

IUP STRI  
Année Universitaire 2001/2002

*UNIVERSITE PAUL SABATIER  
Toulouse III*



**Compte rendu de TP de Lignes  
TP n° 5 : Simulations par le logiciel  
« PSPICE » de circuits avec amplificateur  
opérationnel idéal**

**Huang Ping  
Noiret Catherine  
Sur Jérôme**

# Introduction

Le but de ce TP est d'apprendre à utiliser un logiciel afin de pouvoir simuler le fonctionnement de circuits.

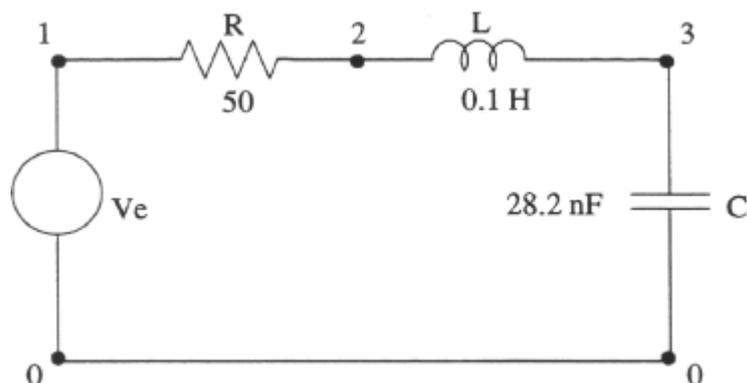
Nous pourrons réaliser ces simulations suivant différents mode en fonction du résultat et de l'étude que l'on souhaite réaliser.

La programmation est réalisée à partir de la définition des nœuds dans un circuit et des valeurs des composants utilisés.

## Approche du logiciel

### 1. Exemple de programmation PSPI CE

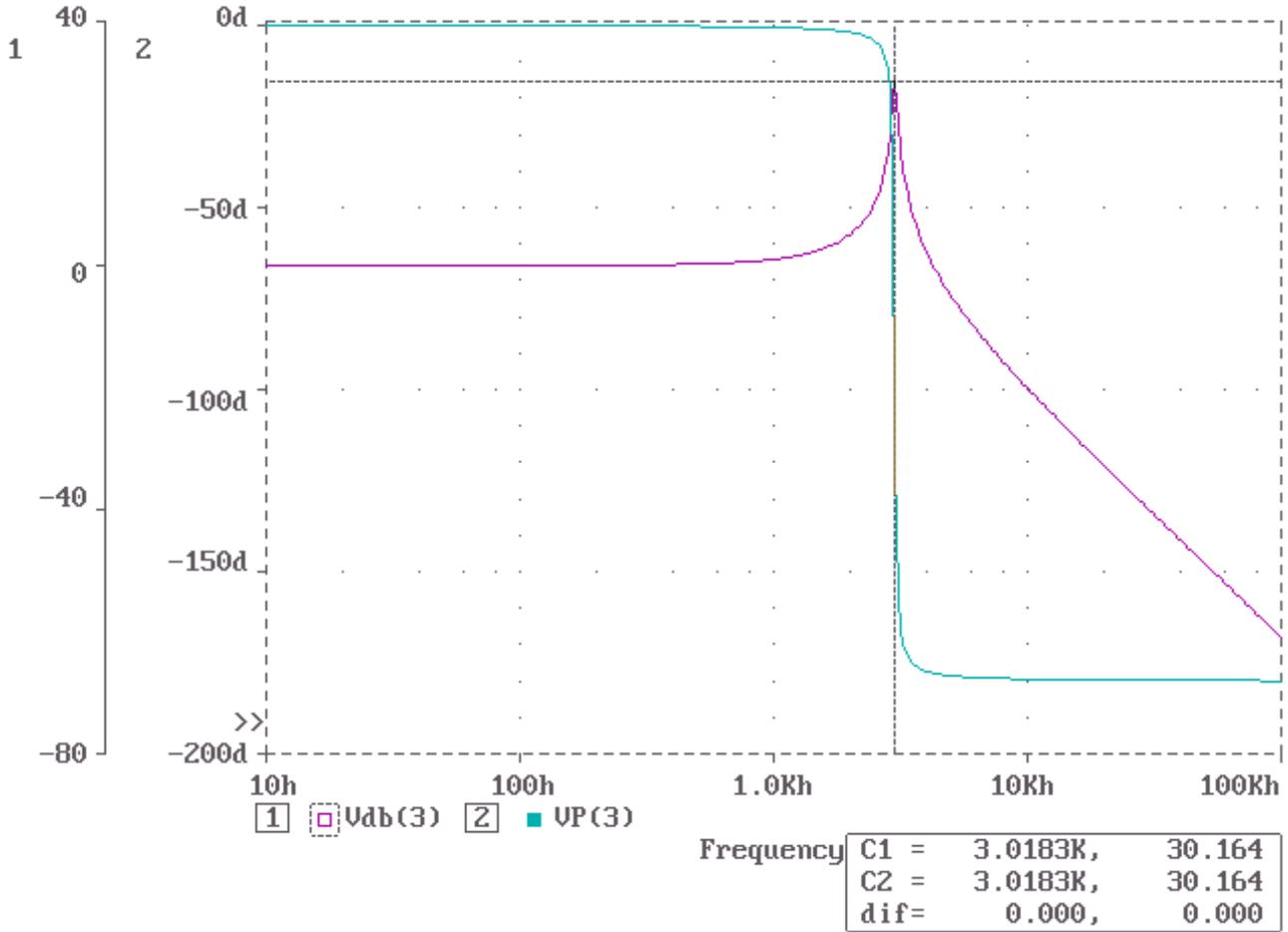
Nous allons nous exercer sur un circuit RLC :



Programme correspondant au circuit RLC :

```
*Exemple de programmation RLC*
. AC DEC 100 10Hz 100KHz
. PROBE
R 1 2 50
L 2 3 0.1H
C 3 0 28.2nF
Ve 1 0 AC 1
. END
```

Le graphique ci-dessous montre l'évolution en décibels et en phase de la tension aux bornes du condensateur C.



