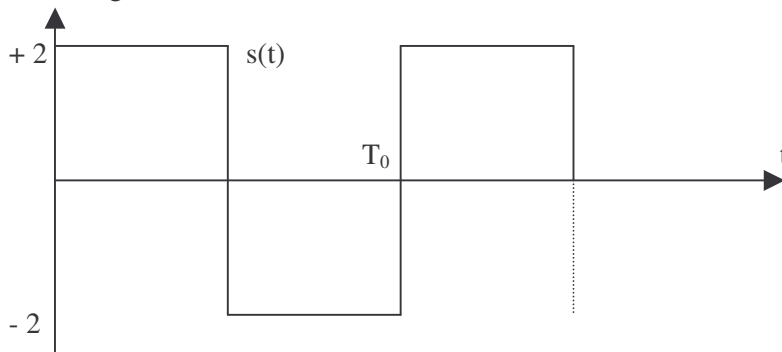


## T.P. numéro 14 : décomposition en série de Fourier et spectre d'un signal carré.

**Le but de ce TP est d'obtenir le spectre (les 7 premiers harmoniques) d'un signal.**

On considère le signal carré ci-dessous :



On veut établir le spectre de ce signal par trois méthodes différentes :

- la théorie mathématique.
- la reconstruction par le logiciel FOURIER.
- l'utilisation d'un filtre passe-bande sélectif.

### I – Analyse spectrale théorique.

Les calculs théoriques faits par les mathématiciens nous donnent pour  $s(t)$  la décomposition en série de Fourier suivante :

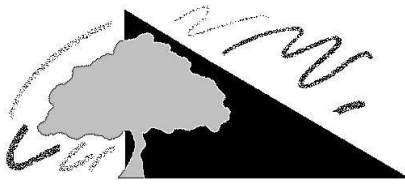
$$s(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \sin(2\pi \cdot n \cdot f_0 \cdot t) \quad \text{avec } f_0 = (1/T_0) = 1 \text{ kHz.}$$

où :  $A_0 = 0$ .

$$A_n = \frac{8}{n \cdot \pi} \quad \text{si } n \text{ est impair et } 0 \text{ sinon.}$$

Justifier le fait que  $A_0 = 0$  et que l'on ne trouve que des fonctions sinus dans la décomposition en série de Fourier. Calculer l'amplitude des 7 premières raies du spectre de  $s(t)$  en remplissant le tableau ci-dessous :

$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$
0							



## II – Reconstruction du signal en utilisant le logiciel FOURIER.

Afficher la fenêtre principale du logiciel FOURIER par : « simulation  $\Rightarrow$  FOURIER »

Dessiner le signal  $s(t)$  en allant dans « Période  $\Rightarrow$  Dessiner »

Appuyer sur F1 pour dessiner, puis à l'aide de la souris, dessiner le signal  $s(t)$  avec 6 points.  
Dessiner le signal  $s(t)$  en utilisant toute la période (+2 V de 0 à 180 et -2 V de 180 à 360)

Appuyer sur « espace » pour valider et sauver votre dessin en utilisant un nom de fichier reconnaissable.

Faire « Calcul  $\Rightarrow$  Fourier » pour obtenir le calcul des 7 premiers harmoniques du signal dessiné.  
Noter l'amplitude des 7 premiers harmoniques calculés par le logiciel.

Faire « Réponse  $\Rightarrow$  Spectre » pour obtenir le tracé du spectre. Pour imprimer les dessins ou mettre du texte dessus, on se rendra dans l'annexe : « comment imprimer des fichiers fonctionnant exclusivement sous MS-DOS. »

Faire « Réponse  $\Rightarrow$  Restitution » pour reconstruire le signal  $s(t)$  avec les 7 harmoniques calculés (appuyer sur F10 auparavant pour tracer le signal voulu  $s(t)$ ).

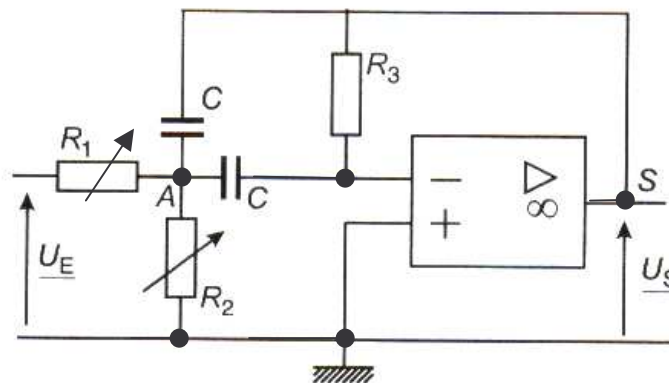
Cette reconstruction vous paraît-elle satisfaisante ?

