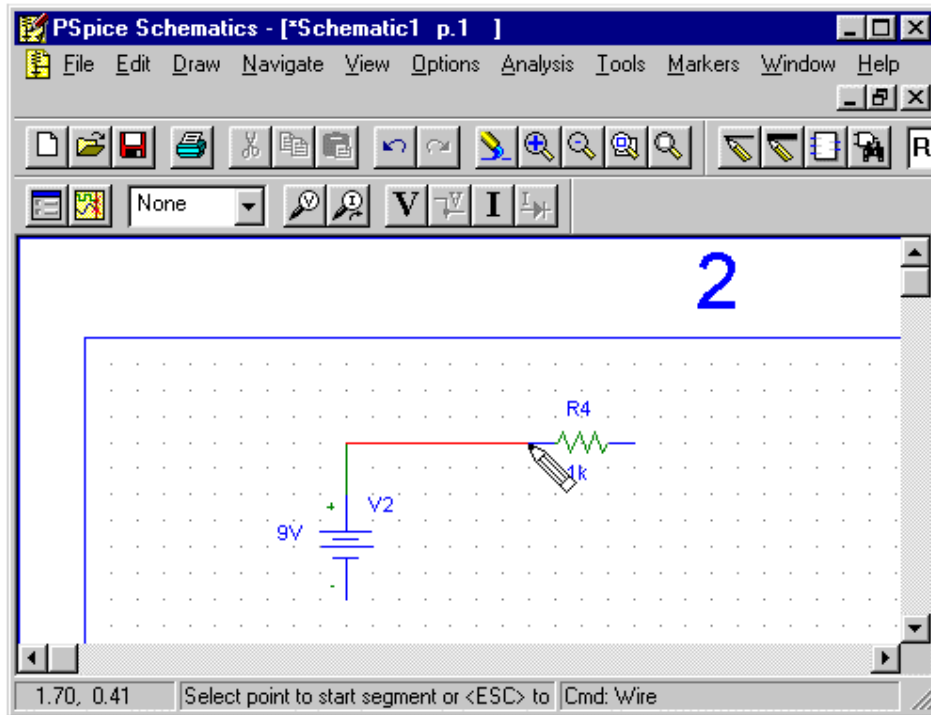
Il est également possible, dans un souci de clarté, de déplacer sur le schéma l'étiquette portant le nom ou la valeur du composant: sélectionnez le composant (il devient rouge), puis cliquez sur l'étiquette et faites-la glisser à l'endroit voulu.

2.7 Connecter les composants

Etape suivante: nous allons connecter les composants entre eux à l'aide du bouton "*Draw Wire*" (le crayon). Vous pouvez aussi faire *Draw/Wire* ou, si vous êtes adepte des raccourcis clavier, *Ctrl+W*.

Attention! Tous les composants doivent être reliés! Aucune connexion ne doit rester "en l'air"! Et n'oubliez pas la masse (GND_EARTH)!

Pour relier les composants, il suffit de cliquer sur "*Draw Wire*": le curseur de la souris prend alors la forme d'un crayon. Cliquez alors sur l'extrémité de départ d'une connexion, puis sur celle d'arrivée: le programme trace le fil de liaison (ligne droite ou coudée à 90°).



Au besoin, les fils de liaison peuvent être allongés ou raccourcis: pour ce faire, sélectionnez le segment de fil par pointage et clic (le fil devient rouge), puis déplacez-le. On peut aussi les supprimer avec *Cut*.

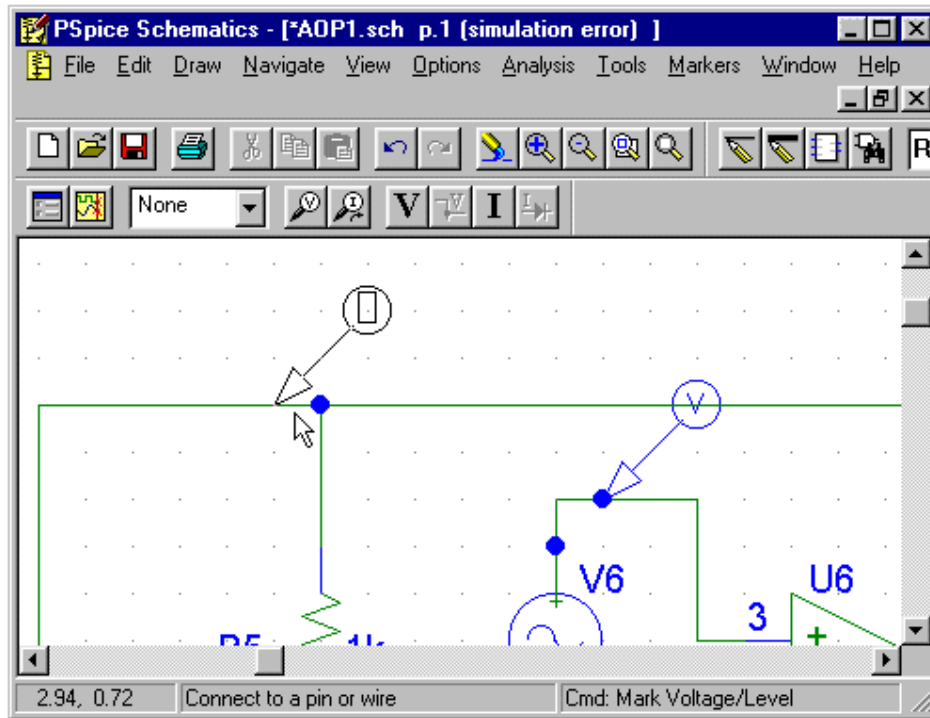
Un conseil: inutile de chercher à faire à tout prix un schéma "artistique", il suffit qu'il soit correct, bien lisible et assez "aéré" pour y placer les appareils de mesure. S'il y a lieu, zoomez pour ajuster sa taille à l'écran.

2.8 Les appareils de mesure

Une fois le schéma complètement dessiné, il convient de "brancher" un ou plusieurs appareils de mesure en des points judicieux. On utilisera pour ce faire les boutons *Voltage Marker* et *Current Marker*.

Procédez exactement comme vous le feriez avec un voltmètre ou un ampèremètre réel.

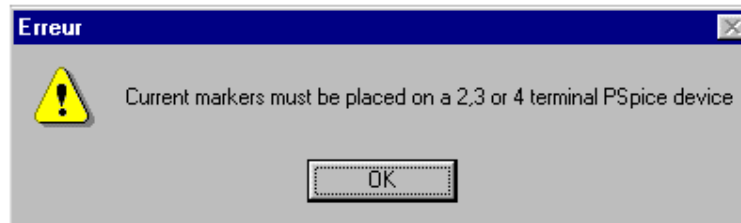
Cliquez sur le bouton *Voltage Marker*: une "pointe de touche", avec une bulle contenant un V, apparaît au bout du curseur de la souris. Déposez le *marker* sur le schéma de manière à ce que la pointe de touche se place sur le fil (*wire*) ou la connexion (*pin*) voulue. Il faut prendre garde de ne pas placer le *marker* ailleurs, sous peine d'un message d'erreur. S'il n'est pas correctement placé, le *marker* sera ignoré par le module de simulation.



Notez que la tension sera mesurée entre le point choisi et la masse, qui sert de référence.

Le *current marker*, quant à lui, doit être placé **sur une broche** d'un composant à 2, 3 ou 4 connexions, et non sur le composant lui-même ou sur un fil de câblage.

En cas d'erreur, vous aurez droit à ce message:



Cliquez sur *OK* pour effacer le message et remplacez correctement votre ampèremètre, par exemple sur une connexion d'une résistance ou une borne d'une pile (VDC).

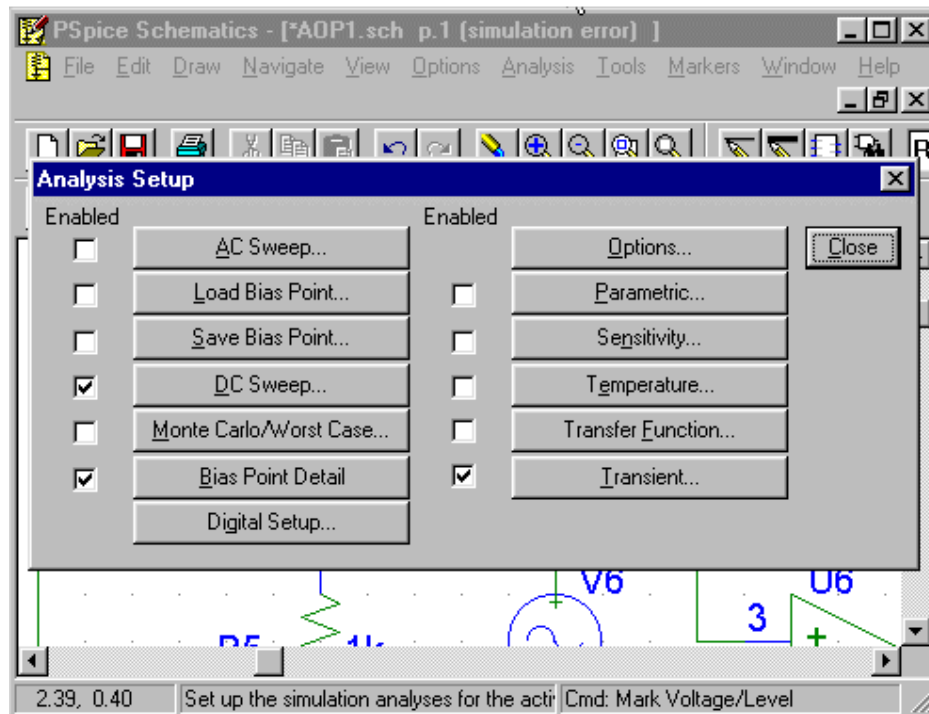
Pour supprimer un *marker*: sélectionnez-le en cliquant dessus, puis *Edit/Cut*, ou l'icône "ciseaux", ou la touche Suppr.

2.9 Paramétrer l'analyse

Nous approchons du but, mais il nous reste à étudier un point crucial et fort complexe: le paramétrage de l'analyse.

Pour ne décourager personne, nous nous bornerons à des réglages élémentaires.

Cliquez sur le bouton *Setup Analysis* (le premier à gauche, deuxième rangée, en forme de rectangle bleu et gris). Un intimidant panneau de boutons et de cases à cocher apparaît:

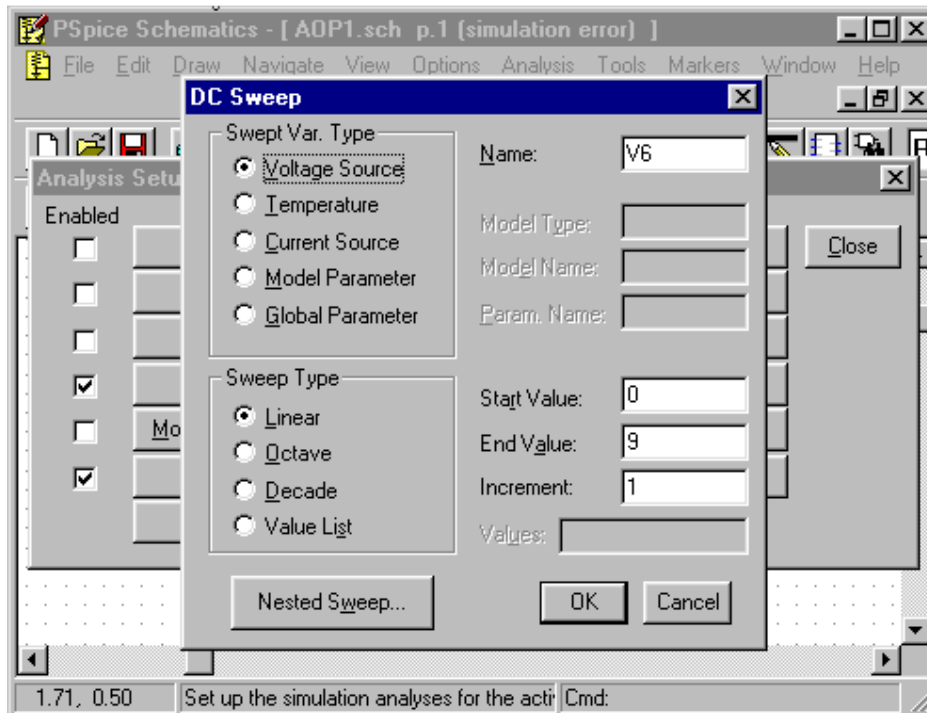


Comme d'habitude, nous allons grandement simplifier: cochez **toujours** *Bias Point Detail* et ne vous occupez pas des autres boutons, **sauf**, éventuellement, *AC Sweep*, *DC Sweep* et *Transient...*

Ces trois derniers boutons réclament un paramétrage détaillé.

DC Sweep

Voyons pour commencer *DC Sweep* (balayage en courant continu):



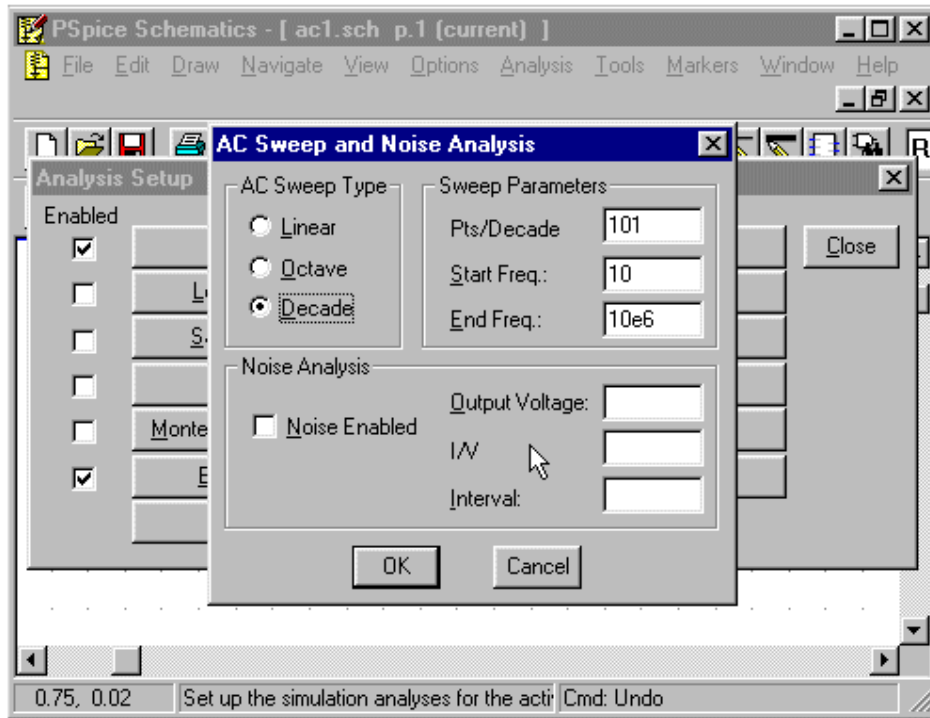
On utilisera *DC Sweep* pour faire varier la tension d'un générateur continu d'une valeur mini à une valeur maxi: on laissera donc coché *Voltage Source* (par défaut) et *Linear* et on ne renseignera que les champs *Name* (nom du générateur qu'on veut faire varier), *Start Value*, *End Value* et *Increment*.

Dans l'exemple ci-dessus, on fait varier V6 de manière linéaire, de 0 à 9 volts, avec un pas de 1 V.

Si vous êtes curieux, vous pourrez essayer les autres options, notamment *Nested Sweep*, qui permet de faire varier deux paramètres en même temps, par exemple deux générateurs, ou un générateur et la température, etc. (N'oubliez pas de cocher la case *Enable Nested Sweep*.) Si vous choisissez *Value List* en *Sweep Type*, entrez les valeurs sous la forme: 1V 3V 5V, sans virgule ou autre signe de ponctuation.

AC Sweep

AC Sweep permet d'obtenir un graphe de la tension en fonction de la fréquence. Ce type d'analyse sera utile, par exemple, en courant alternatif.



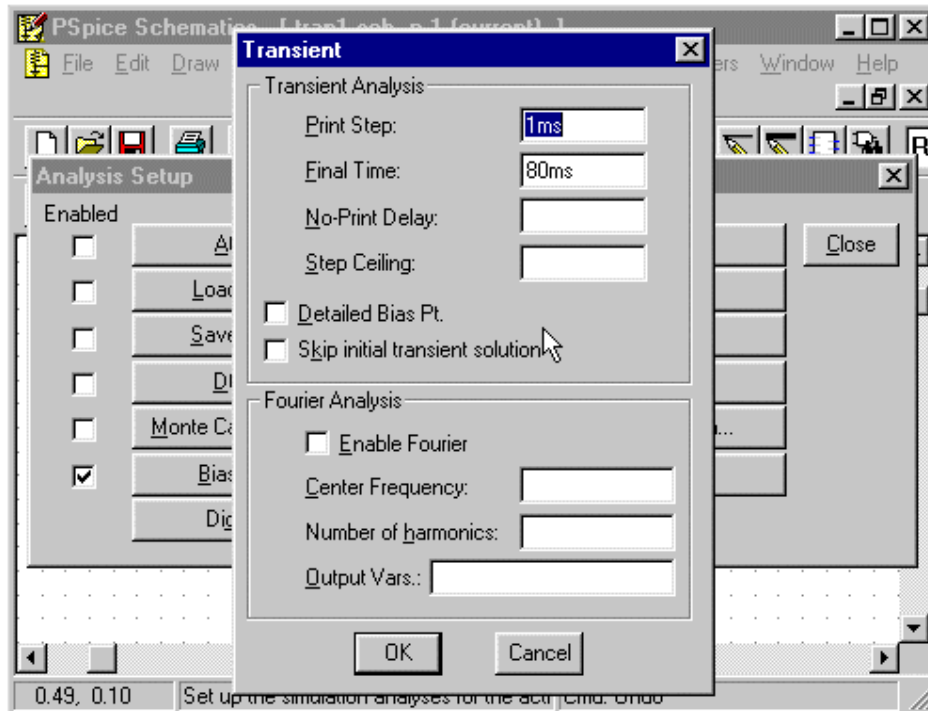
Si vous désirez un balayage sur une très large plage de fréquences, mettons de 10 Hz à 10 MHz, comme dans l'exemple ci-dessus, il sera préférable de choisir le type *Decade*, plus lisible. Vous remarquerez que 10 MHz s'écrit 10e6 (10 fois 10 puissance 6).

Nous laisserons de côté l'option *Noise Analysis*. Les plus acharnés se reporteront au *Reference Guide*...

Transient

Voilà un gros morceau... Il s'agit ici d'étudier le comportement d'un circuit dans le temps, c'est-à-dire entre un instant t et un instant t' . Cette analyse est sans doute la plus intéressante et celle qui réclame le plus de réflexion de la part de l'utilisateur.

En ce qui nous concerne, nous resterons fidèle à notre politique minimaliste: nous ne remplissons que les champs *Print Step* et *Final Time*.



Il faut savoir que, par défaut, l'instant t de départ est fixé à 0. Reste à déterminer l'instant t' de fin d'analyse (*Final Time*), la différence $t' - t$ représente la durée de l'analyse. Ensuite, on choisit le nombre de mesures effectuées par le programme via le *Print Step*. Dans l'exemple ci-dessus, il est fixé à 1 ms, pour une durée totale de 80 ms.

On se reportera au *Reference Guide* pour une explication détaillée des autres options, qui sortent largement du cadre de l'initiation.

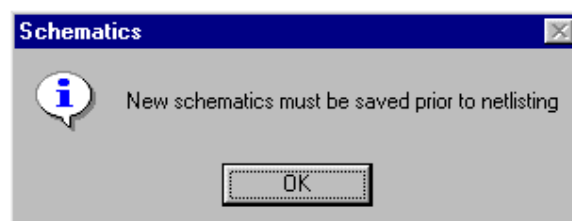
Vérifications et sauvegarde

Le circuit est dessiné, les appareils de mesure en place, le dispositif d'analyse paramétré: nous sommes donc prêt à simuler le fonctionnement de notre circuit.