Calcul théorique du coefficient de surtension et de la fréquence de résonance du circuit :

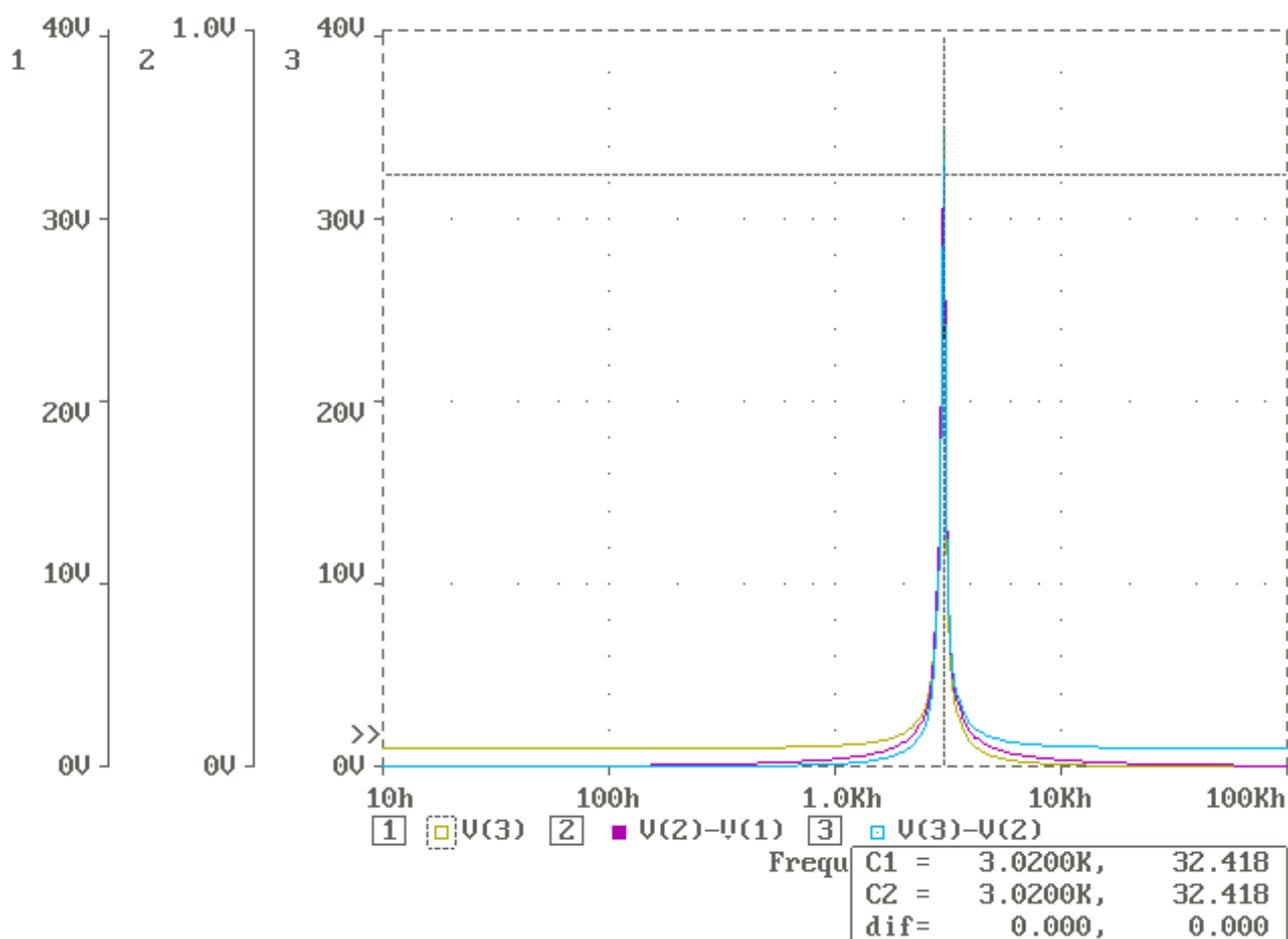
Par définition du coefficient de surtension  $Q$  :  $Q = \frac{L\omega}{R}$  et  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  donc  $Q = \frac{L}{R\sqrt{LC}} = 37,66$ .

De même, pour la fréquence de résonance on a :  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 2997 \text{ Hz}$ .

A l'aide du curseur, nous pouvons déterminer expérimentalement le coefficient de surtension et la fréquence de résonance :  $Q=30$  et  $f_r=3 \text{ KHz}$ .

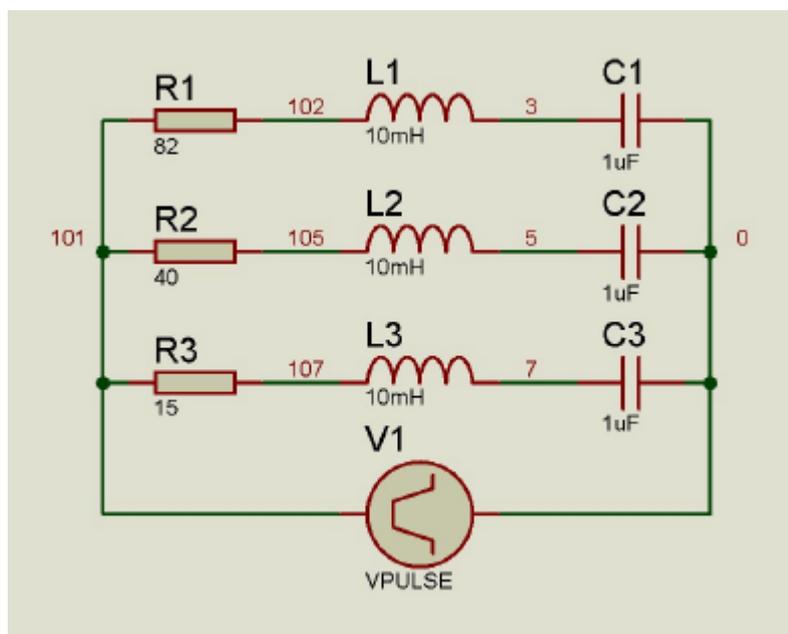
Les résultats trouvés expérimentalement vérifient les calculs théoriques.

En affichant simultanément les réponses en fréquence obtenues aux bornes des trois composants R,L,C, nous constatons que la fréquence de résonance est identique pour les trois composants.

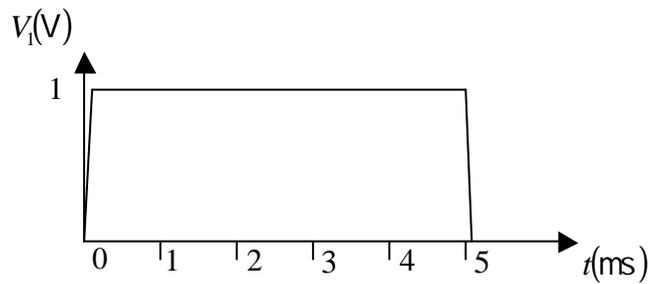


## 2. Exercice

Schéma correspondant au circuit défini par le fichier donné dans l'annexe 3 :



Le circuit représente trois circuits RLC, en parallèle.  
Forme de la tension d'entrée du circuit:



Le programme doit effectuer une analyse transitoire car on souhaite faire une étude temporelle du phénomène.

Pour réaliser une analyse fréquentielle il faudrait remplacer l'instruction "TRAN" par l'instruction "AC".