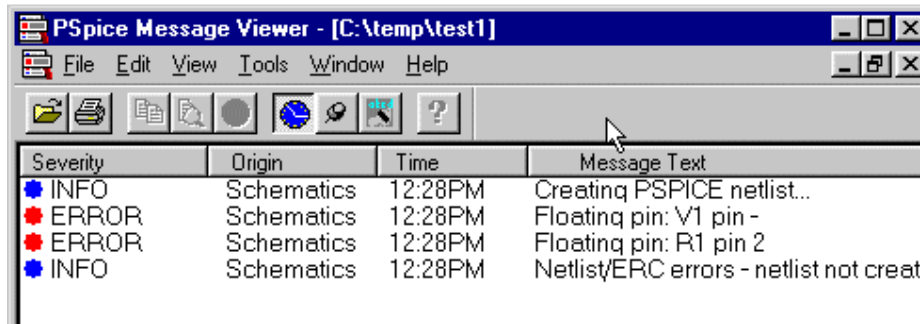
Enfin, presque...

S'il s'agit d'un nouveau schéma (et non d'un schéma précédemment sauvegardé), vous devez le sauvegarder. Cliquez pour cela sur le bouton *Save* (la disquette rouge), ou faites *File/Save*. Choisissez un dossier et un nom, qui se terminera par l'extension *.sch*.

Si d'aventure vous oubliez de sauvegarder votre schéma avant de lancer la simulation, vous serez gratifié de ce message:



D'autre part, *PSpice* vérifie que votre schéma est correct et, si tel n'est pas le cas, il vous en informe par le truchement du **Message Viewer**:



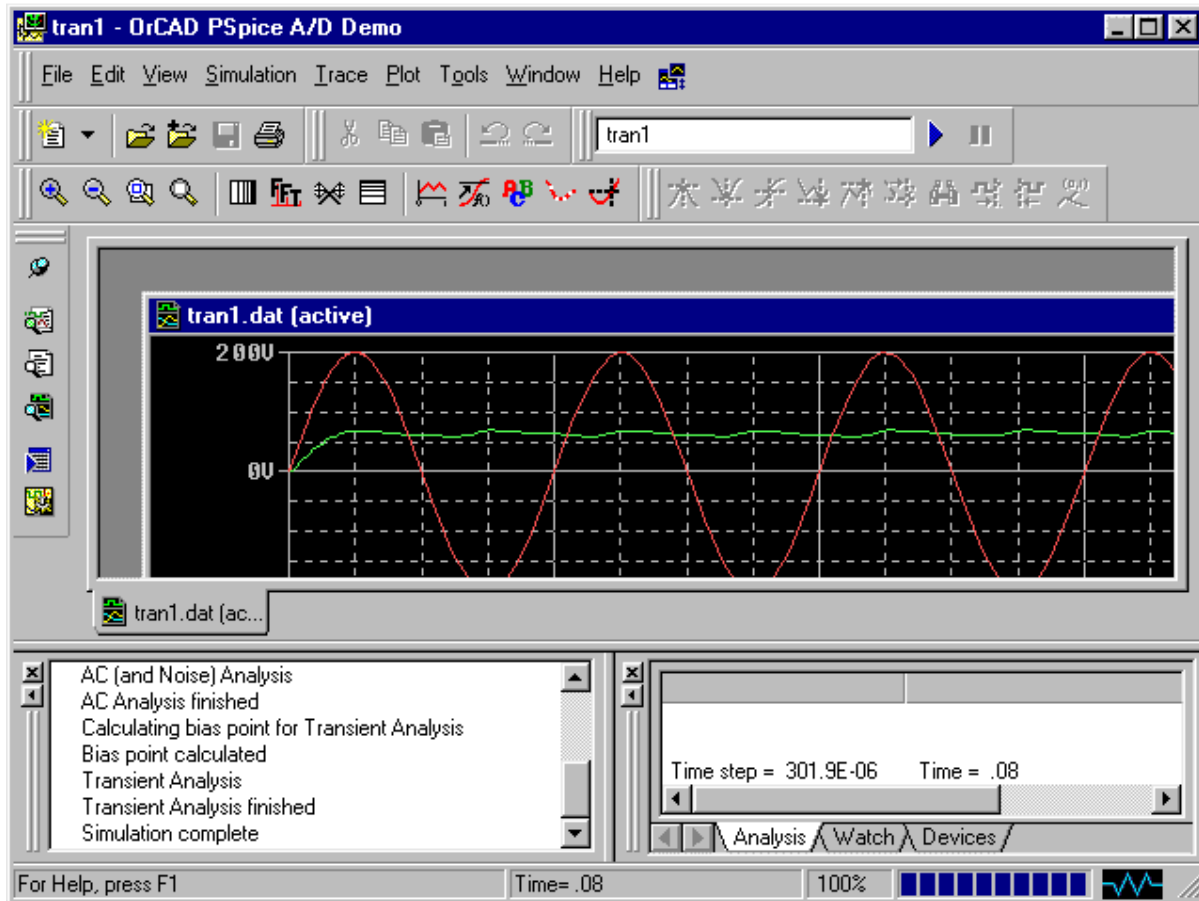
Dans l'exemple ci-dessus, deux erreurs (ERROR, en rouge) sont signalées, à savoir que V1 et R1 ne sont pas connectés (*floating pin*). Corrigez votre schéma, puis sauvegardez-le.

Et maintenant, simulons!

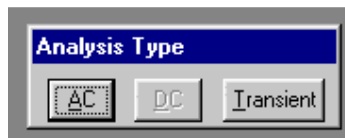
2.10 Analyser un circuit avec PSpice A/D

Le module de simulation est lancé à partir de **Schematics** en cliquant sur le bouton *Simulate* (le 2ème de la 2ème rangée), ou par *Analysis/Run Probe*, ou en tapant la touche *F12*.

Vous obtenez alors un écran qui peut ressembler à ceci:



Si vous avez activé plusieurs sortes d'analyse (*AC Sweep, DC Sweep, Transient...*), vous aurez auparavant à choisir laquelle vous désirez visualiser:

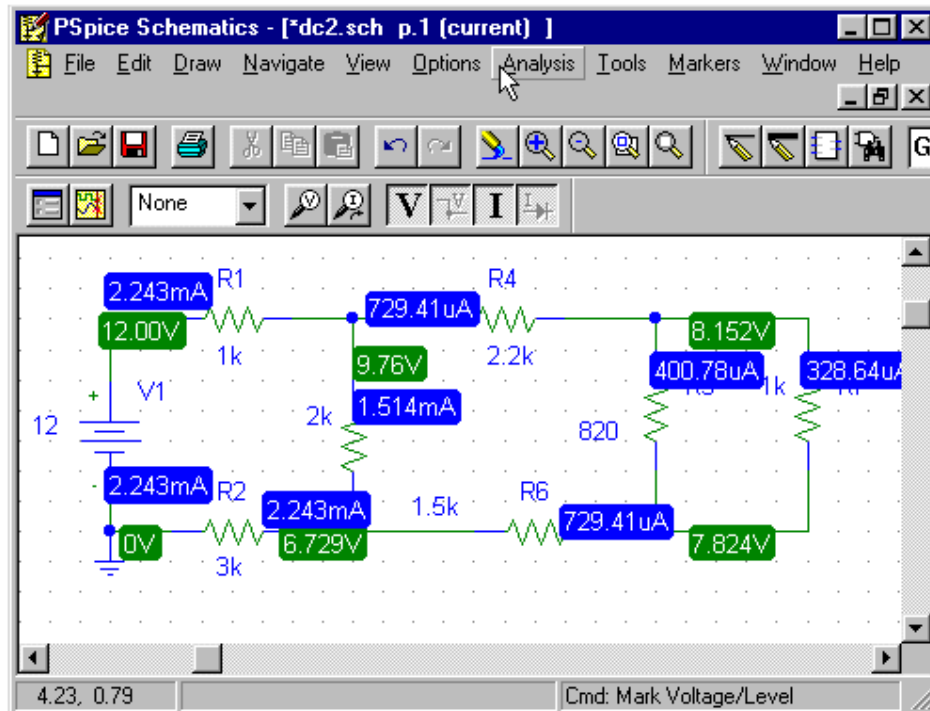


En ce qui concerne la signification des boutons de commande, voici une astuce: faites *Tools/Customize...*, puis choisissez l'onglet *Commands*. Cliquez sur les icônes, et vous obtiendrez une description de la commande associée. La plus intéressante de ces commandes est sans doute *Add Trace(s)*.

Pour plus de confort, utilisez les différentes options permettant d'ajuster l'affichage (plein écran, fenêtré, cascade, etc...). Prenez le temps de faire quelques essais, c'est sans danger! Vous trouverez rapidement l'affichage qui vous convient le mieux.

Après visualisation des résultats de l'analyse, fermez le module **Probe**: vous retournez alors dans **Schematics**.

Une bonne surprise vous y attend si vous cliquez sur les boutons *Enable Bias Voltage Display* (le V majuscule) et/ou *Enable Bias Current Display* (le I majuscule): les valeurs des tensions et des courants sont affichées directement sur le schéma!



Voilà qui sera d'une grande utilité en maintes circonstances!

Un conseil: n'hésitez pas à modifier une ou plusieurs valeurs de composants, à rajouter ou déplacer des *markers*, à changer les paramètres d'analyse, etc... Observez ensuite le résultat de vos modifications sur le graphique, notez d'éventuelles différences, essayez de comprendre. C'est très pédagogique!

Nous en resterons là en ce qui concerne la "prise en main" de *PSpice*, car vous en savez désormais assez pour vous débrouiller avec des schémas simples.

Si vous comprenez un peu l'anglais, et si vous êtes curieux, vous découvrirez dans les menus de nombreuses fonctions dont nous n'avons pas parlé ici. L'aide en ligne, globalement peu explicite, pourra parfois vous apporter quelques lumières.

2.11 PSpice: exercices pratiques

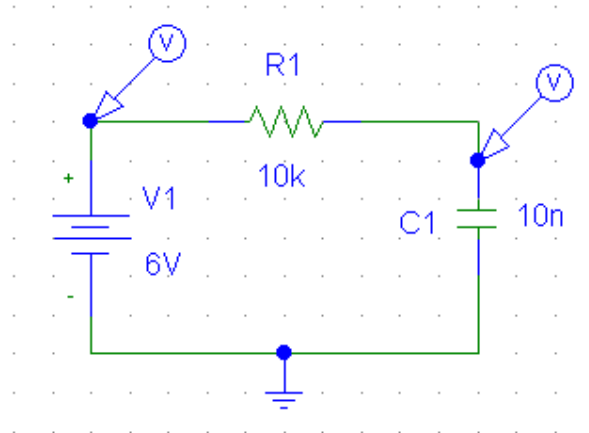
2.11.1 Cellule RC

Ce premier exercice nous permettra d'étudier le comportement d'une [cellule RC](#), et plus précisément le phénomène de charge du condensateur.

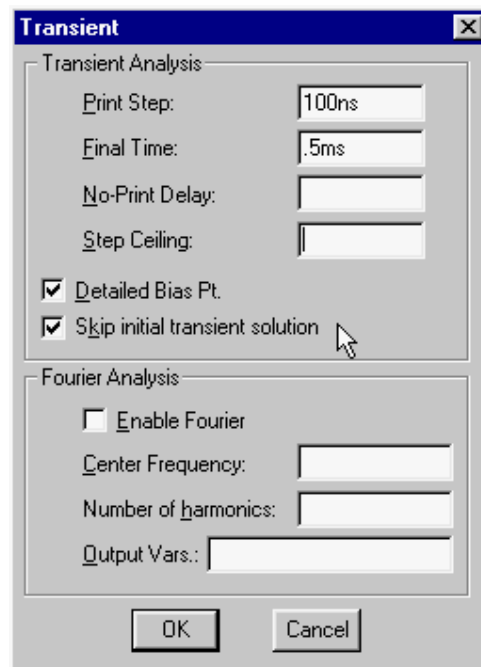
Lancez **Schematics** et dessinez le schéma ci-contre. Les valeurs des composants ne sont pas critiques; vous pourrez d'ailleurs les modifier par la suite (100 k et 10 nF; 10 k et 100 nF; 100 k et 100 nF; etc...).

N'oubliez pas de brancher les voltmètres!

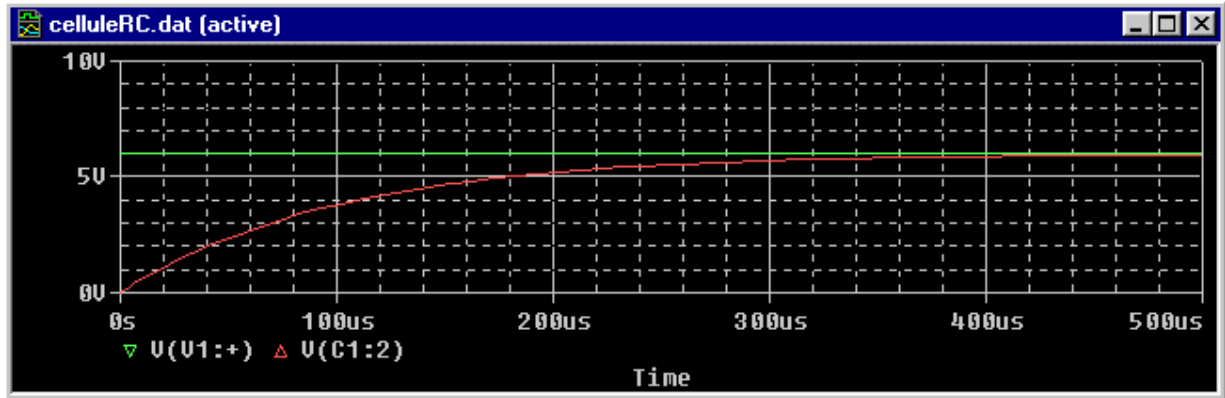
N'oubliez pas non plus la masse!



Paramétronsons maintenant le *Analysis Setup*, comme ci-dessous:



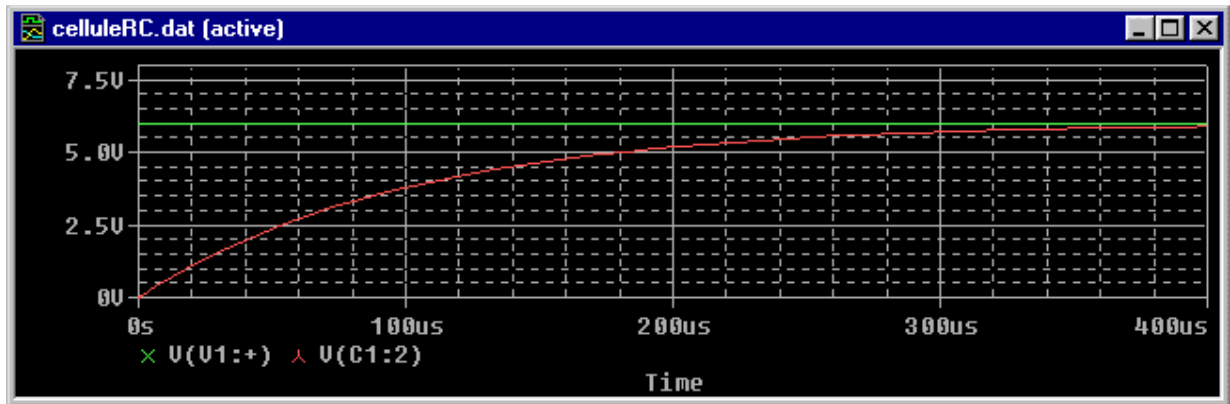
Après sauvegarde, on lance la simulation et on obtient ce graphe:



La courbe rouge correspond à la tension aux bornes de C1, la verte est la tension aux bornes de la pile de 6 volts.

Affiner la lecture des résultats

Pour rendre le graphe plus lisible, on peut modifier l'affichage en passant par le menu *Plot/Axis Settings...*, et par les réglages disponibles dans les onglets *X Axis* et *Y Axis* (*Data Range/User Defined*, *Use Data/Restricted*, ...). Le résultat peut alors ressembler à ceci :



Ces options autorisent une étude plus fine d'une partie seulement du graphe.

Pour une analyse encore plus fine, on utilisera le menu *Trace/Cursor/Display* ou le bouton *Toggle Cursor*.

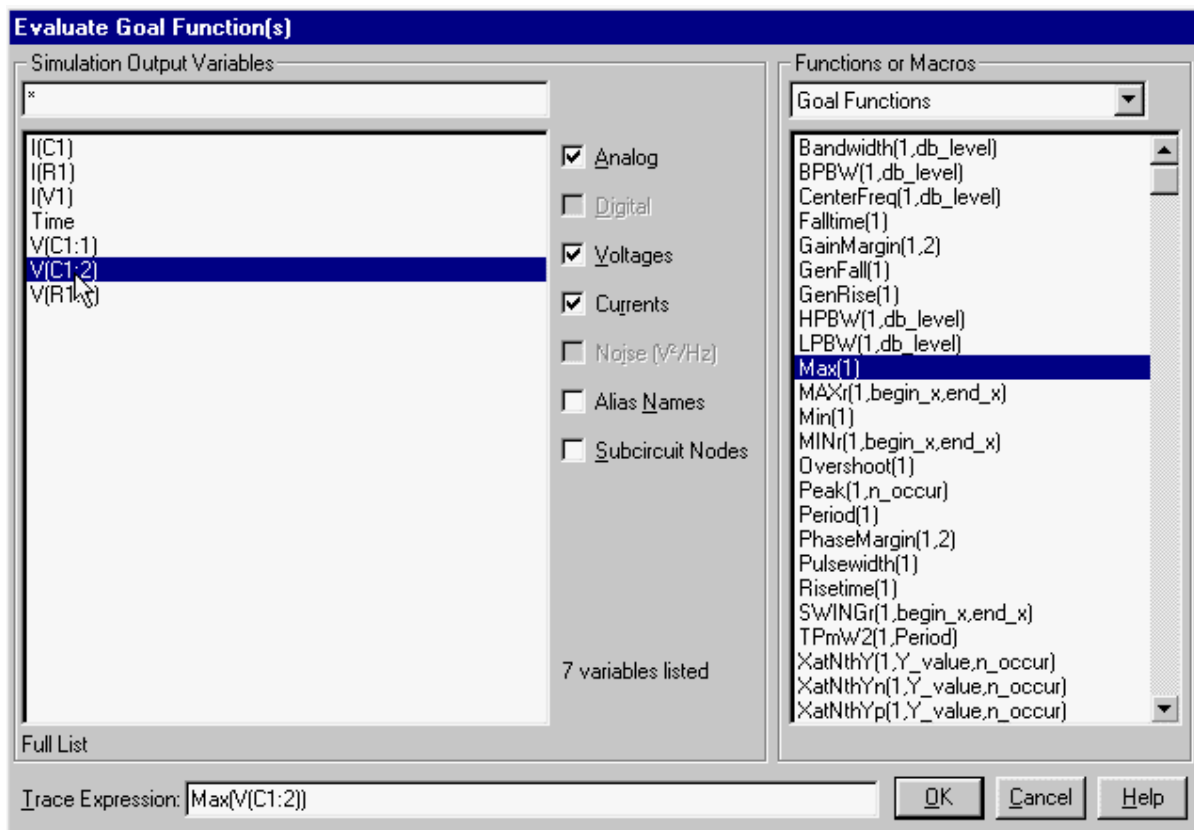
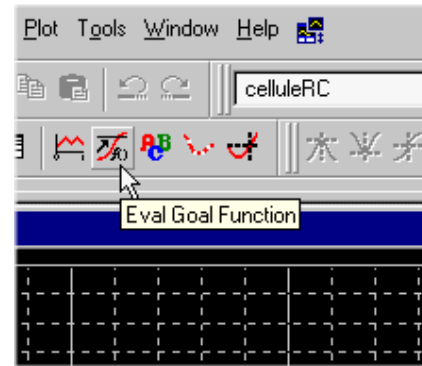
Probe Cursor	Probe Cursor	Probe Cursor
A1 = 100.000u, 3.7921	A1 = 300.000u, 5.7017	A1 = 500.000u, 5.9597
A2 = 100.000n, 5.9940m	A2 = 100.000n, 5.9940m	A2 = 100.000n, 5.9940m
dif= 99.900u, 3.7861	dif= 299.900u, 5.6957	dif= 499.900u, 5.9537

Si on n'active que le seul curseur A1, comme ci-dessus, le curseur A2 se voit attribué une valeur par défaut dont on n'a pas besoin de tenir compte. Les valeurs de A1 correspondent ici à une fois, trois fois et cinq fois la constante de temps.