### 3. Etude de quelques applications de l'amplificateur opérationnel idéal Utilisation du logiciel PSPI CE

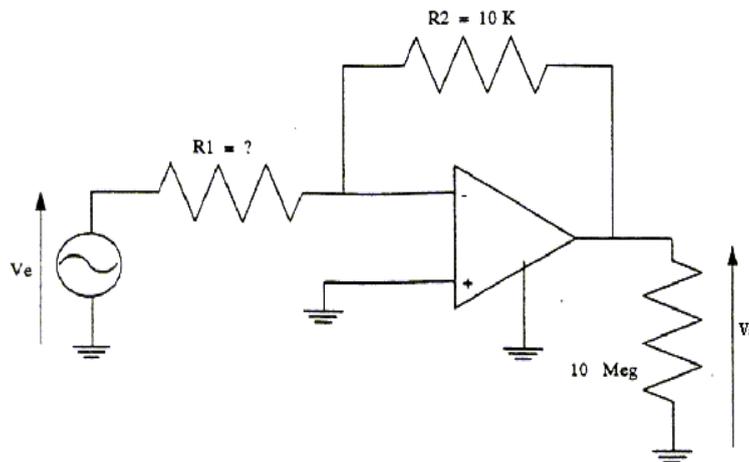
#### 3.1. Introduction

Différences entre un AOP idéal et un AOP réel :

- L'impédance d'entrée de l'AOP idéal est infinie
- L'impédance de sortie de l'AOP idéal est nulle
- Le gain de l'AOP idéal est considéré comme infini en boucle ouverte
- Ces trois caractéristiques de l'AOP idéal entraînent :
  - $\varepsilon = 0$  donc  $v^+ = v^-$
  - $i^+ = i^- = 0$

#### 3.2. Amplificateur inverseur

Montage :



Comme  $V_+$  est à la masse,  $V_+$  et  $V_-$  sont au même potentiel donc tout se passe comme si  $V_-$  était vraiment relié à la masse.

Donc  $V_e = R_1 \cdot i$

$V_s = -R_2 \cdot i$  signe négatif car la tension et la courant sont dans le même sens.

et  $G = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_1 = -\frac{R_2}{G} = 1 \text{ k}\Omega$

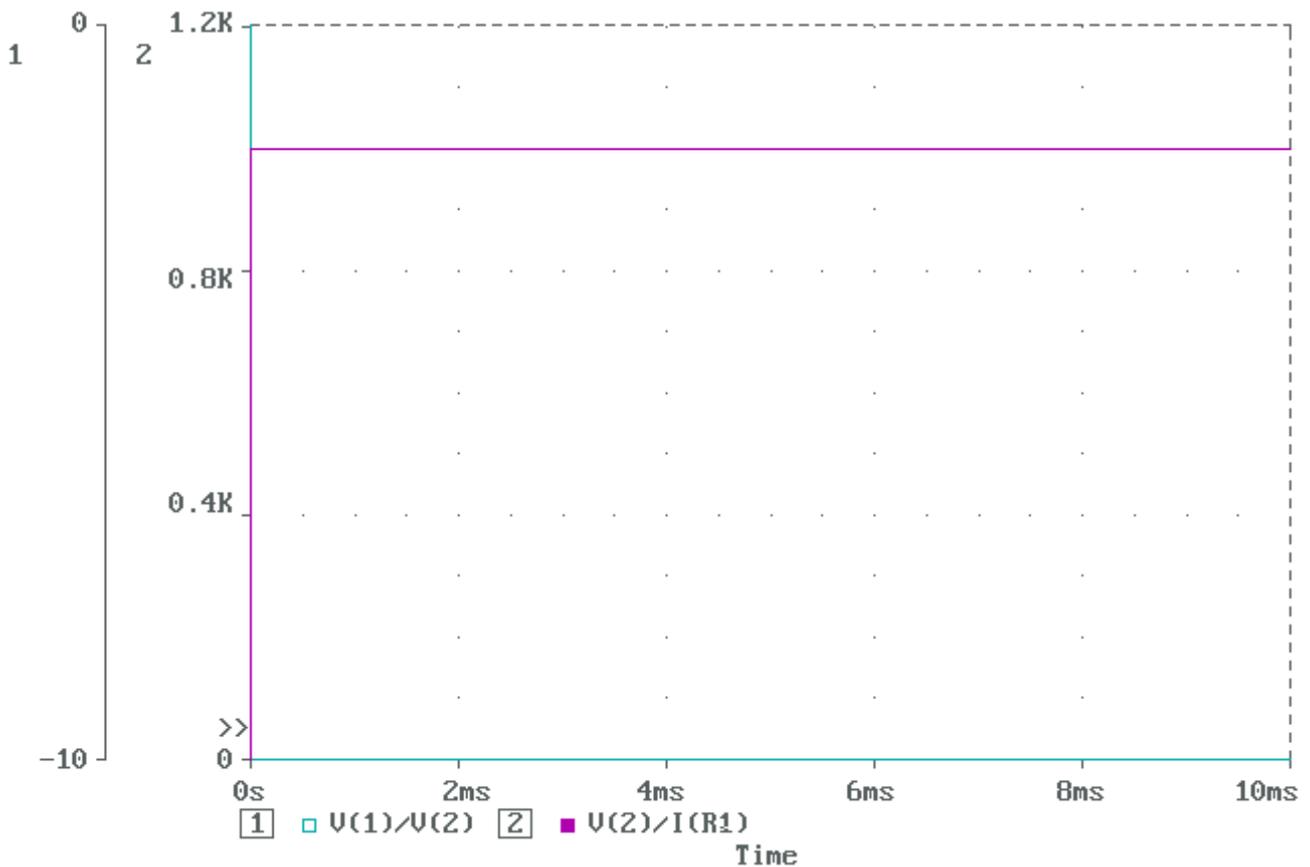
Calcul de l'impédance d'entrée :

$Z_e = \frac{V_e}{i}$  de plus, d'après la loi des mailles  $V_e = R_1 \cdot i$  d'où  $Z_e = R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ .

La fréquence ne fait pas varier l'impédance des composants du circuit donc nous allons effectuer une analyse transitoire.

Programme :

```
*AOP INVERSEUR*
R1 2 3 1K
R2 3 1 10K
Rs 1 0 10Meg
Ve 2 0 SIN(0 2 100H 0 0 0)
.TRAN 1MS 10MS
.PROBE
.END
```



Les résultats expérimentaux vérifient les résultats théoriques.

### 3.3. Circuit additionneur

Chaque courant  $i_i$  ne dépend que de la tension d'entrée  $e_i$  et de  $R_i$  relatif à sa branche : il n'y aura donc pas d'interaction entre les différentes entrées.