Eval Goal Function

Un autre outil très utile (et très puissant) est disponible grâce à *Trace/Eval Goal Function...*

Passez par le menu ou cliquez sur le bouton (voir ci-contre) pour accéder au panneau de paramétrage (ci-dessous).



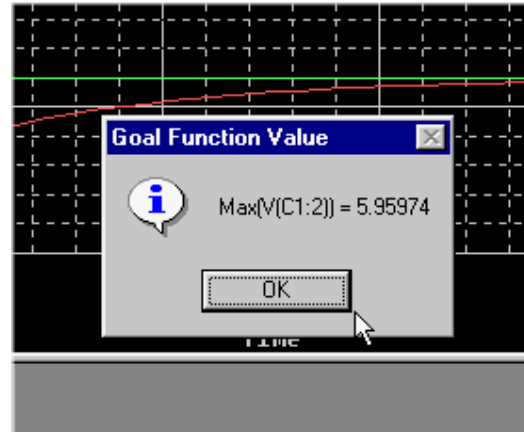
Décochez *Alias Names* et *Subcircuit Nodes* pour clarifier la liste de gauche. Choisissez une fonction dans la liste de droite: dans notre exemple, ce sera *Max(1)*. Choisissez ensuite une variable dans la liste de gauche: par exemple, *V(C1:2)*. L'expression s'affiche dans le champ au bas de l'écran: *Max(V(C1:2))*, soit la valeur maximale de la tension aux bornes de C1. Cliquez sur *OK*.

La réponse s'affiche dans une boîte de dialogue.

Attention: cette solution (*Goal Function Value*) ne concerne que le graphe affiché, obtenu à partir du paramétrage actuel de *Transient*!

Pour vous en convaincre, modifiez dans *Transient* la valeur de *Final Time*: mettez 1ms au lieu de .5ms. La *Goal Function Value* sera alors 5.99974.

Comprenez-vous pourquoi?

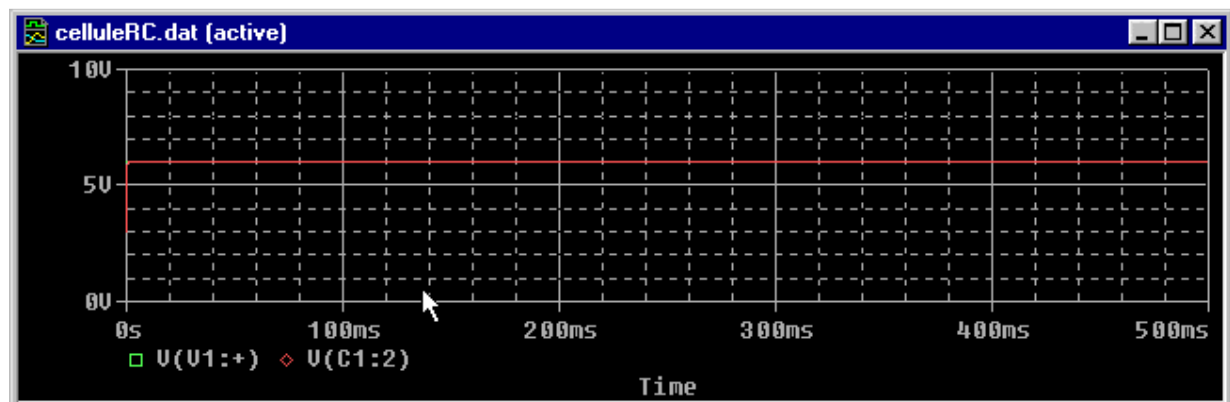


Paramétrage de *Transient*...

Nous allons revenir sur le paramétrage de *Analysis Setup*, car les valeurs de *Print Step* et surtout de *Final Time* ne peuvent pas être choisies au hasard, sous peine de résultats inexploitable. Prenez le temps de lire (et de comprendre) ce qui suit, c'est très important!

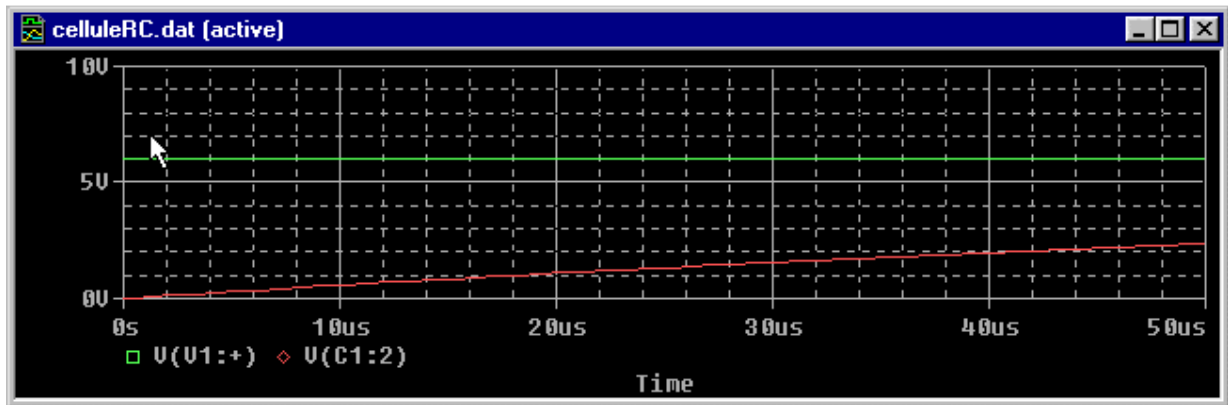
Avec R_1 égale à 10 k et C_1 égal à 10 nF, on a vite fait de calculer la constante de temps: 100 μ s. D'où le choix d'un *Final Time* de 500 μ s (.5ms), soit cinq fois la constante de temps. A cet instant, C_1 sera chargé à 99% de sa tension finale.

Faites à présent cette petite expérience: paramétrez *Transient Analysis* avec un *Print Step* de 10 ms et un *Final Time* de 500 ms. Vous aurez ce résultat, bien peu utile, sinon trompeur:



On voit que les valeurs choisies sont beaucoup trop grandes. (La trace verte est d'ailleurs cachée par la trace rouge.)

Paramétrez à nouveau *Transient Analysis*, avec cette fois un *Print Step* de 100 ns et un *Final Time* de 50 μ s. Le résultat s'avère là encore pour le moins équivoque:



On serait en effet tenté de croire, *a priori*, que la trace rouge est une droite...

Insistons sur ce point: avant de choisir la durée d'une analyse, il convient de bien réfléchir à ce qu'on veut visualiser! Des valeurs inadéquates produiront des graphes incompréhensibles ou vous induiront en erreur.

2.11.2. Les sources de tensions pour l'analyse

[Lire le document ici en pdf](#)

Chapitre 3 : Le redressement monophasé

Exercices pratiques sous Pspice

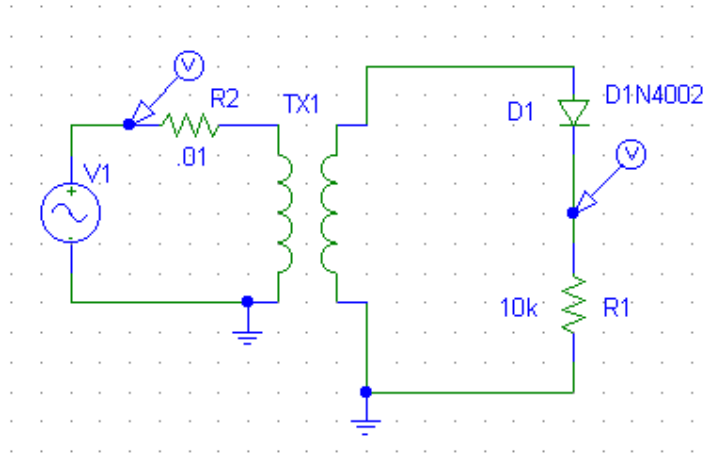
[Transformateur et pont de diodes](#)

Dans cet exercice, nous allons utiliser un transformateur et une ou plusieurs diodes pour étudier le redressement du courant alternatif.

Ce premier schéma nous permettra d'étudier le redressement simple alternance, réalisé à l'aide d'une seule diode.

Le schéma ci-contre nécessite les composants suivants:

- générateur de tension alternative (VSIN)
- transformateur (XFRM_LINEAR)
- diode de redressement (D1N4002)
- 2 résistances
- des masses



A l'aide de *Get New Part*, déposez d'abord tous les composants requis sur la feuille de travail.

Double-cliquez sur VSIN (*Transient sine voltage source*) et entrez les valeurs suivantes:

- AC=200
- VOFF=0
- VAMPL=200
- FREQ=50

TD, DF et PHASE restent à 0.

Double-cliquez sur XFRM_LINEAR (*COUPLING*) et entrez les valeurs suivantes:

- COUPLING=.98
- L1_VALUE=1h
- L2_VALUE=.125h

Ces valeurs, notamment celle de L2_VALUE, pourront être retouchées ultérieurement.

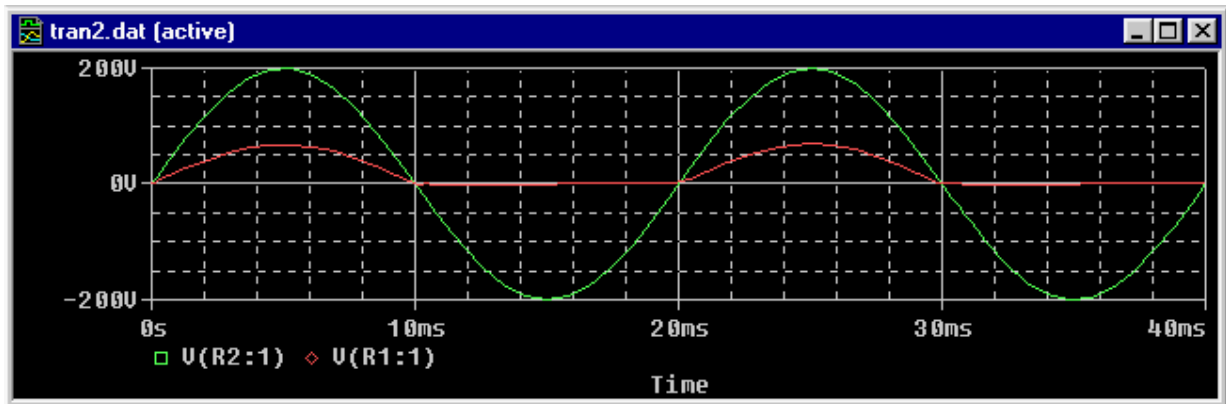
S'agissant de la diode 1N4002, il n'y a rien à faire, laissez VALUE et AREA vides.

Donnez à R2 la valeur (très faible, mais nécessaire) de .01; R1 pourra avoir une valeur d'environ 10 k.

Reliez tous les composants, n'oubliez pas les masses et branchez deux voltmètres.

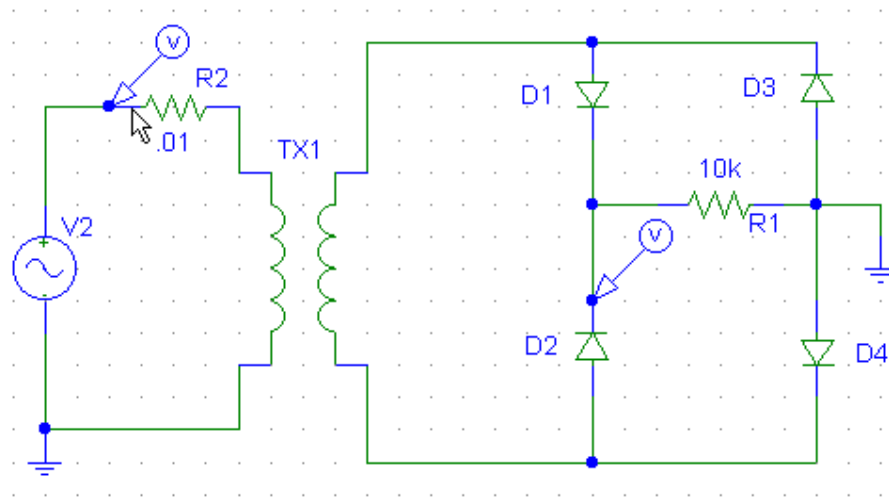
Allez à présent dans le menu *Analysis Setup*, cochez *Transient...*, et entrez 1 ms pour le *Print Step* et 40 ms pour le *Final Time*.

Sauvegardez et lancez la simulation:

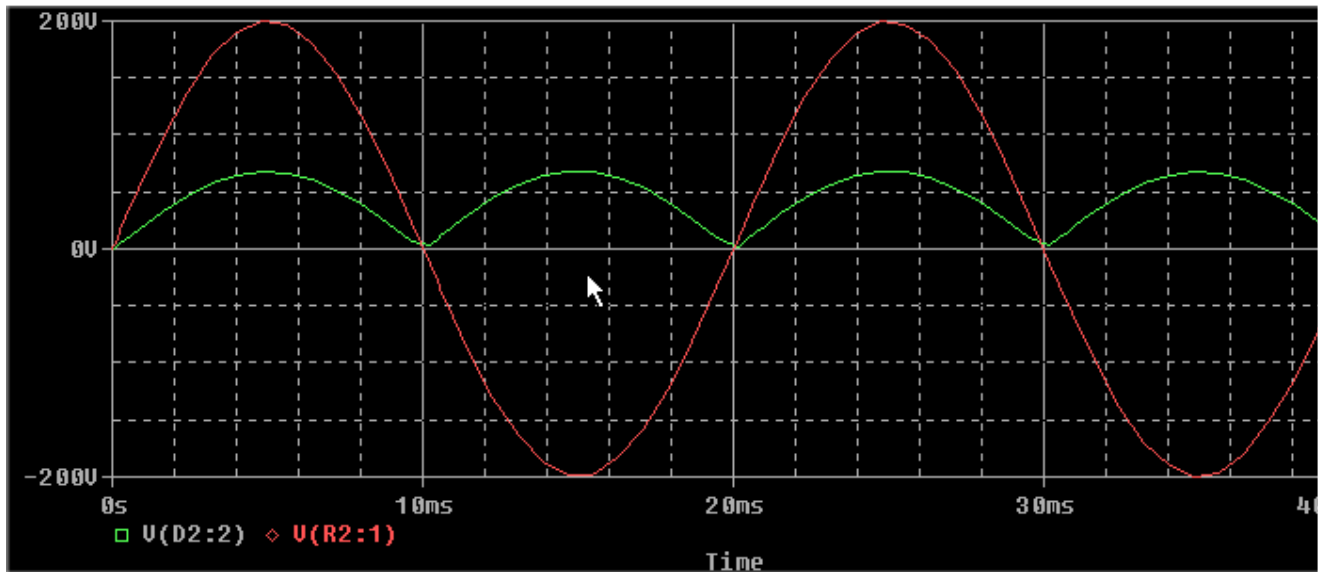


Nous avons bien un redressement simple alternance (trace rouge). Notez que la période de V1 est de 20 ms (la fréquence de VSIN étant de 50 Hz). Vous pouvez le vérifier avec *Eval Goal Function* et la fonction *Period(1)*.

Voyons à présent le redressement double alternance par pont de Graëtz. Modifiez votre schéma original pour obtenir ceci:



Le résultat est bien un redressement double alternance:



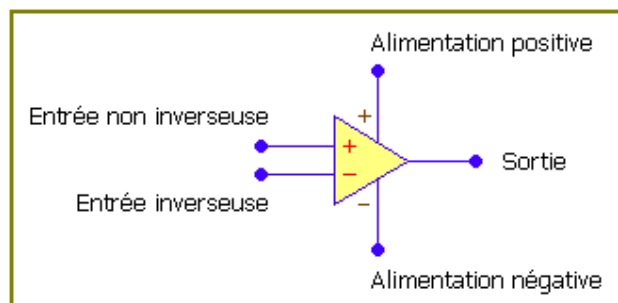
Par acquis de conscience, mesurez avec la fonction *Period(1)* de *Eval Goal Function* la période (et donc la fréquence) de V2 (trace rouge) puis de la tension redressée (trace verte).

Application: Calcul d'une alimentation continue

Chapitre 4 : Les régulateurs de tension PV

4.1 Amplificateur opérationnel

Traitement des signaux analogiques alternatifs et continus par opération mathématique



L'amplificateur opérationnel est un dispositif permettant :

- l'amplification d'un signal selon un gain préalablement calculé
- de comparer un signal selon une référence donnée
- l'obtention d'une bascule bistable

- d'intégrer un signal carré en un signal triangulaire
- de différencier un signal triangulaire en un signal carré
- la faculté d'opérer arithmétiquement l'addition et la soustraction de divers signaux

Les caractéristiques principales sont :

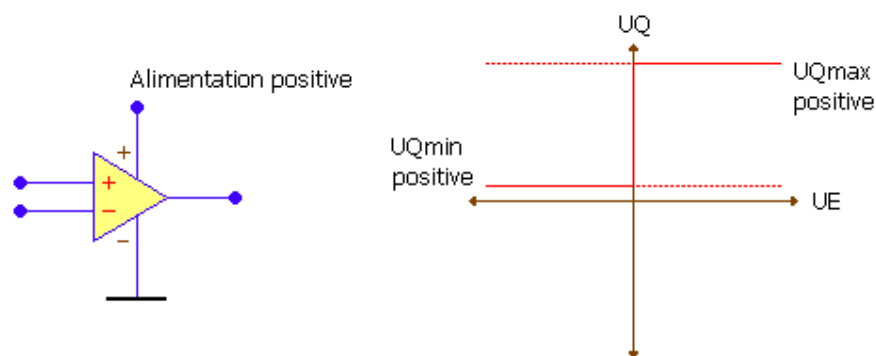
- gain en tension très élevé (100k)
- impédance d'entrée très élevée (de l'ordre du MW)
- impédance de sortie faible (une centaine d'W)
- temps de montée très rapide
- reproduction du signal sans distorsion
- large bande passante
- alimentation basse tension symétrique ou asymétrique

4.1.1 Particularités de l'amplificateur opérationnel

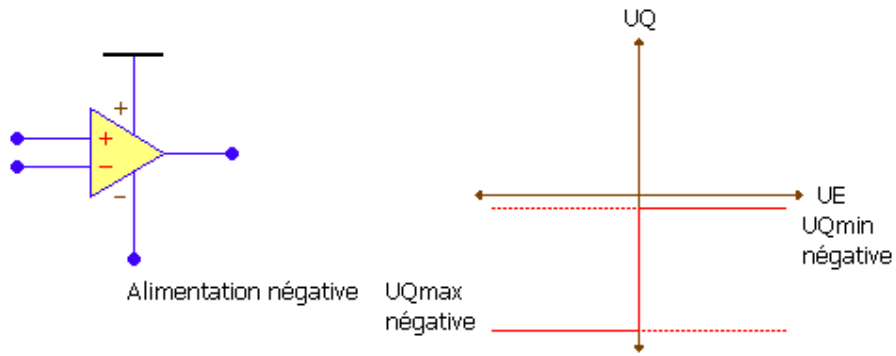
Elimination d'une composante (partie de l'alternance) du signal de sortie :

Un amplificateur opérationnel est alimenté par une alimentation positive, une alimentation négative et un point de référence (la masse). Il suffit de supprimer une des alimentations et le signal de sortie ne sera pas amplifié.

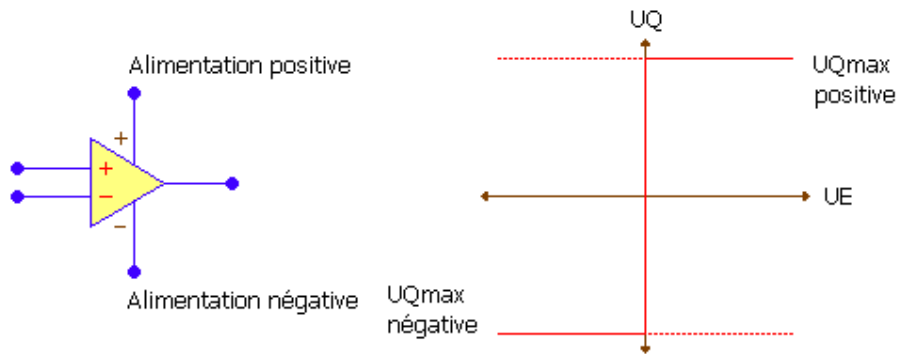
Sa zone de travail est de l'ordre de : la tension d'alimentation positive + la tension d'alimentation négative - les tolérances de l'amplificateur opérationnel (10%).