On a :  $e_1=R_1.i_1$  et  $e_2=R_2.i_2$ .

La loi des nœuds en V. nous donne :  $i=i_1+i_2$ .

De plus, en sortie, on a :  $V_s=-R_3.i$ .

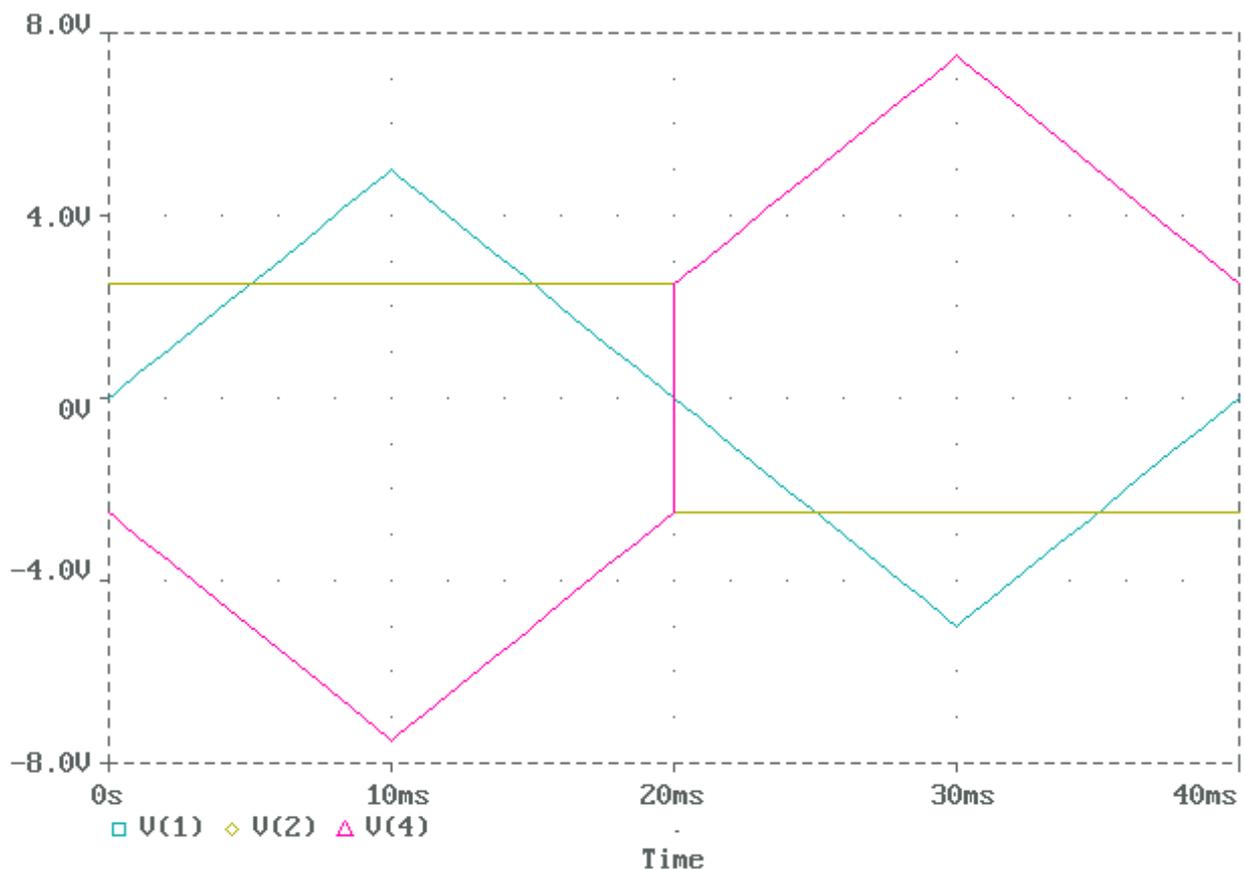
D'où  $|V_s|=e_1\frac{R_3}{R_1}+e_2\frac{R_3}{R_2}$ .

Nous allons simuler ce circuit avec un signal triangulaire sur l'entrée 1 et un signal carrée de même fréquence sur l'entrée 2 :

Programme :

```
*AOP ADDITIONNEUR*
EAOP 4 0 0 3 100K
R1 1 3 10K
R2 2 3 10K
R3 3 4 10K
Rs 4 0 10Meg
Ve1 1 0 pw1(0 0 10m 5 30m -5 40m 0)
Ve2 2 0 pw1(0 2.5 19.99m 2.5 20.01m -2.5 40m -2.5)
.TRAN 1MS 40MS
.PROBE
```

.END



Nous pouvons ici bien vérifier que  $V(4)=V(1)+V(2)$ .

Nous réalisons la même simulation mais en doublant le fréquence du signal carré :

Programme :

```
*AOP ADDITIONNEUR - Changement de fréquence Ve2*
```

```
EAOP 4 0 0 3 100K
```

```
R1 1 3 10K
```

```
R2 2 3 10K
```

```
R3 3 4 10K
```

```
Rs 4 0 10Meg
```