Alimentation seulement positive
(amplification de la partie positive du signal)



Alimentation seulement négative
(amplification de la partie négative du signal)

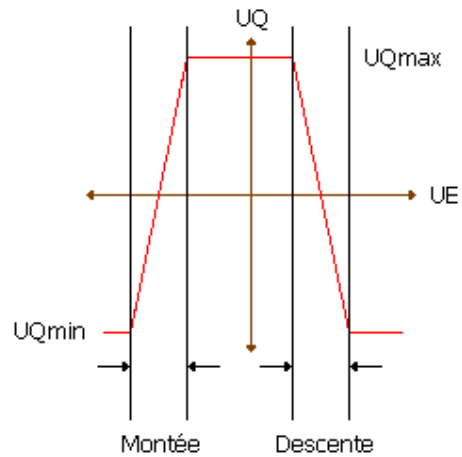


Alimentation fractionnée
(amplification complète du signal)

Temps de montée et temps de descente :

On parle de temps de montée ou de descente le temps que met l'amplificateur opérationnel pour parcourir l'excursion de la tension de sortie.

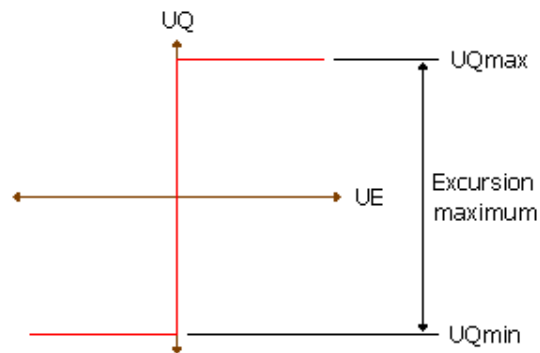
Si ce temps est long (de l'ordre de quelques ms), le signal de sortie risque d'être passablement déformé ; surtout lors de signaux carrés. Pour remédier à ce défaut, il faut choisir un amplificateur opérationnel ayant des caractéristiques de rapidité dans les temps de montée.



Excursion de la tension de sortie :

En pratique, l'excursion de la tension de sortie est de l'ordre de 10% en dessous de la tension d'alimentation du montage.

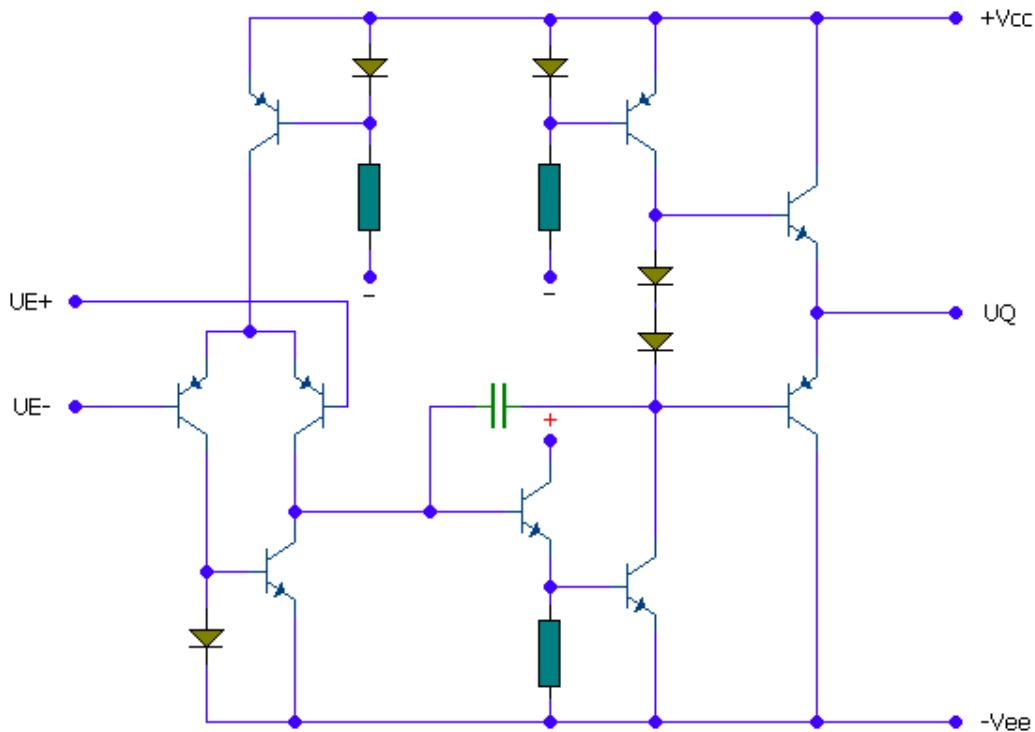
Pour une alimentation de 15V, l'amplificateur opérationnel peut délivrer au maximum 13.5V, soit 27Vpp (2x15-10%).



On remarque sur les divers diagrammes représentés que le niveau de sortie (tension) est écrêté à partir du point de saturation.



Schéma interne d'un amplificateur opérationnel de type 741

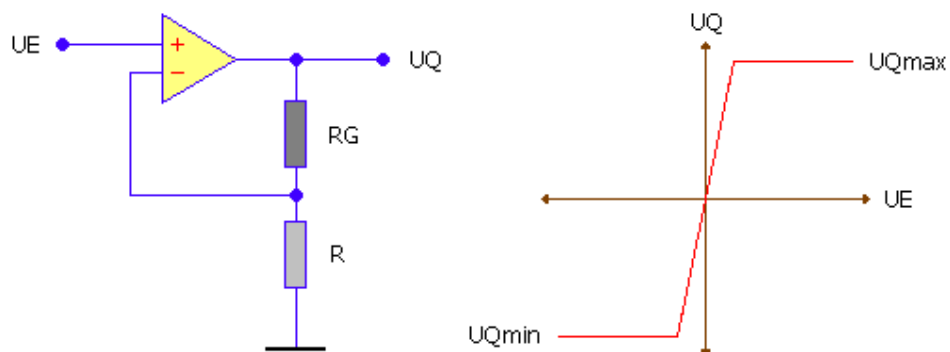


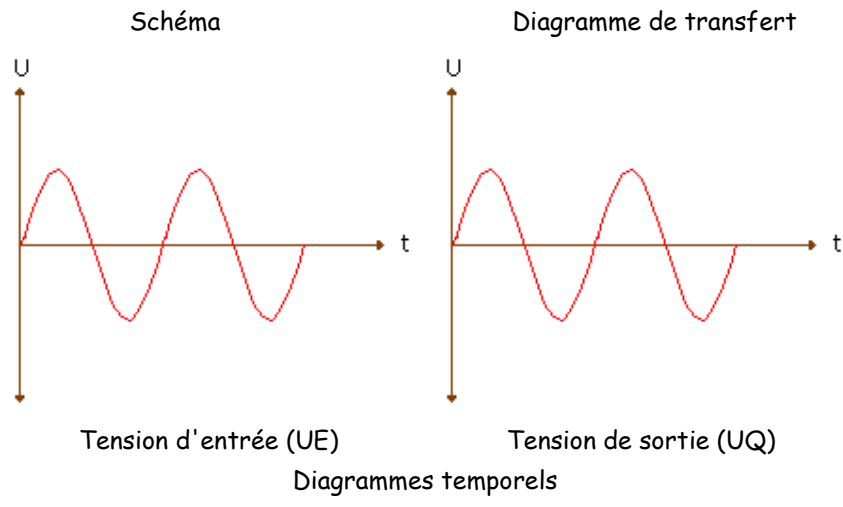
Le LM741 est un amplificateur opérationnel très conventionnel, il offre des caractéristiques intéressantes en rapport à son coût de fabrication modique.

Il dispose d'un gain en boucle ouverte pouvant atteindre 100k ; une impédance d'entrée approchant 2M Ω , ce qui implique un courant d'entrée négligeable ; son impédance de sortie est quasiment nulle (75 Ω). Le seul inconvénient de ce circuit intégré est sa "lenteur" pour le slew-rate (rapport du temps de montée/descente en fonction de la tension de sortie) qui est de 0.5 V/m s.

L'entrée non inverseuse et l'entrée inverseuse aboutissent dans un montage amplificateur à paire différentielle polarisée par générateur de courant constant. Le signal de sortie traverse un adaptateur d'impédance pour attaquer directement un étage amplificateur final push-pull classe AB.

4.1.2 Amplificateur non inverseur





$$AU = \frac{R + RG}{R}$$

$$UQ = UE \frac{R + RG}{R}$$

Le signal présent à l'entrée de ce montage est amplifié sans déphasage.
 La pente du diagramme représente le gain en tension du montage

4.1.3 Amplificateur inverseur

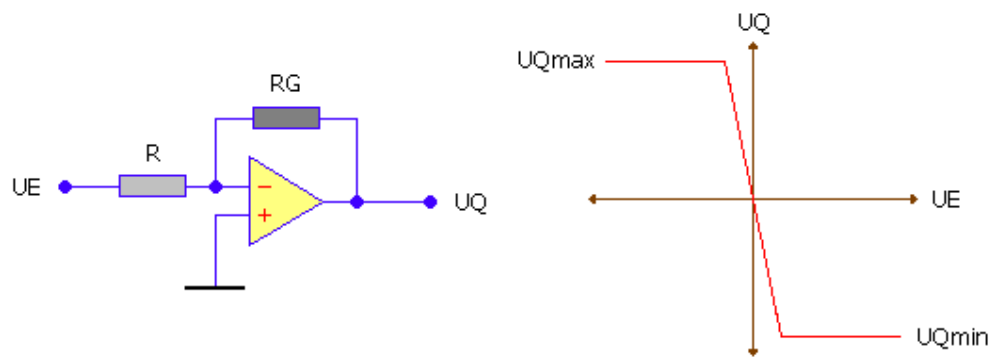
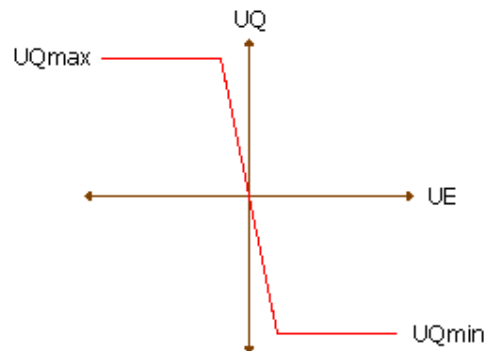


Diagramme de transfert

Le diagramme de ce montage ne peut pas être représenté ; d'une part des tensions UE_1 , UE_2 , UE_3 qui peuvent être soit positives, soit négatives ; et d'autre part que le gain se calcule avec les courants dans les résistances chutrices, donc avec les tensions d'entrée ; nous ne pouvons pas parler de gain d'amplification. Toute fois si les résistances R_1 , R_2 , R_3 sont identiques et que nous admettons les entrées aux mêmes potentiels positifs, nous pouvons dessiner le diagramme et écrire la formule suivante :



$$AU = -\frac{RG}{R} \cdot \text{Nbre } R$$

sinon la formule suivante est à respecter :

$$UQ = -RG \left(\frac{UE_1}{R_1} + \frac{UE_2}{R_2} + \frac{UE_3}{R_3} \right)$$

ou

$$UQ = -RG (IR_1 + IR_2 + IR_3)$$

Les tensions présentes aux différentes entrées sont additionnées puis amplifiées avec un déphasage de 180° ;
le gain est négatif.

Remarques

Si toutes les résistances (RG et R_1 ; R_2 ; R_3) sont de même valeur, le montage se comporte avec un gain d'amplification de RG sur R ; donc 1. La solution résultante est :

$$U_Q = -(U_{E1} + U_{E2} + U_{E3})$$

C'est un sommateur (inverseur) de tension parfait.

Le montage sommateur inverseur peut contenir une infinité d'entrée ; ici, dans l'explication, trois seulement sont démontrées.

4.1.5 Amplificateur soustracteur

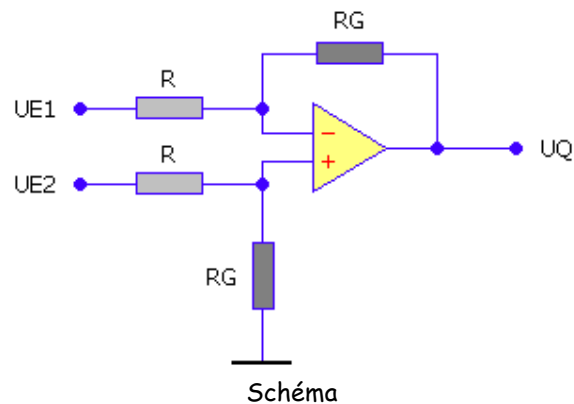


Diagramme de transfert

Identique au précédent ; ici nous avons un montage qui présente la particularité de soustraire une tension à une autre ; donc la tension de sortie peut être soit négative soit positive. Le diagramme ne peut vraiment pas être représenté.

$$U_Q = (U_{E2} - U_{E1}) \cdot \frac{R_G}{R}$$

Ce montage applique en sortie le résultat de la différence de potentiel aux entrées.

Remarques

Les deux paires de résistances R et RG sont identiques mais inégales.

Si toutes les résistances (RG et R) sont de même valeur, le montage se comporte avec un gain d'amplification de RG

sur R ; donc 1. La solution résultante est :

$$U_Q = (U_{E2} - U_{E1})$$

C'est un soustracteur de tension parfait.

4.1.6 Comparateur

Principe

Le comparateur est un dispositif permettant de comparer une tension par rapport à une référence donnée.

Son niveau de sortie est soit positif (représenté par un état) soit négatif (au potentiel de la tension d'alimentation).

Le montage du comparateur se fait sans contre-réaction (boucle ouverte).

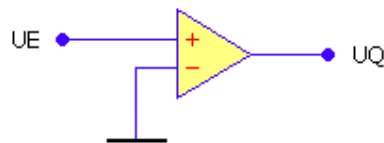
Une référence (tension) donne le point de basculement de l'amplificateur opérationnel.

Ici, la référence donnée est la masse, donc dès que la tension d'entrée du montage est supérieure de quelque mV, le circuit se met en fonction et nous trouvons en sortie un niveau haut, la tension d'alimentation positive (pour le cas du comparateur non inverseur).

Au contraire si la tension d'entrée du montage est inférieure à la référence (masse) de quelque mV, le circuit se met en fonction et nous trouvons en sortie un niveau bas (tension d'alimentation négative).



4.1.6.1 Comparateur non inverseur



Montage

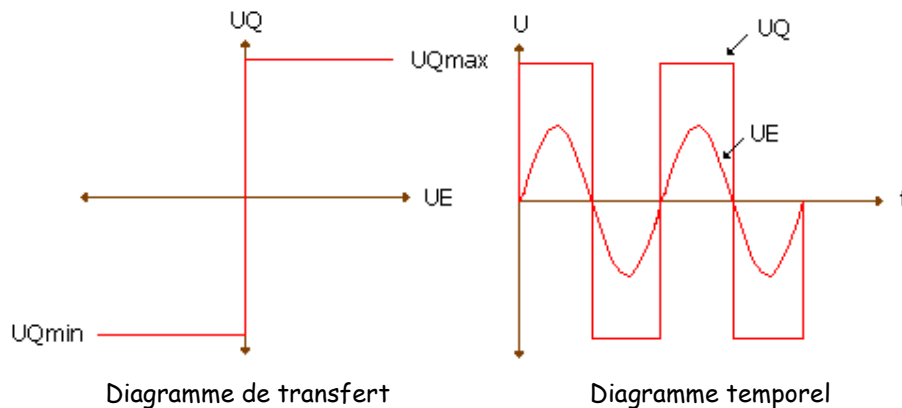
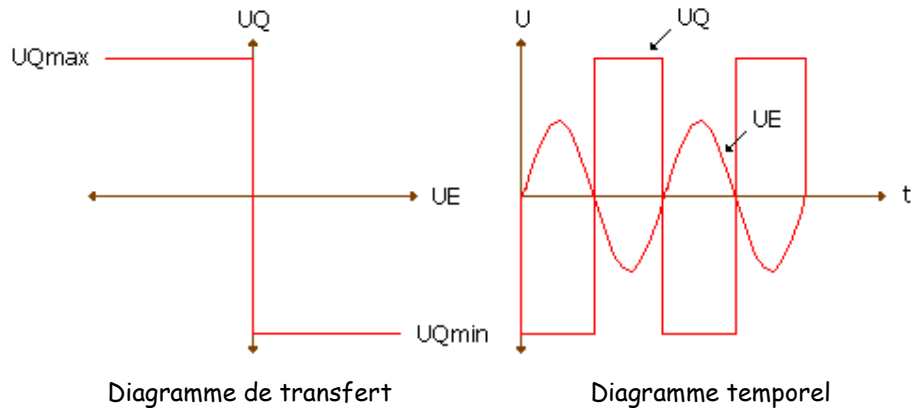
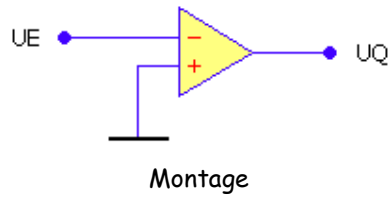


Diagramme de transfert

Diagramme temporel



4.1.6.2 Comparateur inverseur



Pour le montage du comparateur inverseur :

Dès que la tension d'entrée est supérieure de quelque mV à la référence (masse), le circuit se met en fonction et délivre un niveau bas en sortie (tension d'alimentation négative).
Au contraire, si la tension d'entrée est inférieure de quelque mV, le circuit se met en fonction et nous trouvons un niveau haut (tension d'alimentation positive).

Pour le point de sensibilité au basculement

$$UE = \frac{V^+}{AU}$$

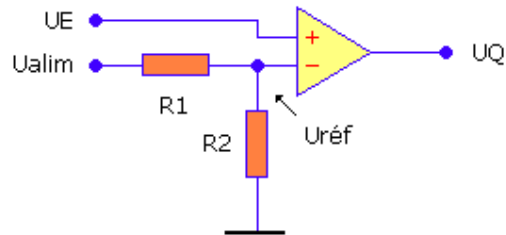
ou

$$UE = \frac{V^-}{AU}$$

(sensibilité de la tension pour laquelle le basculement est établi)
AU étant le gain en boucle ouverte de l'amplificateur opérationnel.

4.1.6.3 Translation du point de basculement pour les montages du comparateur

La translation du point de basculement se fait à l'aide d'une tension qu'on insère au niveau du point de référence au basculement.



Montage du comparateur non inverseur

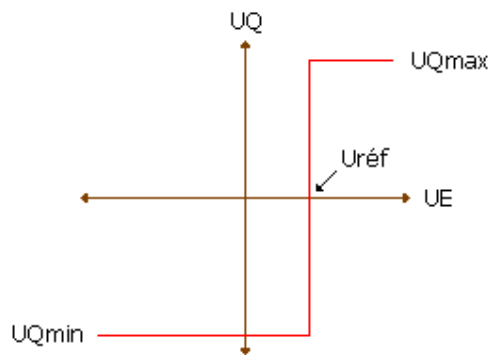


Diagramme de transfert

Tension de référence positive
 $U_{réf}$ = point de basculement

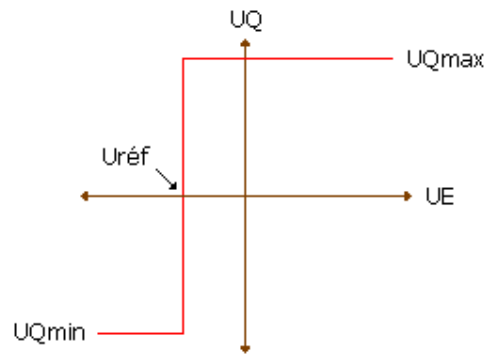


Diagramme de transfert

Tension de référence négative
 $U_{réf}$ = point de basculement

La tension de référence fixe le point de basculement de l'amplificateur opérationnel.