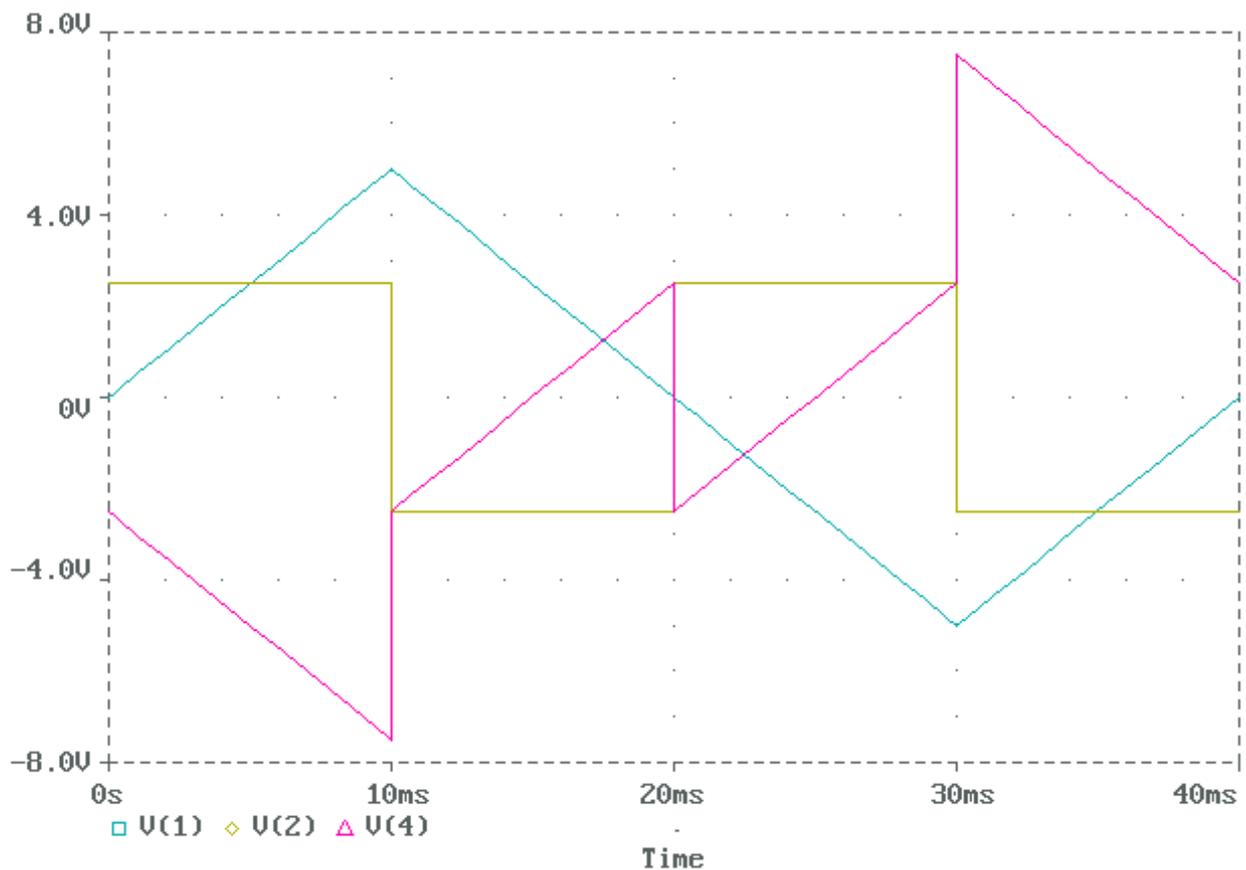
```
Ve1 1 0 pwl(0 0 10m 5 30m -5 40m 0)
```

```
Ve2 2 0 pwl(0 2.5 9.99m 2.5 10.01m -2.5 19.99m -2.5 20.01m 2.5  
+29.99m 2.5 30.01m -2.5 40m -2.5)
```

```
.TRAN 1MS 40MS
```

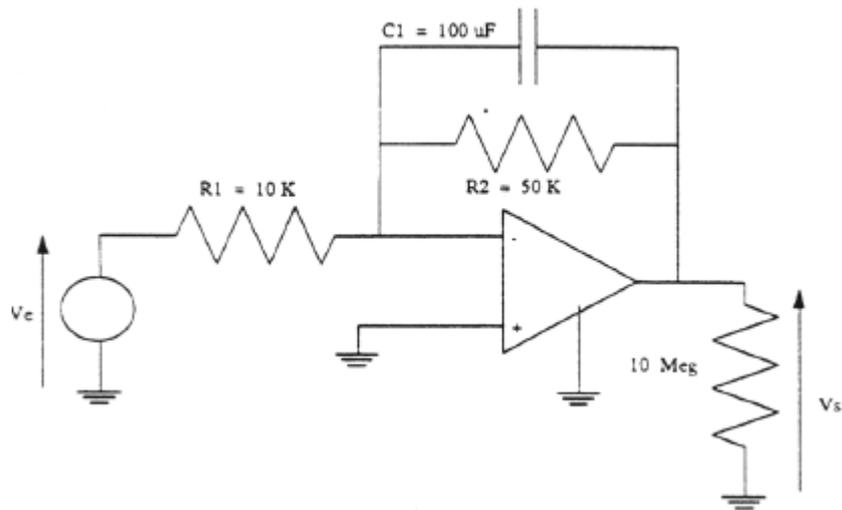
```
.PROBE
```

```
.END
```



Le montage est toujours additionneur.

### 3.4. Montage intégrateur



Nous négligerons ici la résistance R2. Elle a pour but de modérer la sortie Vs afin d'atténuer l'effet de saturation.

On a :  $V_e = R_1 \cdot i$ .

A la sortie du condensateur, nous avons :  $q = C \cdot V_s$ .

Cette charge électrique est l'intégrale du courant i qui traverse le condensateur ; en tenant compte du sens de i on a :  $q = \int -i dt$ .

On obtient donc :  $V_s = -\frac{1}{R_1 C} \int V_e dt = -\int V_e dt$ .

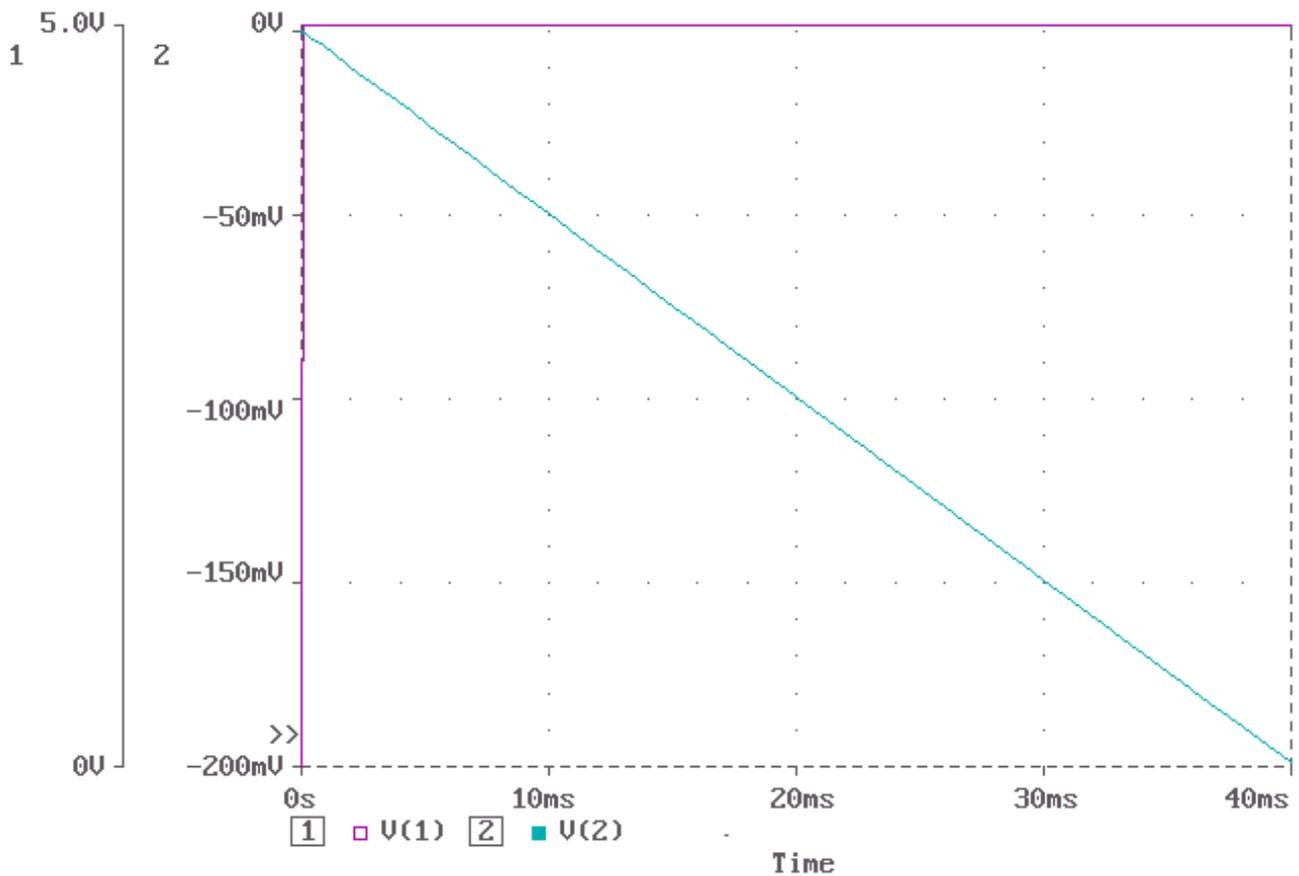
On retrouve en sortie l'intégrale du signal d'entrée. C'est pourquoi ce montage est dit montage intégrateur.

Observons la tension de sortie (V(2)) par rapport à la tension d'entrée (V(1)) pour différents signaux d'entrée :

### 3.4.1. Tension d'entrée : constante

Programme :

```
*AOP integrateur - Ve=constante*
eaop 2 0 0 3 100k
R1 1 2 10k
R2 2 3 50k
C1 2 3 100uF
Rs 2 0 10Meg
Ve 1 0 pwl(0 5 40m 5)
.tran 1ms 40ms
.PROBE
.end
```

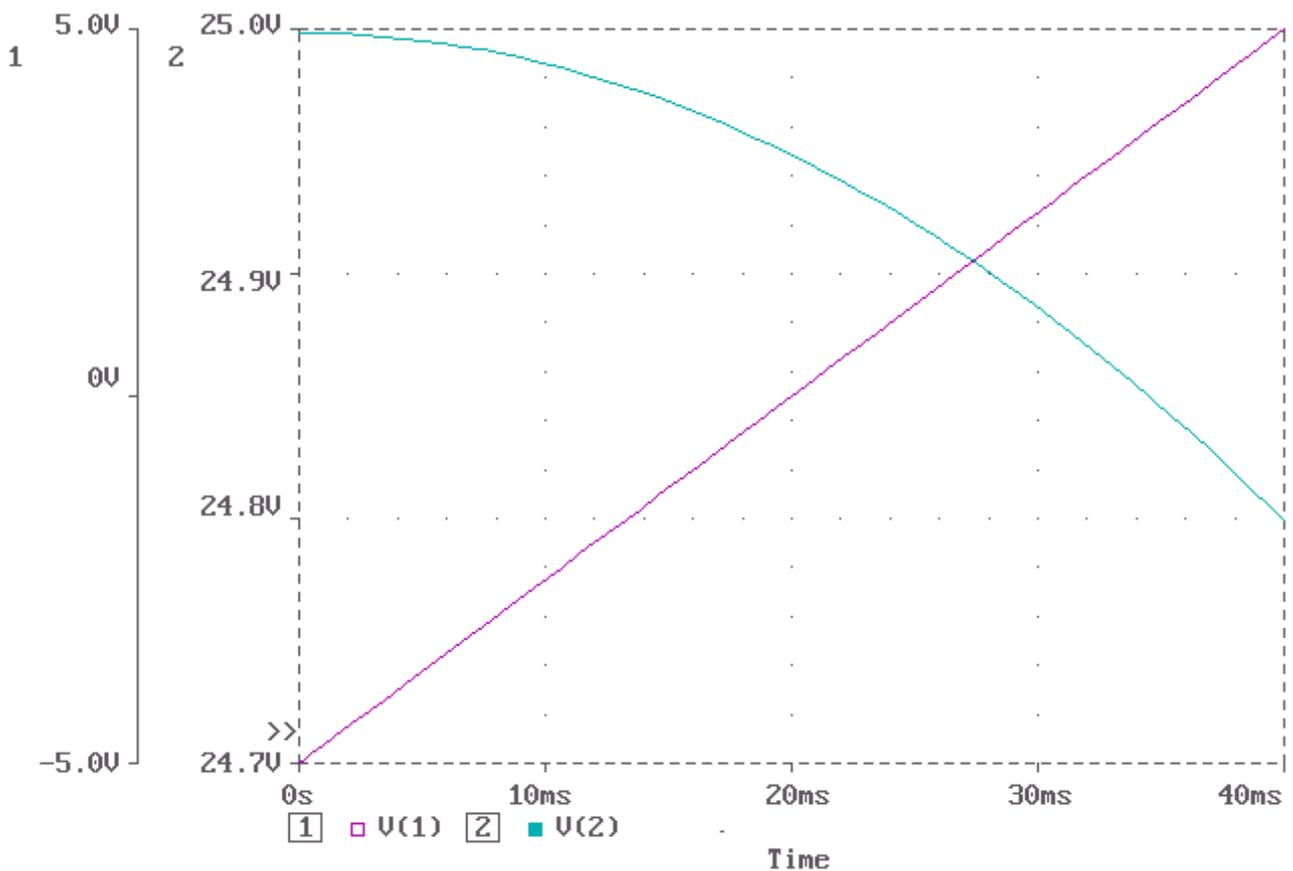


On observe une droite de pente négative pour la sortie : c'est bien l'intégrale inversée d'une constante.