Montage du comparateur inverseur

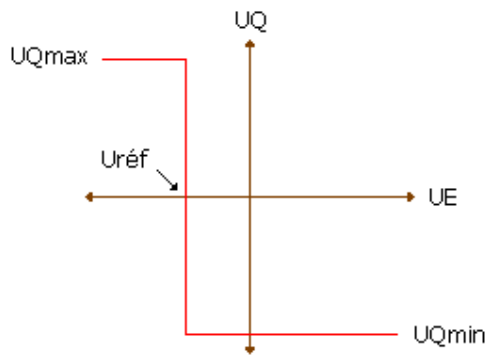
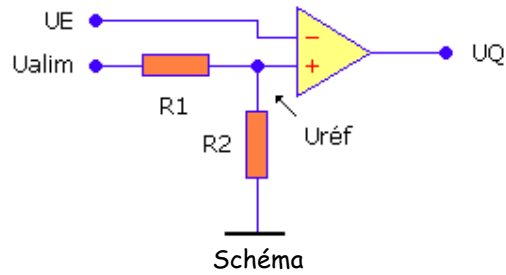


Diagramme de transfert
Tension de référence positive

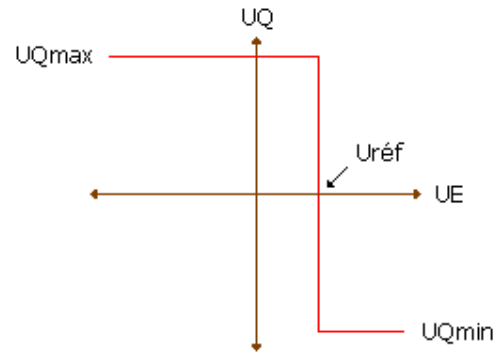


Diagramme de transfert
Tension de référence négative

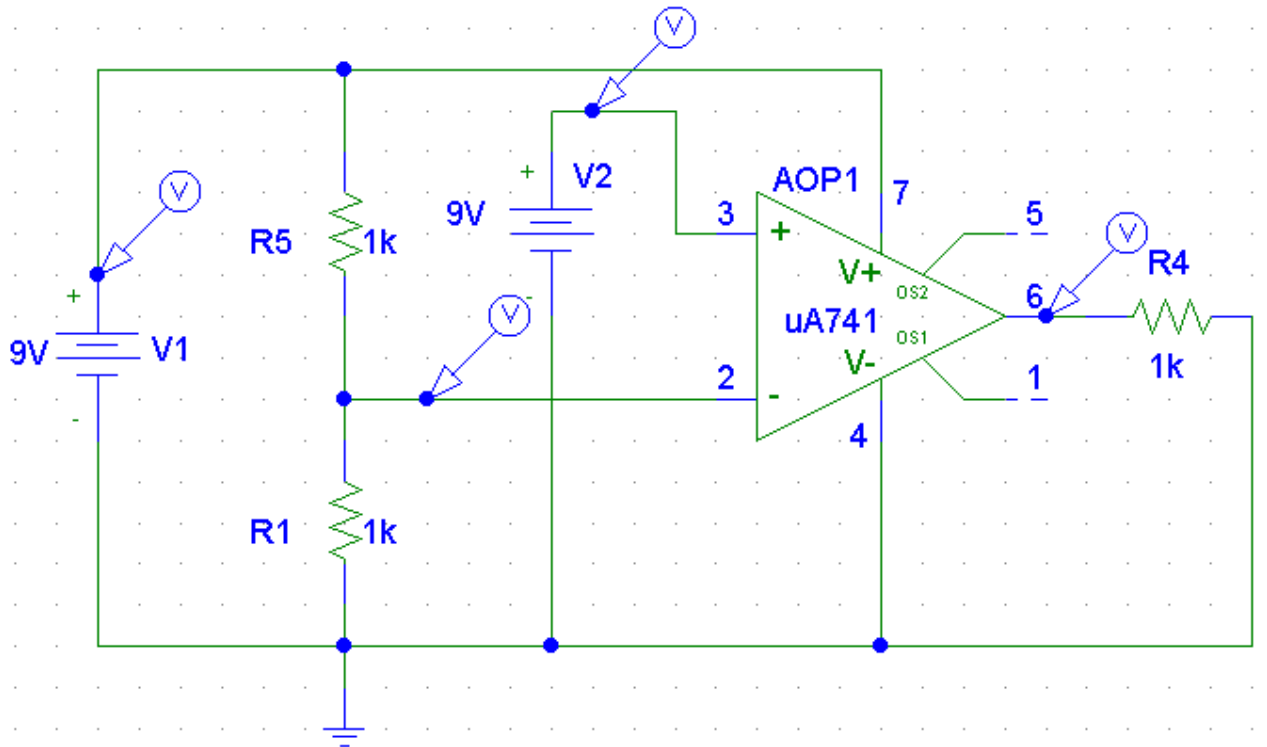
$$U_{réf} = U_{a\ lim} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Application sous Pspice

AOP en comparateur

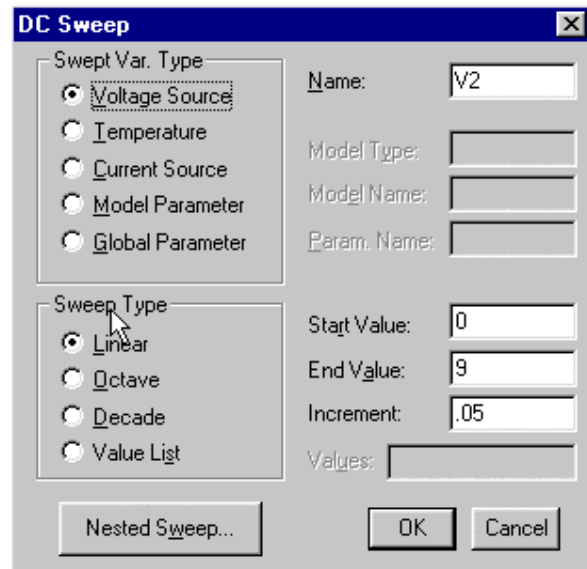
Le schéma ci-dessous est un peu plus complexe que les précédents et il contient un composant nouveau: l'AOP **μA741**.

Notez que le pont diviseur constitué de R5 et R1 divise la tension de V1 par deux et fixe donc, sur l'entrée e- de l'AOP, un potentiel de 4,5 V.

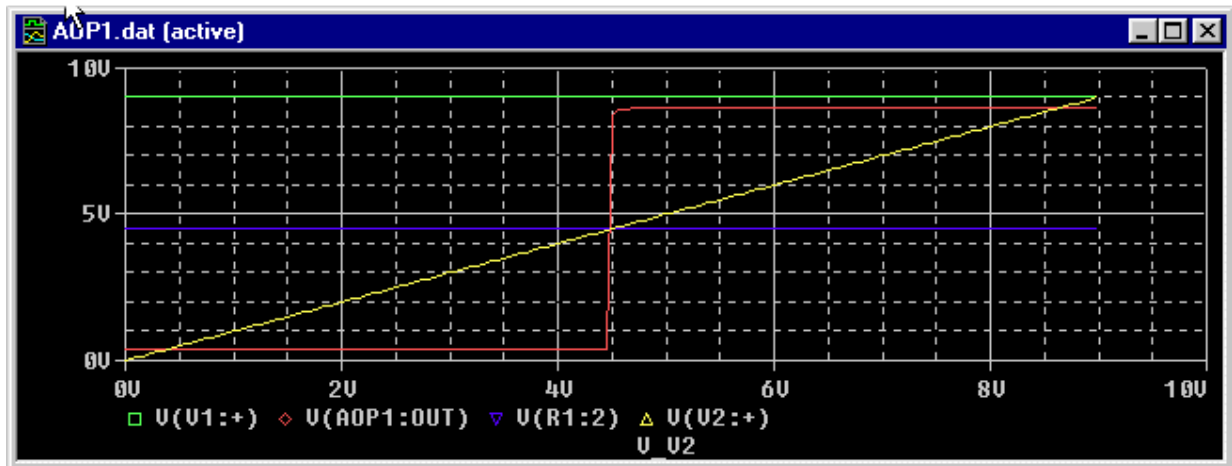


Le paramétrage de l'analyse reste très simple; veuillez seulement à choisir une valeur d'*Increment* assez fine, de l'ordre de .05 dans cet exemple. Le but est bien entendu de voir comment se comporte la sortie de l'AOP lorsque la tension sur son entrée + varie de 0 à 9 volts.

Sur le schéma, les *Voltage Markers* ont été placés de manière à bien visualiser toutes les tensions.

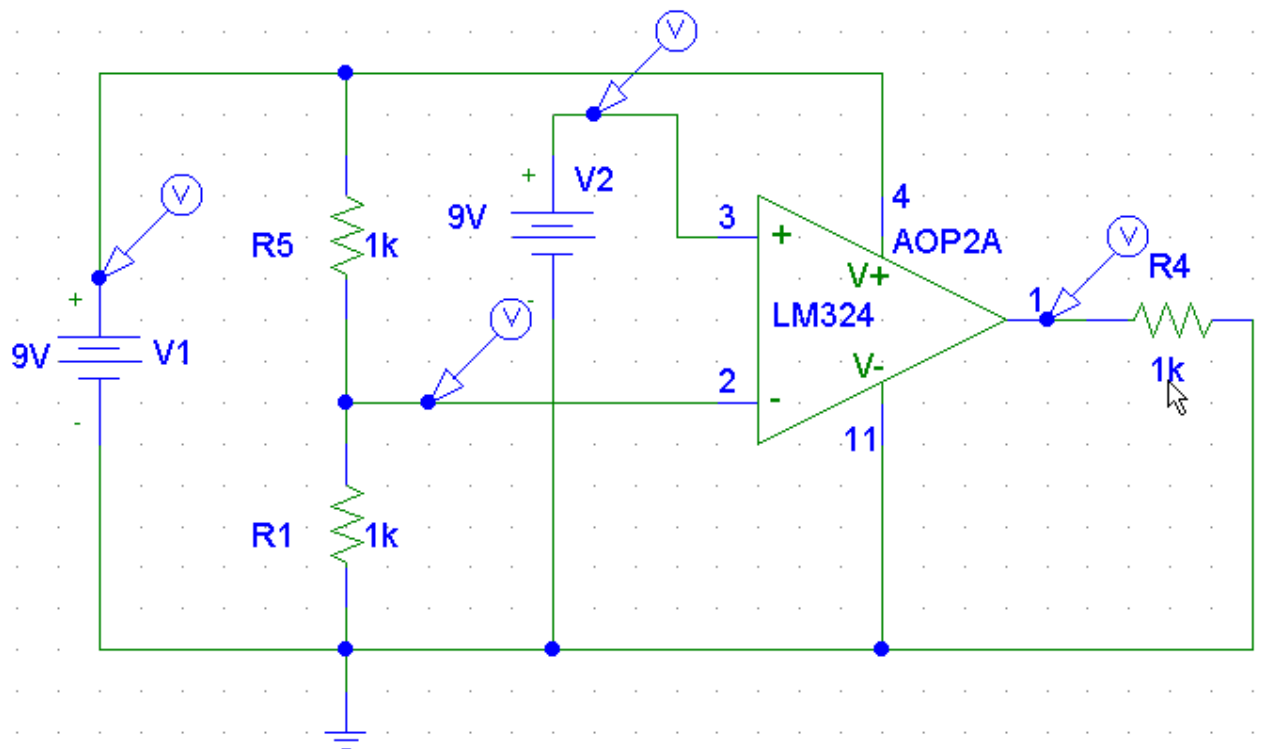


Après vérification et sauvegarde, le module d'analyse nous fournit ce graphe:

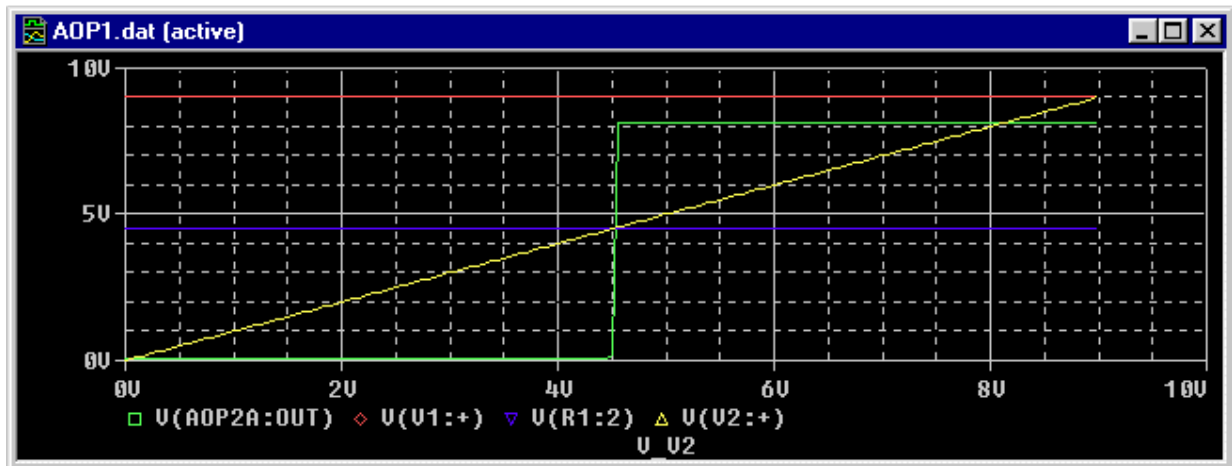


Conformément à ce que nous attendions, la sortie de l'AOP (trace rouge) bascule à l'état haut lorsque la valeur de V2 dépasse 4,5 V, ce qui correspond au croisement des traces jaune et bleue.

Revenez au schéma, supprimez l'AOP μ A741 et remplacez-le par la référence **LM324**. Ne touchez à rien d'autre. Le schéma ressemble maintenant à ceci:

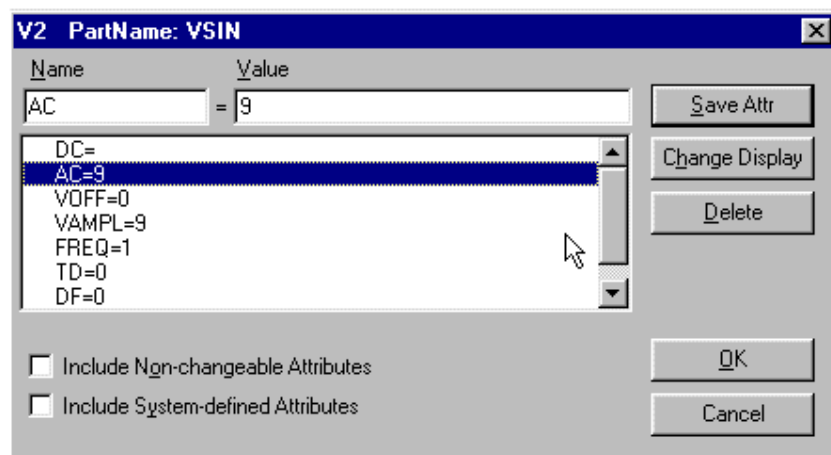


Lancez la simulation et comparez ce graphe avec le précédent:

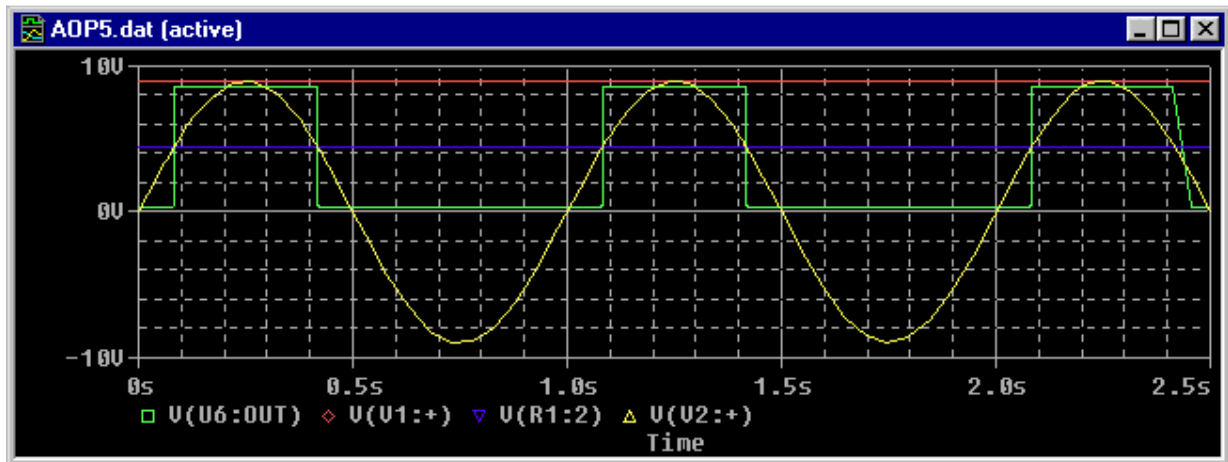


Voyez-vous les différences? A l'état bas, le LM324 est vraiment à 0 volt. A l'état haut, en revanche, il "plafonne" à 8 volts et des poussières, alors que le μ A741 dépasse 8,5 V.

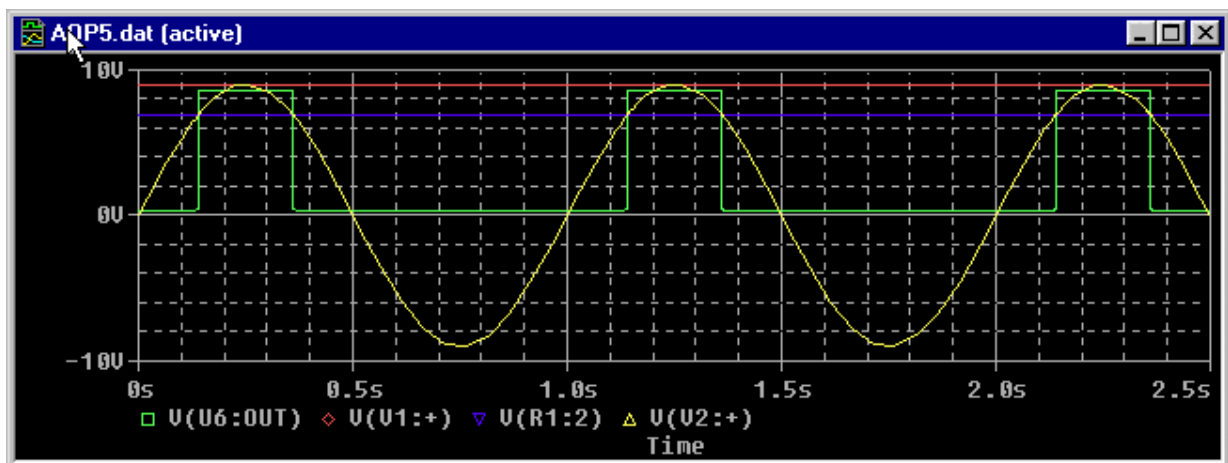
Revenez au schéma, remettez un μ A741 à la place du LM324 et remplacez le V2 (VDC) par un VSIN, que vous éditez comme suit:



Autrement dit, l'entrée e+ de l'AOP sera soumise à une tension variable et périodique, plus précisément sinusoïdale. Dans *Analysis Setup, Transient...*, donnez une valeur de .1s à *Print Step* et de 2.5s à *Final Time*. Le résultat est intéressant:



Modifiez la valeur de R1: mettons 3.3k au lieu de 1k. Le niveau haut dure nettement moins longtemps:

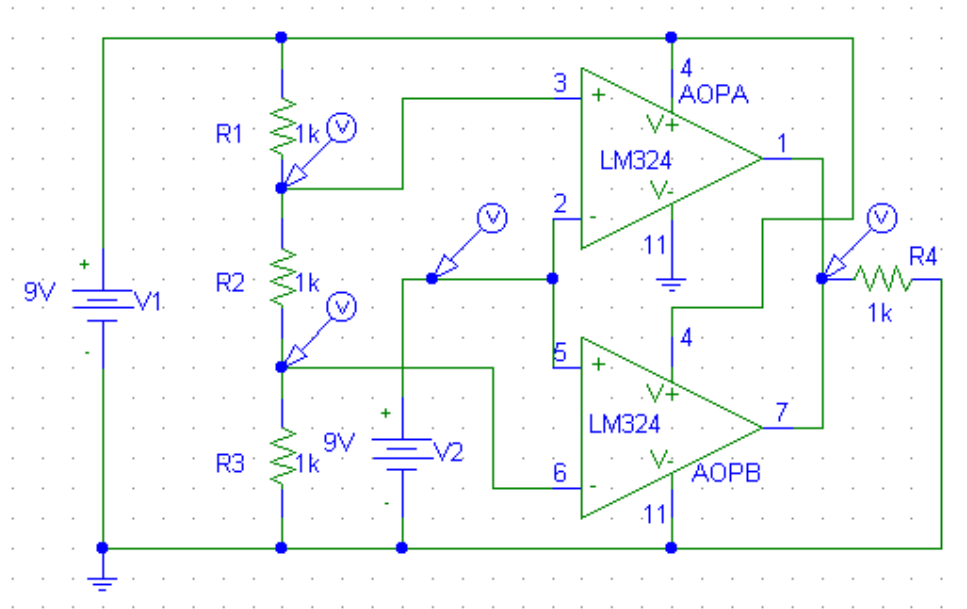


Remplacez le μ A741 par un LM324. Que constatez-vous? Etonnant, non?

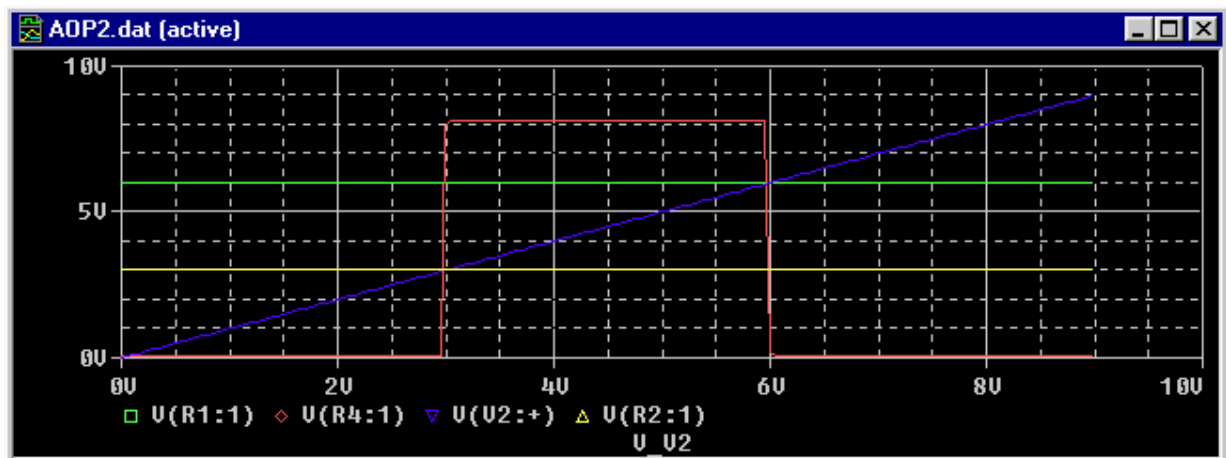
Modifiez maintenant votre schéma de manière à connecter le point milieu du pont de résistances à l'entrée e+ (donc le potentiel de référence est fixé sur e+), et connectez l'entrée e- à V2 (VSIN). Laissez les paramètres d'analyse tel quel et observez le graphe obtenu.

Si le coeur vous en dit, multipliez les modifications, une à la fois, et comparez les résultats obtenus avec différents AOP.

Vous pouvez aussi envisager des schémas plus élaborés, comme ce comparateur à fenêtre:

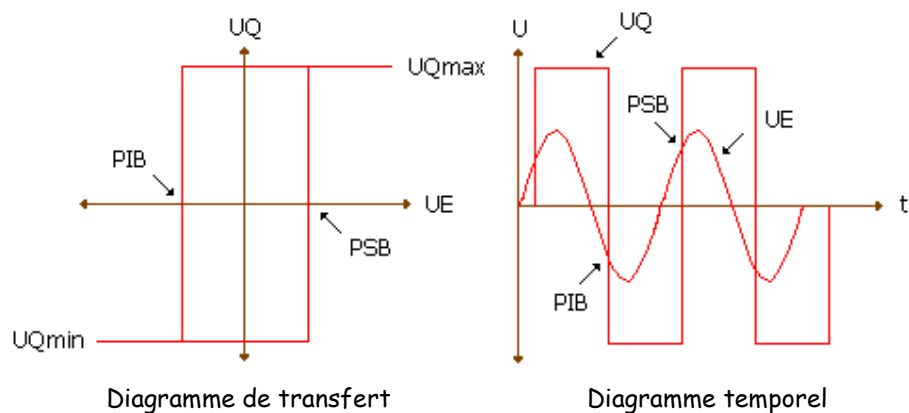
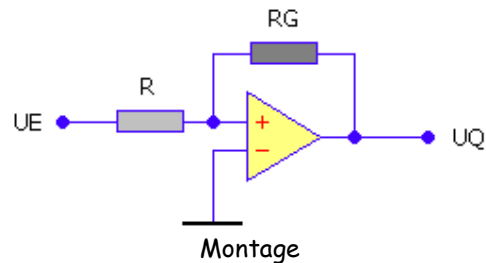


La "fenêtre" est ici fixée par le pont diviseur R1-R2-R3, qui détermine deux seuils, à 3 et 6 volts (traces jaune et verte):



Tant que la tension d'entrée V2 reste à l'intérieur de cette fenêtre, la sortie est haute; en cas contraire, elle est basse.

4.1.7 Bascule de Schmitt non inverseuse



Principe

La bascule de Schmitt est un comparateur à deux niveaux :

le premier se nomme le point inférieur de basculement (PIB)
et le second le point supérieur de basculement (PSB).

Si l'un de ces niveaux est dépassé, l'amplificateur opérationnel basculera son niveau de sortie dans un état prédéfini.

L'état est prédéfini par le brochage de l'amplificateur opérationnel :

Si le montage est non inverseur : lorsque le point supérieur de basculement est atteint, l'amplificateur opérationnel bascule son niveau de sortie dans un état haut et si le point inférieur de basculement est atteint, son niveau de sortie est bas.

Si le montage est inverseur : lorsque le point supérieur de basculement est atteint, l'amplificateur opérationnel bascule son niveau de sortie dans un état bas et si le point inférieur de basculement est atteint, son niveau de sortie est haut.

Remarque

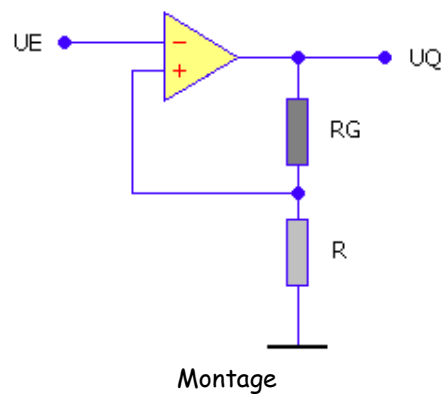
Il va de soit qu'un état haut correspond à la tension d'alimentation positive du montage et que l'état bas correspond à la tension négative.

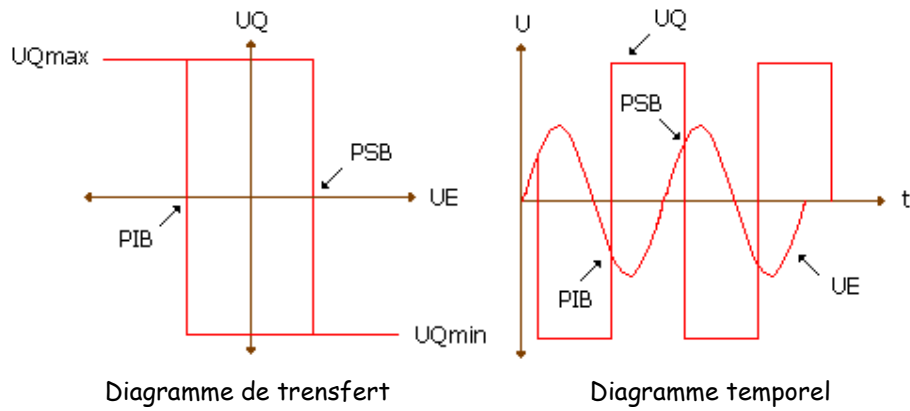
Fonctionnement

La réaction positive pour une bascule de Schmitt renforce et maintien le niveau logique bas ou haut de sortie, c'est à dire que tant que le niveau d'entrée n'atteint pas le seuil opposé, le niveau logique de sortie restera toujours le même. Pour qu'il y ait un changement d'état, il faut que le point de basculement soit atteint.

$$B = \frac{R}{RG}$$
$$PIB = V^- \frac{R}{RG}$$
$$PSB = V^+ \frac{R}{RG}$$

4.1.8 Bascule de Schmitt inverseuse





$$B = \frac{R}{R + R_G}$$

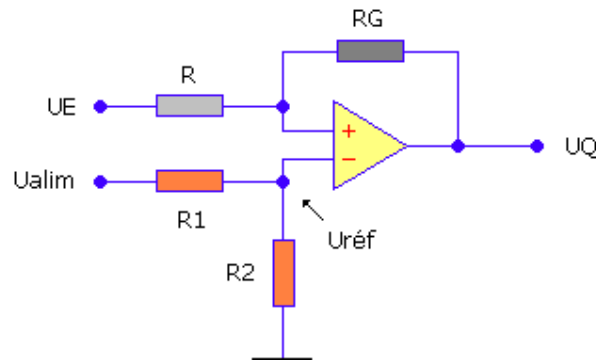
$$PIB = V^- \frac{R}{R + R_G}$$

$$PSB = V^+ \frac{R}{R + R_G}$$

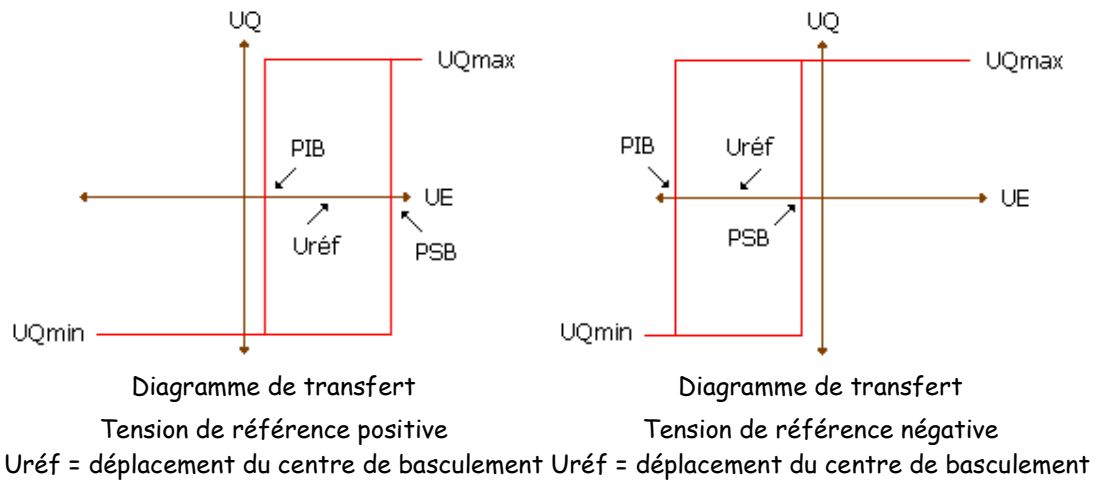


Translation du point de basculement pour les montages de la bascule de Schmitt

La translation du point de basculement déplace le centre de la boucle d'hystérèse du diagramme ; elle s'obtient à l'aide d'une tension qu'on insère au niveau du point de référence au basculement.

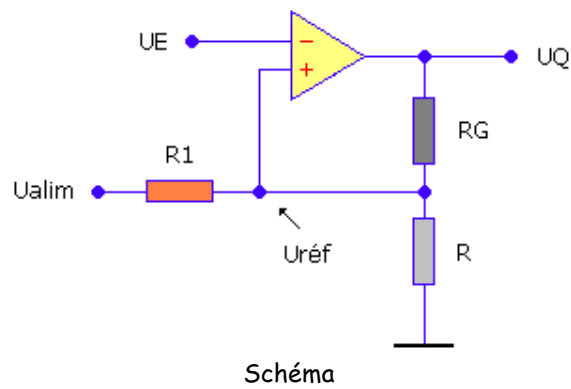


Montage de la bascule de Schmitt non inverseuse



$$U_{réf} = U_{a \text{ lim}} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

4.1.9 Montage de la bascule de Schmitt inverseuse



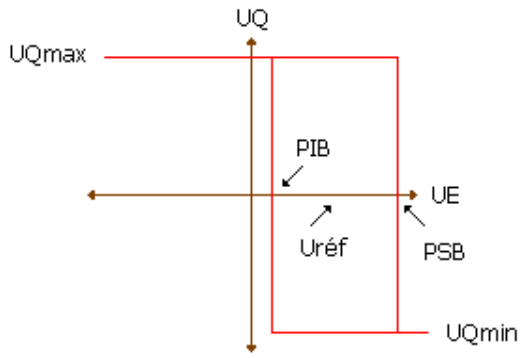


Diagramme de transfert

Tension de référence positive

Uréf = déplacement du centre de basculement

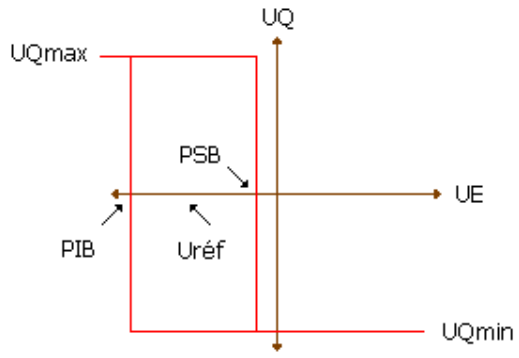


Diagramme de transfert

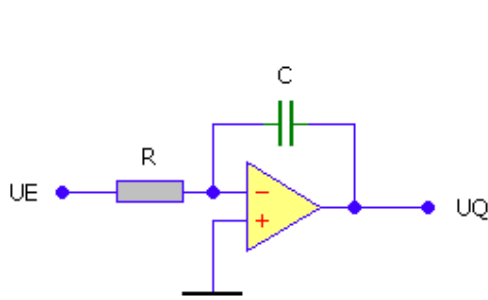
Tension de référence négative

Uréf = déplacement du centre de basculement

$$U_{réf} = U_a \lim \frac{R}{R + R1}$$

Remarque : Uréf détermine en fait le centre de la boucle d'hystérèse.

4.1.11 Intégrateur



Montage

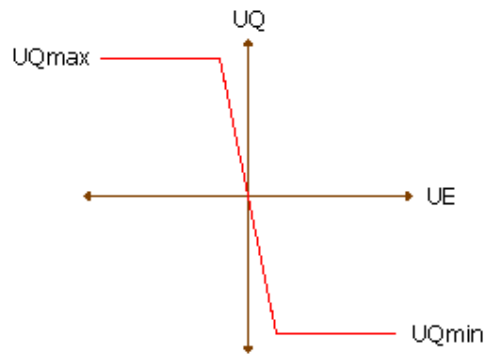
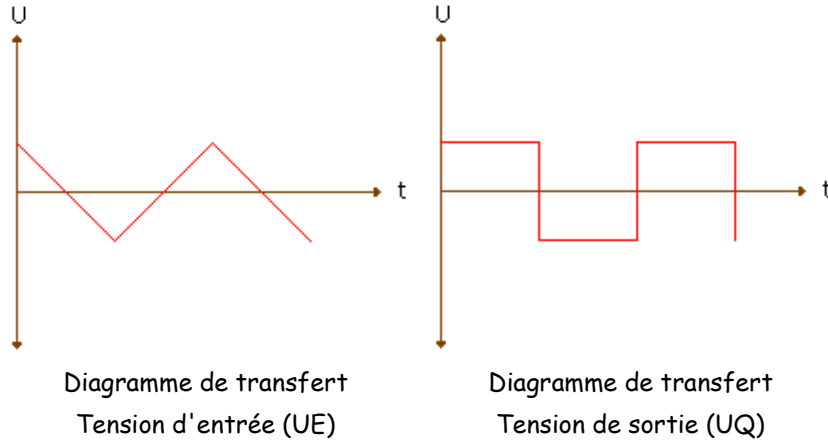


Diagramme de transfert



Ce montage présente les caractéristiques du filtre passe-bas ou alors d'intégrer un signal carré en un signal triangulaire.

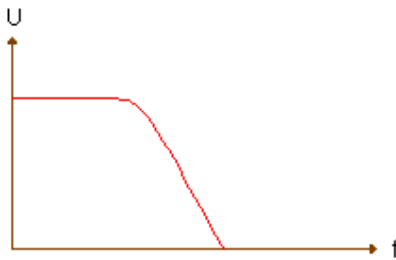
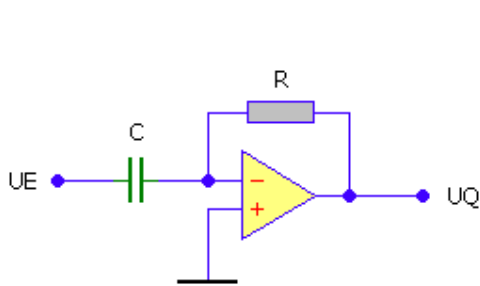


Diagramme fréquentiel

Bode d'amplitude du filtre passe-bas L'angle de la courbe du diagramme de transfert varie en fonction de la fréquence.

$$\Delta U_Q = -\frac{1}{RC} U_E \Delta t$$

4.1.12 Différenciateur



Montage

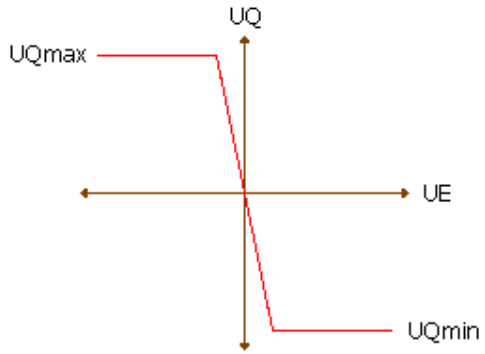


Diagramme de transfert

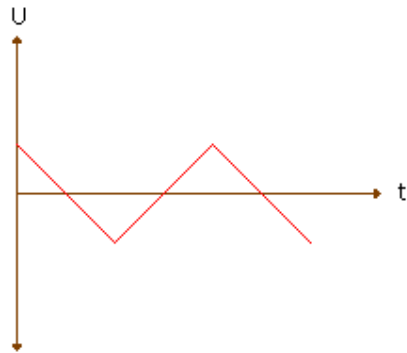


Diagramme temporel
Tension d'entrée (UE)

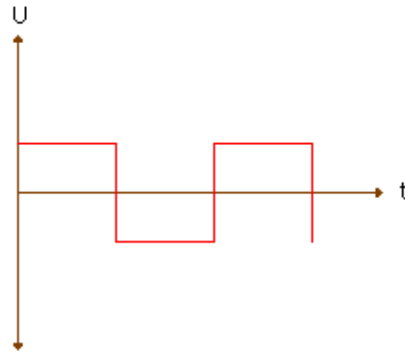


Diagramme temporel
Tension de sortie (UQ)

Ce montage présente les caractéristiques du filtre passe-haut ou alors de différencier un signal triangulaire en un signal carré.