### 3.4.2. Tension d'entrée : droite

Programme :

```
*AOP integrateur - Ve=droite*
eaop 2 0 0 3 100k
R1 1 2 10k
R2 2 3 50k
C1 2 3 100uF
Rs 2 0 10Meg
Ve 1 0 pwl(0 -5 40m 5)
.tran 1ms 40ms
.PROBE
.end
```

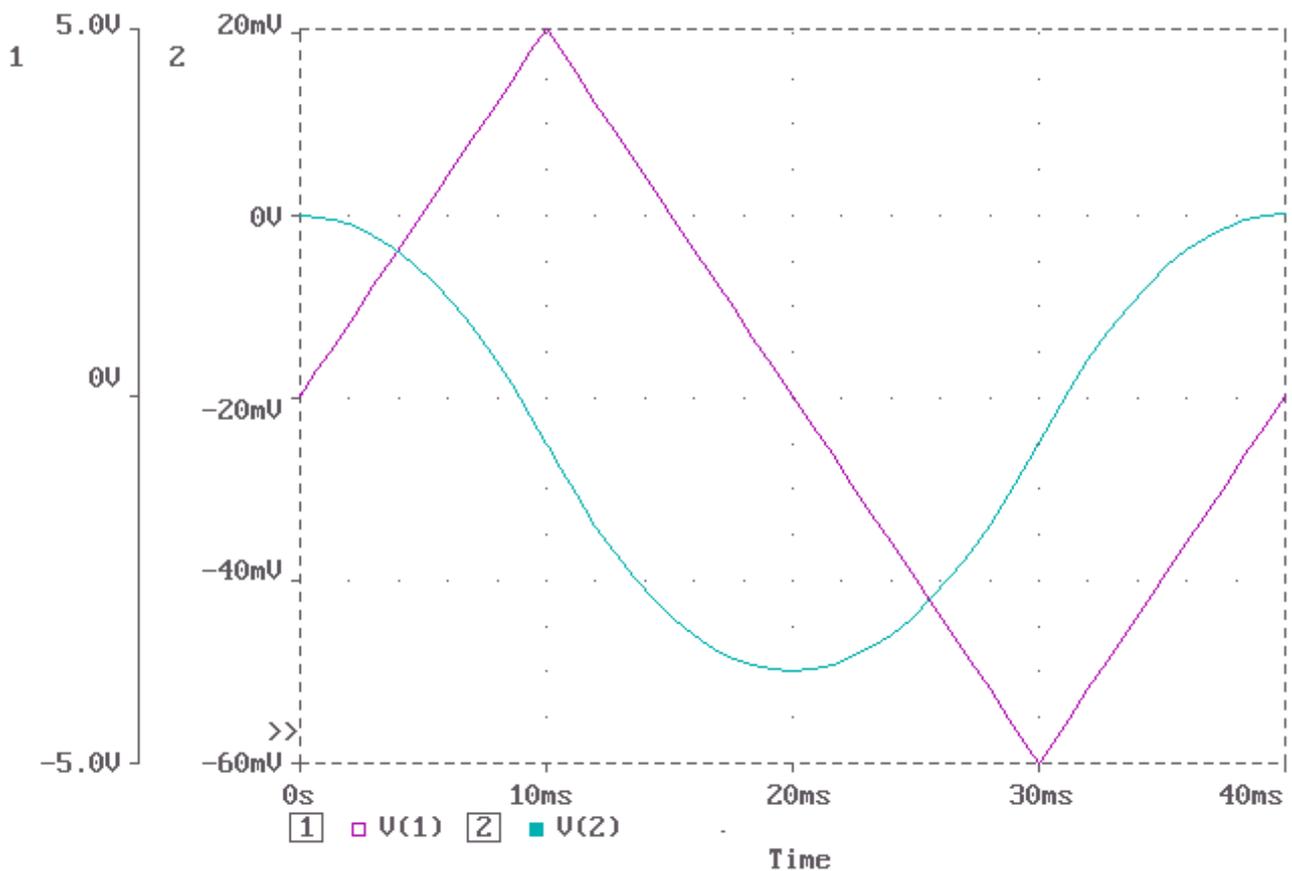


En entrée, nous avons une droite, ce qui donne, en intégrant une parabole. C'est bien ce que nous obtenons en sortie du circuit.

### 3.4.3. Tension d'entrée : signal triangulaire

Programme :

```
*AOP integrateur - Ve=triangulaire*  
eaop 2 0 0 3 100k  
R1 1 2 10k  
R2 2 3 50k  
C1 2 3 100uF  
Rs 2 0 10Meg  
Ve 1 0 pwl(0 -5 20m 5 40m -5)  
.tran 1ms 40ms  
.PROBE  
.end
```