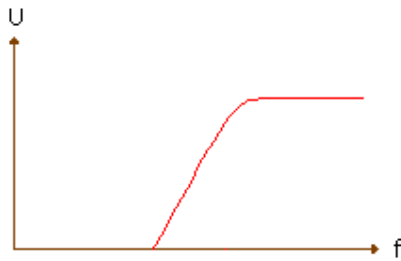


Diagramme fréquentiel
Bode d'amplitude du filtre passe-haut

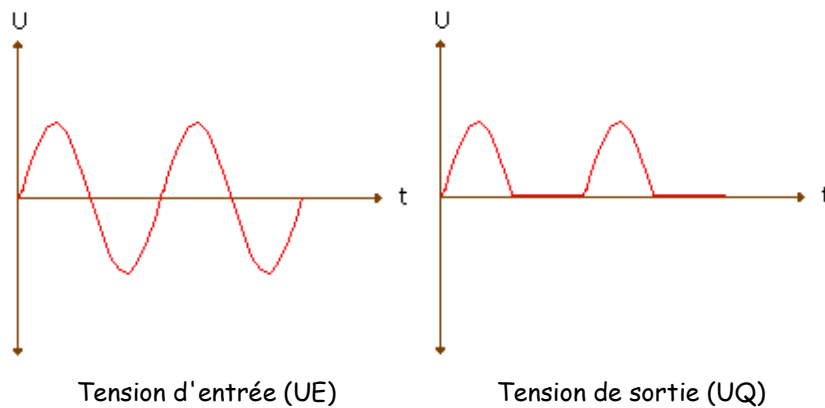
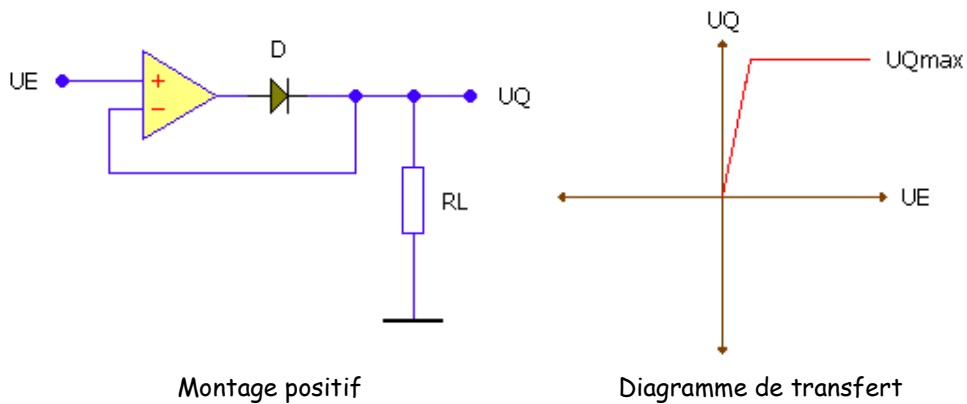
$$U_Q = -RC \frac{\Delta U_E}{\Delta t}$$

Identique au précédent, la courbe de transfert est fonction de la fréquence.



4.1.13 Redresseur d'alternances

montages sans amplification du signal



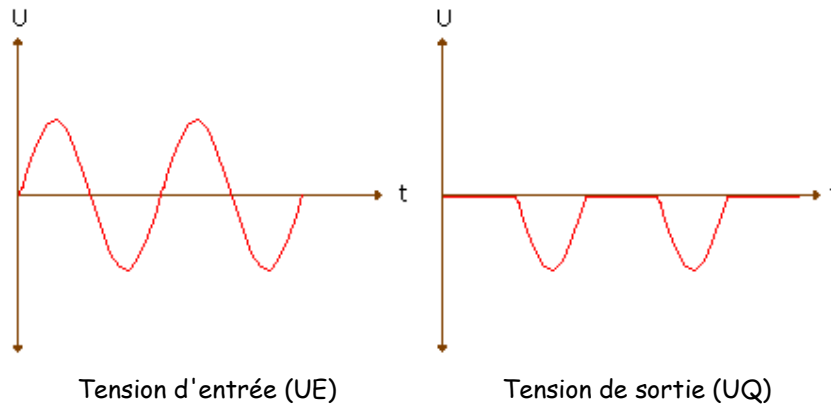
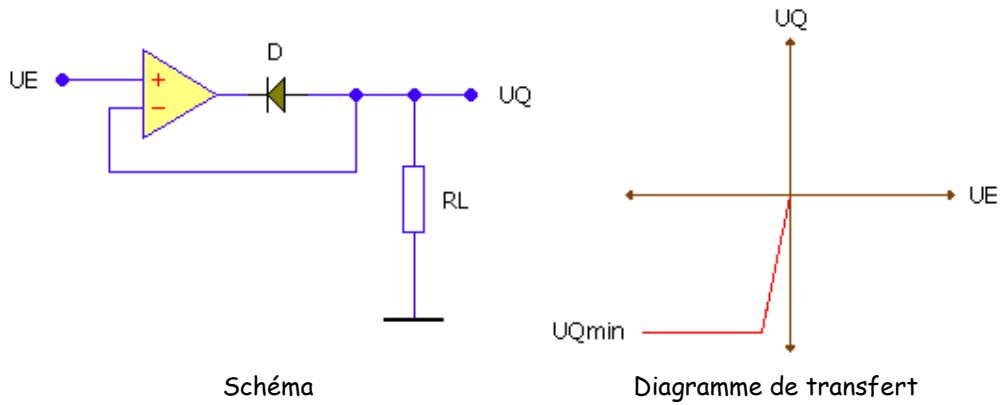
Principe

Ce montage fonctionne comme un redresseur mono alternance sans seuil.

La tension de décalage de 0.7V de la diode est éliminée (très faible) par le gain élevé de l'amplificateur opérationnel (monté en boucle ouverte). L'amplificateur opérationnel se comporte comme un suiveur de tension (gain de 1) lorsque le seuil de la diode est dépassé.

Le redressement de l'alternance négative peut se faire en inversant le sens de la diode.

Montage négatif



$$U_E = \frac{U_D}{A_U}$$

Pour la tension de décalage

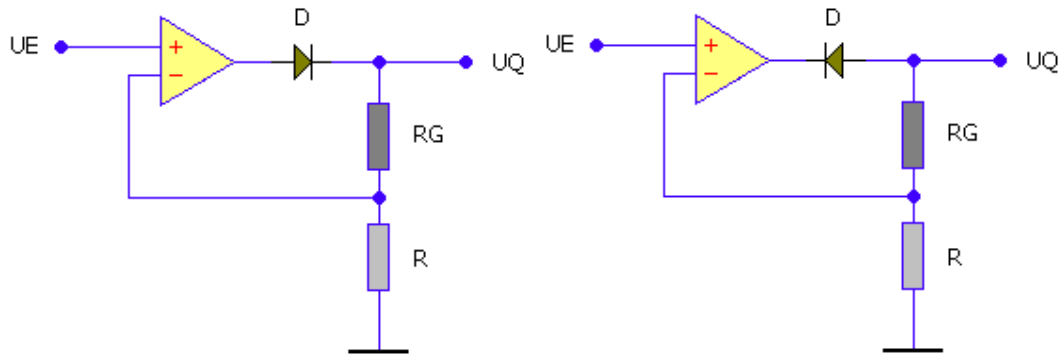
U_D étant la tension de décalage de la diode, A_U le gain en boucle ouverte.

Sachant que l'amplificateur opérationnel peut avoir un gain de 100k en boucle ouverte.

Ce montage ne nécessite pas d'une alimentation fractionnée, cependant elle est conseillée pour ne pas avoir de tension minimum de sortie due aux tolérances de l'amplificateur opérationnel.

Redresseur d'alternances

montages avec amplification du signal



montages avec amplification du signal

Principe

Le gain de l'amplificateur opérationnel est élevé lorsque le seuil de la diode n'est pas atteint, lorsque la diode passe à l'état de conduction,

le signal est redressé puis amplifié grâce aux résistances de réaction insérées dans le montage.

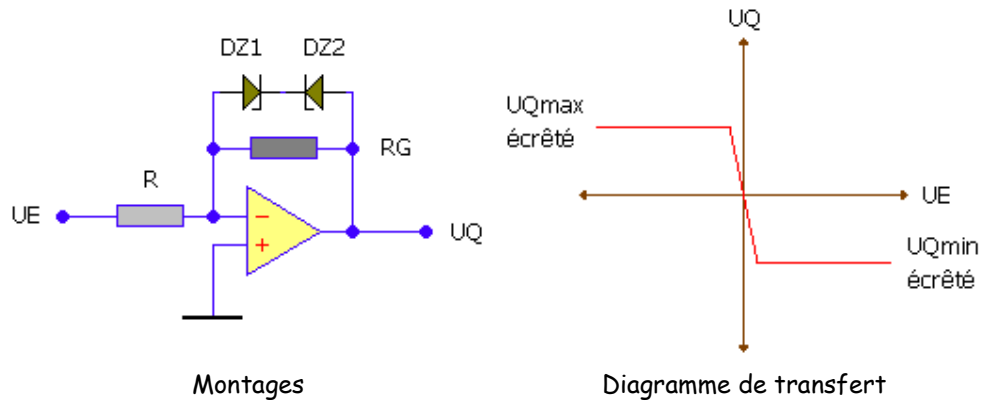
Le calcul du gain d'amplification est identique au montage non inverseur.

Ce principe reste identique si le montage du redresseur mono alternance négatif est employé.

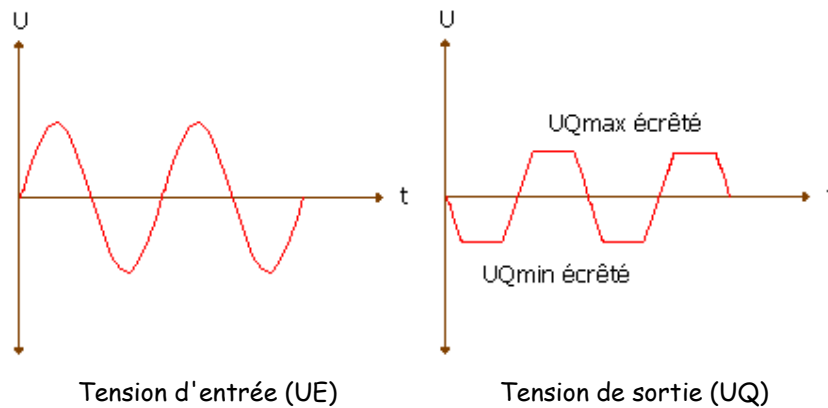
Diagrammes de transfert et diagrammes temporels

Ceux-ci sont identiques aux montages sans amplification du signal.

Ecrêteur de niveau (inverseur)



La tension de sortie est écrêtée au point de claquage des diodes zener.



Le gain de ce montage est identique à celui d'un amplificateur inverseur.

La particularité réside dans le fait que dès que la tension de sortie dépasse la tension de claquage des diodes zener ; le signal est écrêté.

La diode DZ1 écrête le signal positif de sortie, DZ2 le signal négatif de sortie. On peut donc choisir quelle alternance du signal on veut écrêter.

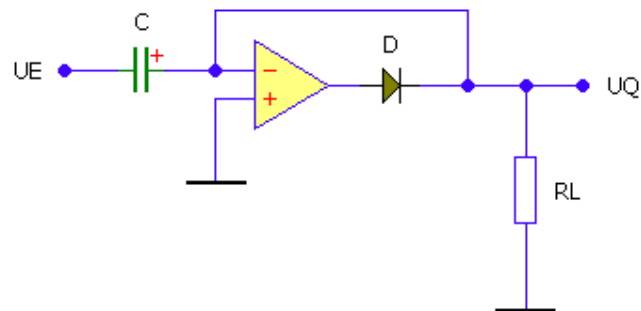
Sans oublier l'inversion de phase de 180° du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.

Remarque

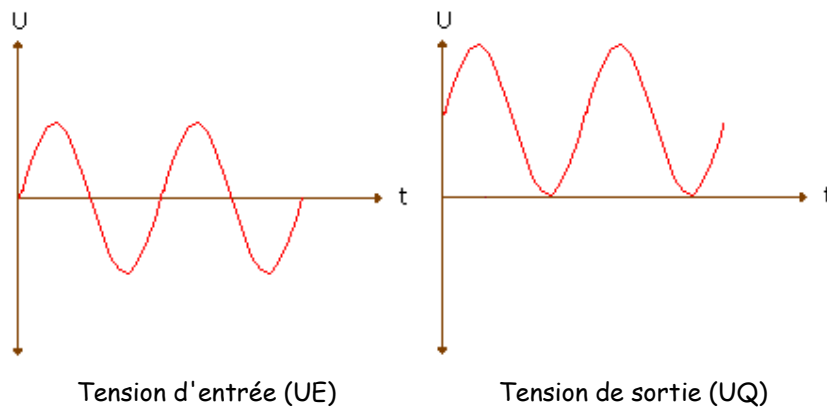
Si les diodes zener sont positionnées dans le sens contraire (sens de la polarité), il est clair que le circuit fonctionnera de la même manière, sauf que la diode DZ1 écrêtera le signal négatif de sortie et la diode DZ2 le signal positif.

On peut par le même montage supprimer une diode pour écrêter une seule alternance (ou partie du signal) ; on veillera à remplacer la diode manquante par un pont.

Mise à niveau d'un signal ne possédant aucune composante



Montage positif



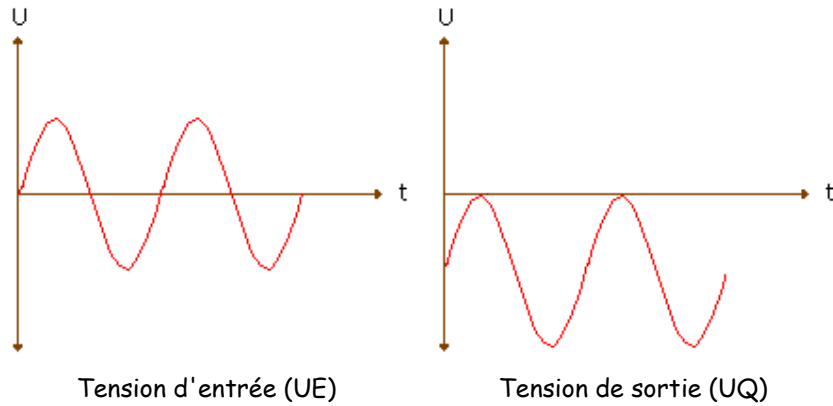
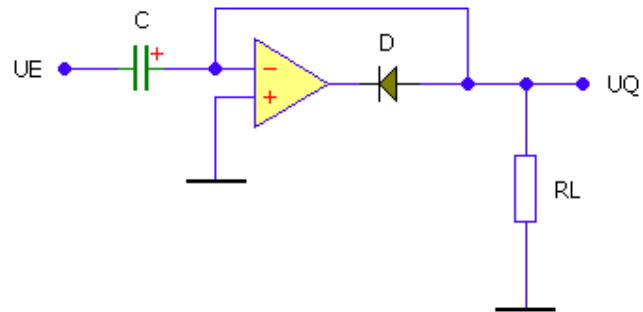
Principe

Le principe réside de la charge du condensateur et de la conduction de la diode au moment opportun.

Des signaux de faibles amplitudes peuvent être traité du fait qu'il n'y a pas (ou très peu) de tension de décalage de la diode. Le condensateur est choisit en fonction de la fréquence du signal à traiter.

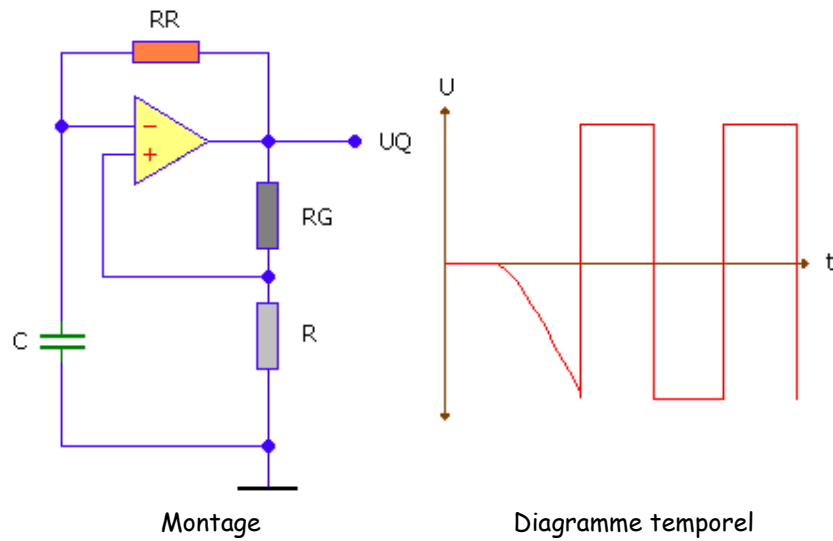
Si la diode est positionnée dans le sens contraire au montage précédent, le signal de sortie sera positionné à un niveau continu négatif.

Montage négatif



Ce montage ne présente aucune inversion de phase au signal de sortie.

4.1.14 Multivibrateur astable



$$t = RR \cdot \ln \frac{UQ + UC}{UQ - UC}$$
$$UC = UQ \max \cdot \frac{R}{R + RG}$$
$$UQ \max = Ua \lim - 10 \%$$

Principe

Lorsque la sortie du montage (bascule de Schmitt inverseuse) est à un niveau haut, le condensateur se charge via RR à un potentiel positif. Mais lorsque la tension aux bornes du condensateur dépasse le point supérieur de basculement (PSB), l'amplificateur opérationnel bascule dans un état où le potentiel de sortie est bas ; à cet instant, le condensateur se charge négativement et dès que la tension à ses bornes dépasse le point inférieur de basculement (PIB), l'amplificateur opérationnel bascule dans l'état haut de sortie. Le condensateur se charge positivement et le cycle peut recommencer à l'infini.

Remarque

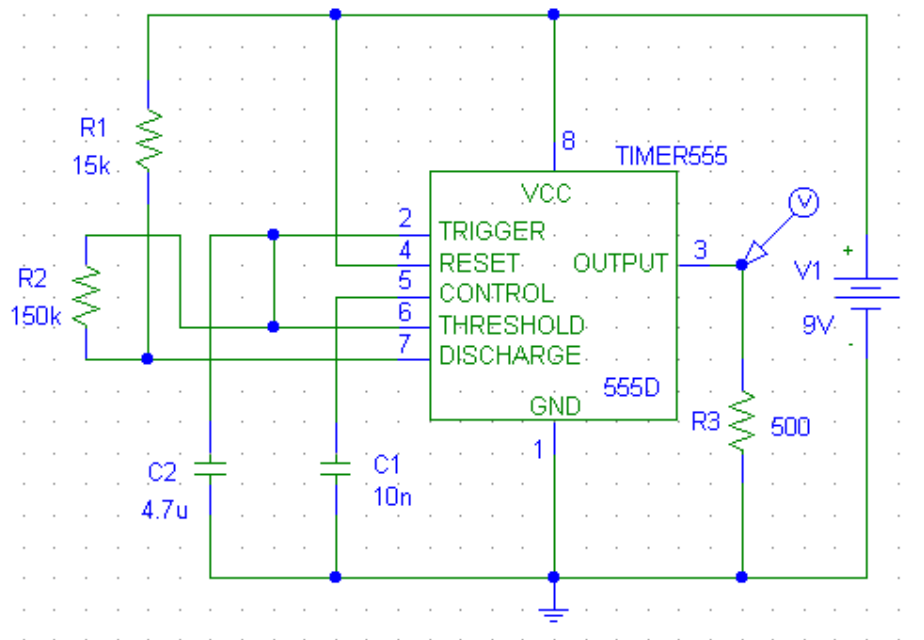
La tension de sortie de ce montage est au potentiel d'alimentation positif et négatif. Les formules pour calculer le PSB et le PIB sont identiques au montage de la bascule de Schmitt inverseuse. La durée t énoncée dans la formule représente une demi-période du signal de sortie.

Application Pspice

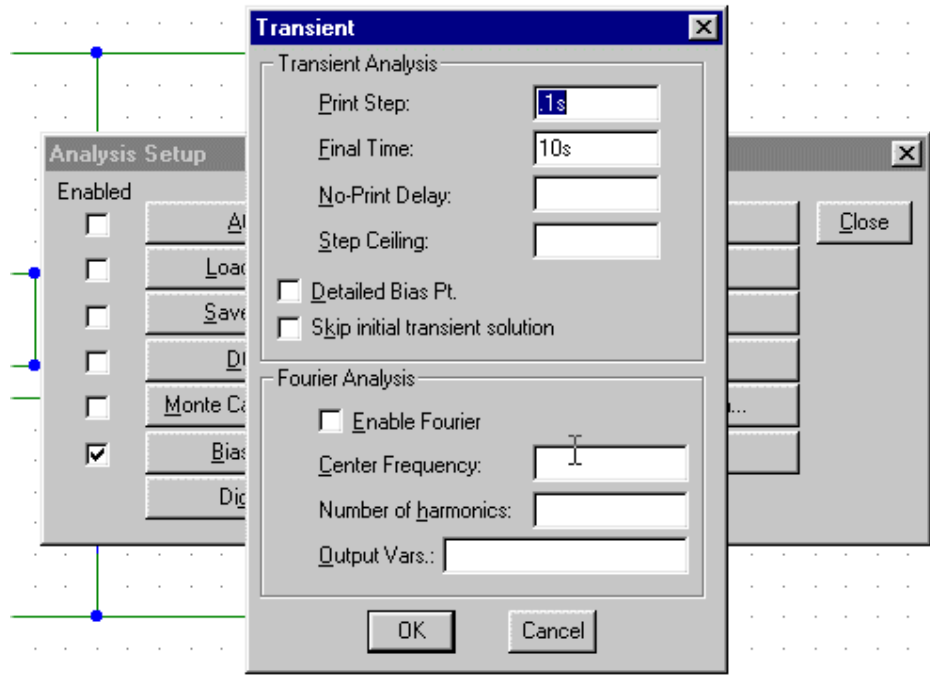
555 en multivibrateur

Vous l'attendiez tous, le voici: le **555** monté en astable...

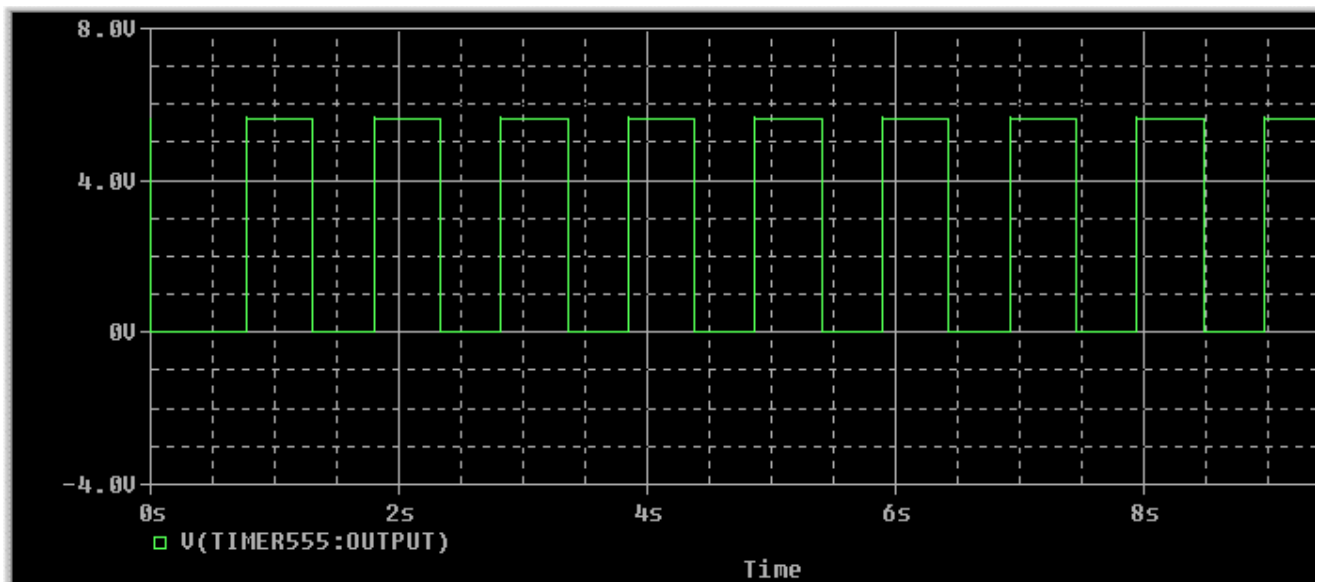
Reproduisez le schéma ci-dessous et, dans un premier temps, ne modifiez pas les valeurs indiquées pour R1, R2 et C2. N'oubliez pas le voltmètre en sortie du 555 (broche 3). Ni la masse!!!



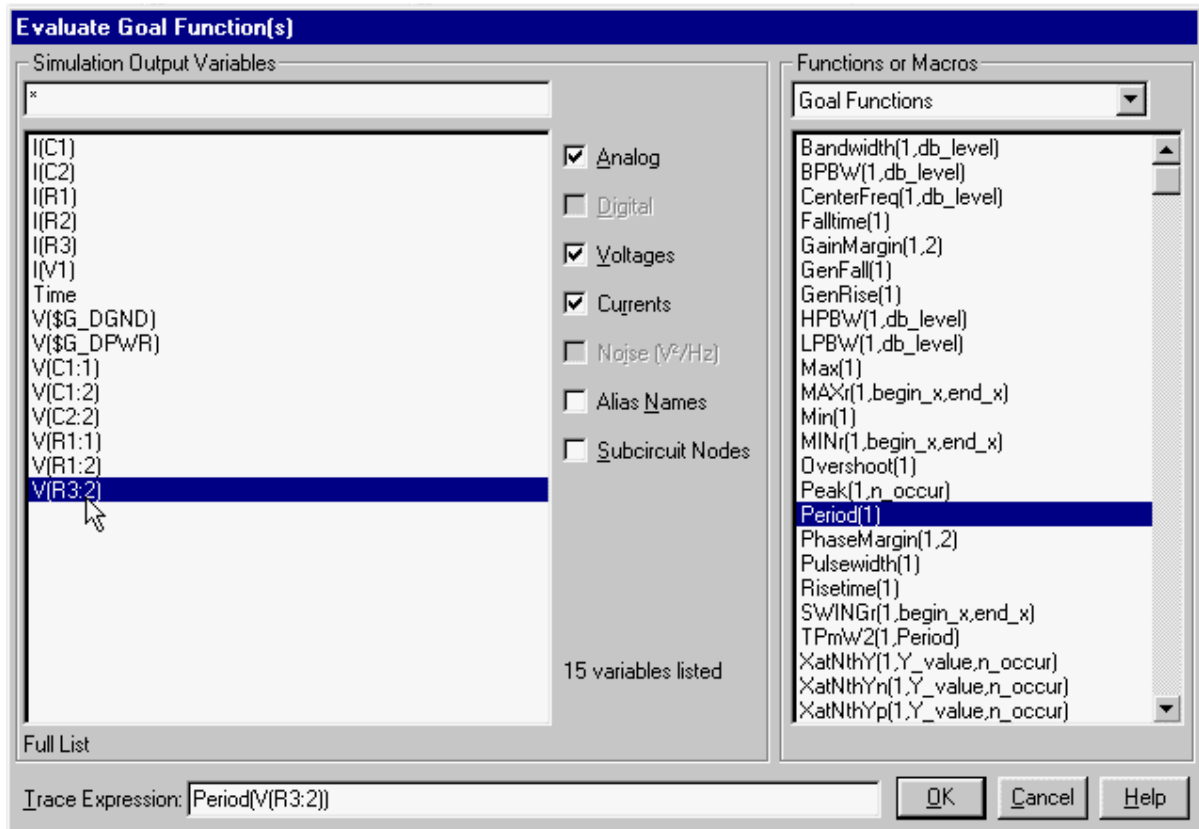
La paramétrage de l'analyse se limitera à *Transient*, avec un *Print Step* de .1s et un *Final Time* de 10s. Là encore, ne modifiez pas ces valeurs dans un premier temps.



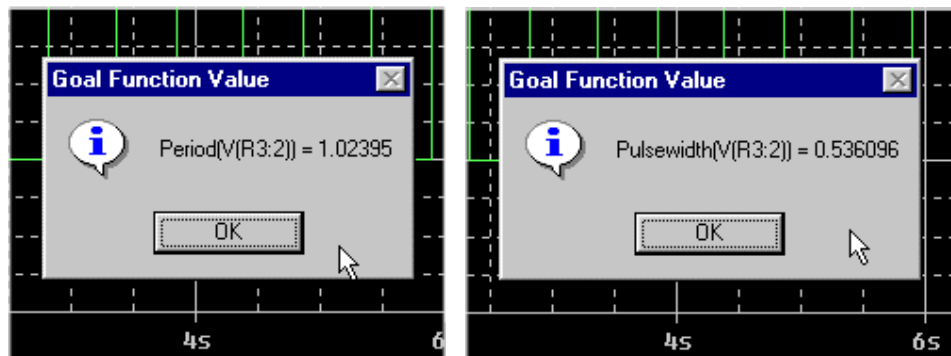
Comme on pouvait s'y attendre, le 555 produit un beau signal bien rectangulaire en sortie:



Parmi les points intéressants à mesurer figurent la période et le rapport cyclique. On obtiendra facilement ces valeurs grâce à *Eval Goal Function*:

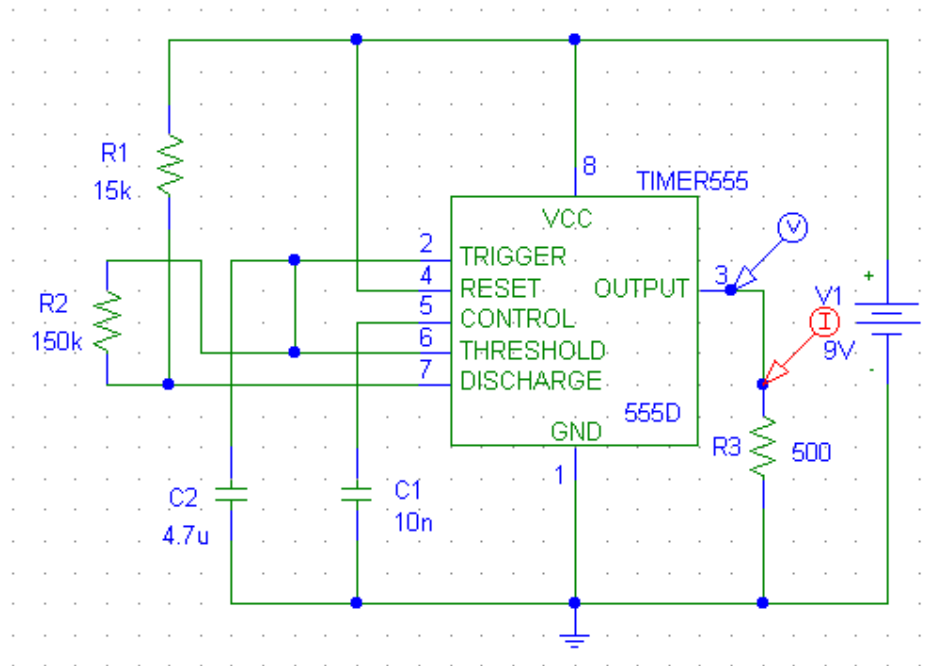


Avec les valeurs retenues pour R1, R2 et C2, nous trouvons:

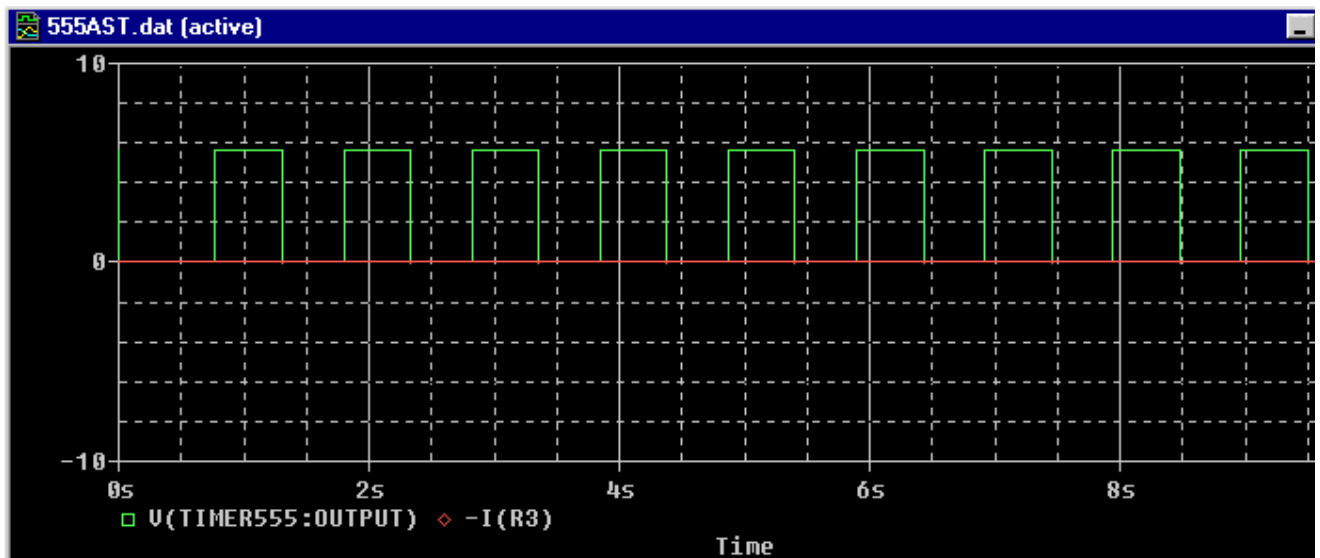


Le résultat est donc un signal périodique dont la période est très proche de la seconde (et par suite la fréquence proche de 1 Hz), avec un rapport cyclique voisin de 50%.

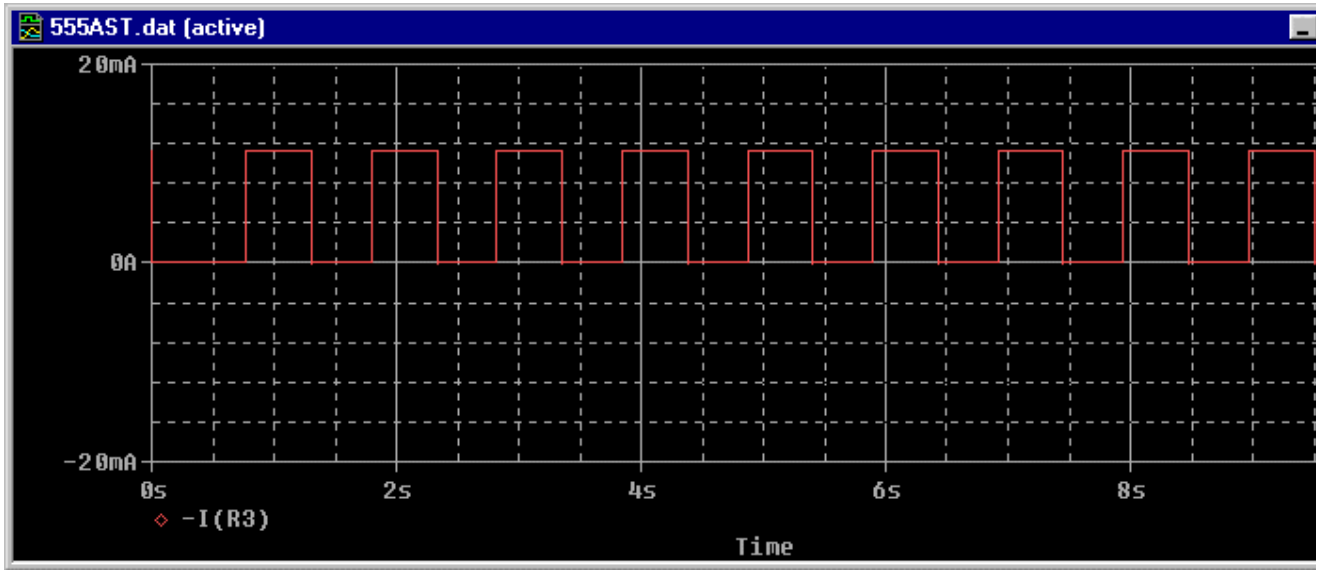
Revenons à notre schéma et ajoutons un ampèremètre, de manière à mesurer le courant qui traverse la résistance R3 en sortie du 555:



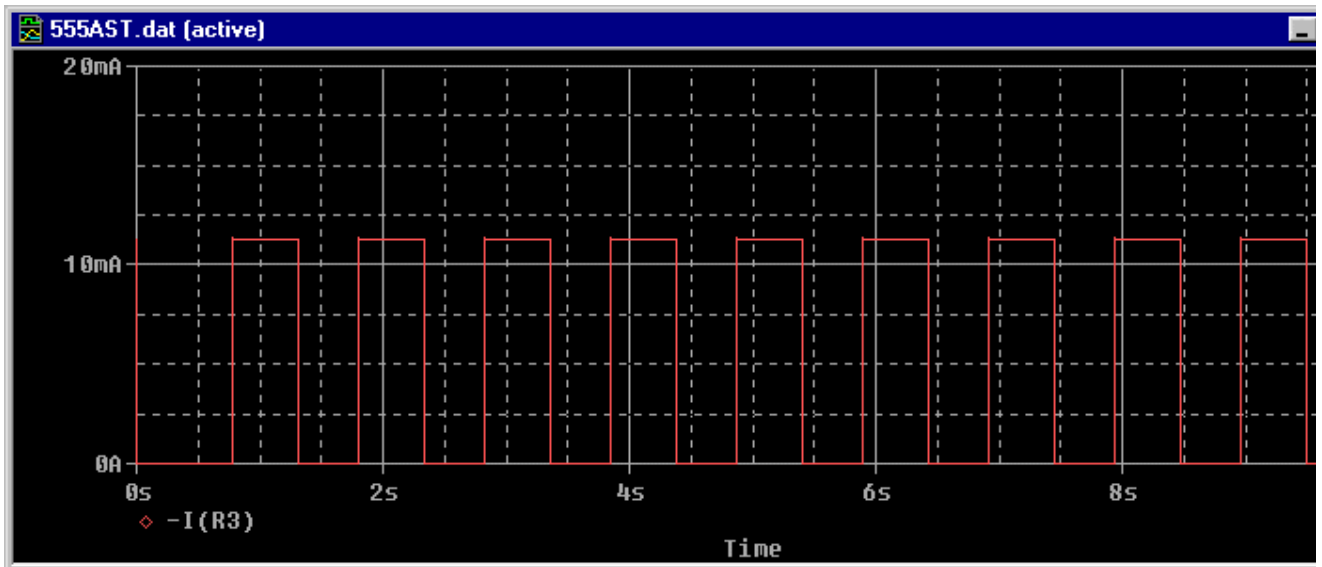
Lançons la simulation. A première vue, le résultat est étrange:



On pourrait croire que l'intensité (trace rouge) est nulle, ce qui bien entendu est forcément faux... Cliquez sur V(TIMER555:OUTPUT) pour sélectionner cette trace et supprimez-la à l'aide de *Cut* (les ciseaux) ou *Suppr*. Aussitôt, le graphe se transforme comme ceci:

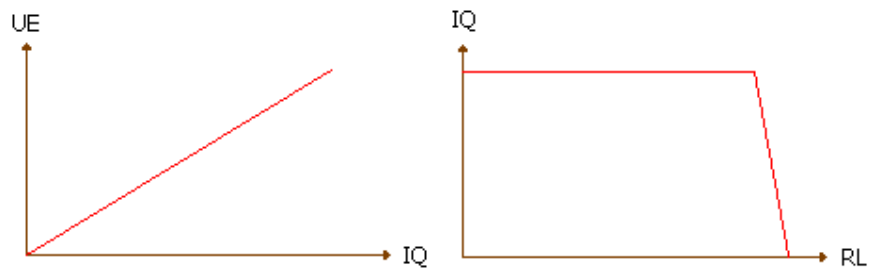
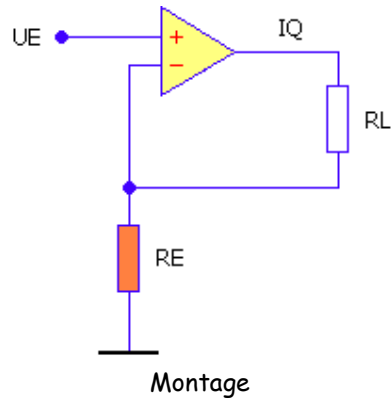


Nous avons bien cette fois une image de l'évolution dans le temps de l'intensité. Améliorez la lisibilité du graphe en allant dans le menu *Plot*; faites *Axis settings.../Y Axis/Data Range/User Defined...*



A partir de ces quelques exemples, vous voilà désormais en mesure de mieux exploiter les immenses possibilités de **PSpice**...

4.1.15 Générateur de courant



Diagrammes de transfert

Principe

Le courant de sortie est proportionnel à la tension d'entrée. Le courant de charge en série à R_L reste identique quelle que soit la valeur de la charge, jusqu'à saturation de l'amplificateur opérationnel.

$$I_Q = \frac{U_E}{R_E}$$

Ce montage est un convertisseur tension-courant.



4.2 Exemple de régulateurs PV

Chapitre 5: Les onduleurs

Chapitre 6: Choix des composants d'EP

Chapitre 7: Les harmoniques