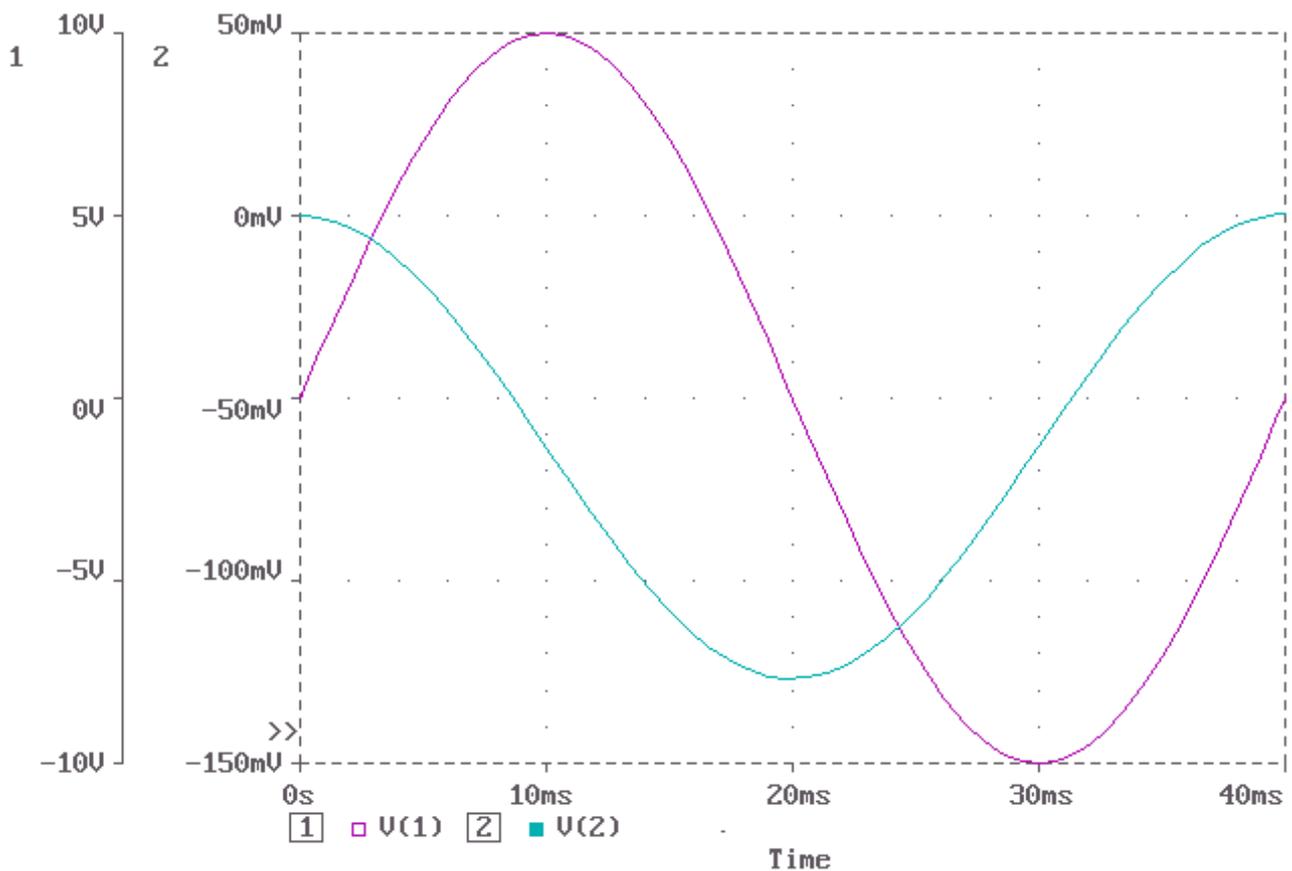


Le signal triangulaire équivaut à une succession de droites de pentes négatives ou positives. Ainsi, en sortie, de 0 à 10 ms cela nous donne une parabole négative, de 10 à 30 ms, une parabole positive et de 30 à 40 ms une parabole négative. On peut donc en déduire que nous obtenons en sortie une courbe sinusoïdale, ce qui est bien le cas des résultats expérimentaux.

### 3.4.4. Tension d'entrée : signal sinusoïdal

Programme :

```
*AOP integrateur - Ve=sinusoidale*
eaop 2 0 0 3 100k
R1 1 2 10k
R2 2 3 50k
C1 2 3 100uF
Rs 2 0 10Meg
Ve 1 0 sin(0 10 25hz 0 0 0)
.tran 1ms 40ms
.PROBE
.end
```



De la même manière que pour le signal triangulaire, nous pouvons découper le signal sinusoïdal en deux : de 0 à 20 ms, nous avons ici une parabole négative, et de 20 à 40 ms une parabole positive. Or, par définition, l'intégrale d'une parabole est une courbe de la forme  $y = x^3$ , donc d'après nos résultats, le circuit est bien intégrateur.

### 3.4.5. Tension d'entrée : signal carré

Programme :

```
*AOP integrateur - Ve=carré*
```

```
eaop 2 0 0 3 100k
```

```
R1 1 2 10k
```

```
R2 2 3 50k
```

```
C1 2 3 100uF
```

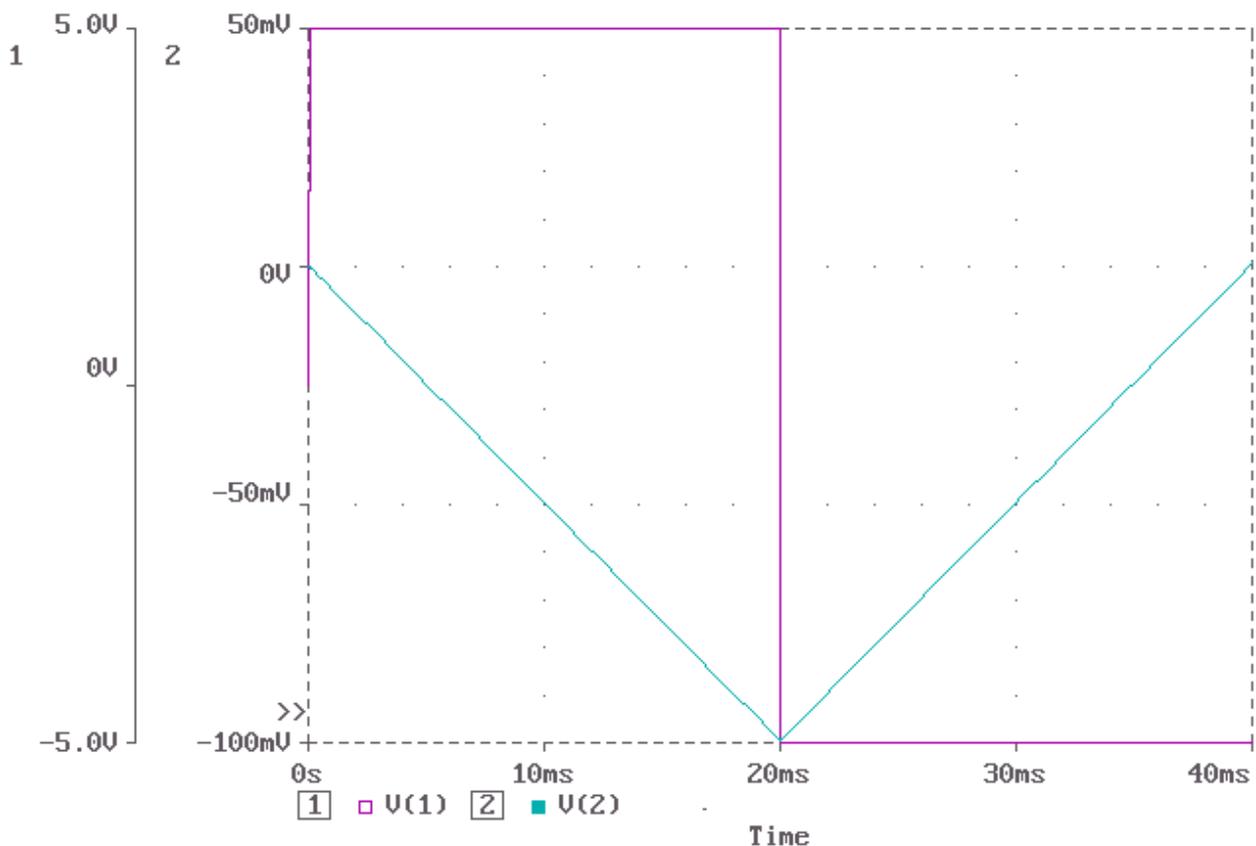
```
Rs 2 0 10Meg
```

```
Ve 1 0 pwl(0 5 19.99m 5 20.01m 0 40m 0)
```

```
.tran 1ms 40ms
```

```
.PROBE
```

```
.end
```



La tension d'entrée carrée peut être découpée en deux : de 0 à 20 ms nous avons une constante positive, et de 20 à 40 ms une constante négative. En intégrant, nous devrions donc obtenir une droite de pente négative (intégrale inversée) et une droite de pente positive. Nos résultats expérimentaux vérifient ces résultats.

## Conclusion

Au cours de ce TP nous avons pu simuler différents circuits et ainsi nous rendre compte de leurs fonctionnements.

Le principal avantage de réaliser des simulations et de pouvoir anticiper sur le fonctionnement d'un circuit que l'on veut mettre en œuvre et ainsi de pouvoir corriger les éventuels erreurs de calculs.

Il faut toutefois prendre des précautions quand aux résultats obtenus qui ne sont que théoriques. Il faudra donc valider le fonctionnement lors de la mise en œuvre réel du circuit.