Si la réponse est non, recommencer le calcul des coefficients de la série de Fourier en utilisant par exemple 30 harmoniques.

Faites la reconstruction du signal et regardez le signal  $s(t)$  se reconstruire.

## III – Analyse spectrale par utilisation d'un filtre sélectif.

On considère le circuit suivant :



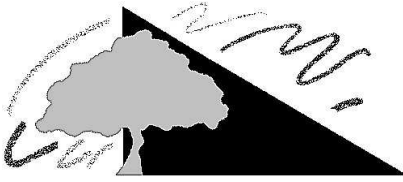
Câbler le montage avec :  $R_1 =$  boîte de résistances de 10 k $\Omega$  + boîte de 1 k $\Omega$

$R_2 =$  boîte de résistances de 10  $\Omega$  + boîte de 1  $\Omega$

$R_3 = 100$  k  $\Omega$  et  $C = 100$  nF.

La courbe de gain ( $U_s / U_e$ ) de ce filtre montre que c'est un filtre passe-bande très sélectif autour de  $F = 1$  kHz, c'est à dire que :

- si  $U_e$  est un signal sinusoïdal de fréquence  $f$  environ  $F$ ,  $U_s = - U_e$ .
- si  $U_e$  est un signal sinusoïdal de fréquence  $f$  différente de  $F$ ,  $U_s \approx 0$ .



Vérifier que ce filtre est bien sélectif autour de  $F$  et régler la valeur de  $F$  à  $F = 1$  kHz.

Pour cela : placer  $R_1$  à  $60$  k $\Omega$  et  $R_2$  à  $20$   $\Omega$ .

- placer en entrée une sinusoïde de fréquence  $f = F$  et d'amplitude  $1$  V : qu'obtient-on en sortie ? Régler alors  $R_1$  et  $R_2$  de façon à obtenir en sortie une sinusoïde d'amplitude  $1$  V et déphasée de  $\pi$ .
- placer en entrée une sinusoïde de fréquence  $f$  différente de  $F$  et observez la sortie. Augmentez  $f$  ou diminuez  $f$  jusqu'à obtenir  $f = F$  : qu'obtient-on en sortie ?

On veut obtenir le spectre de  $s(t)$  à l'aide de ce filtre sélectif autour de  $F$ .

Dans le cours, on a vu qu'on augmentait  $F$  de façon à obtenir les différentes raies du spectre de  $s(t)$ . Or, il est très difficile pratiquement de faire varier  $F$  sans altérer la sélectivité du filtre. On préfère donc faire varier la fréquence  $f_0$  du signal  $s(t)$  pour que les différentes raies de  $s(t)$  rencontrent la fenêtre du filtre  $F$  les unes après les autres.

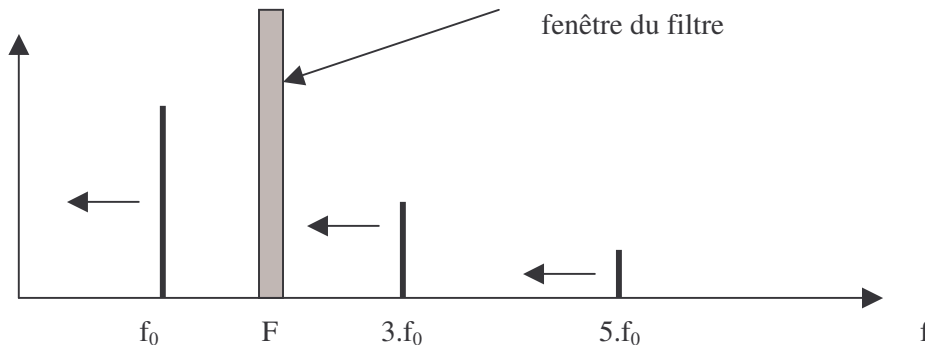
Placer à l'entrée de ce filtre le signal carré de fréquence  $f_0$  : qu'obtient-on en sortie ?

Diminuer la fréquence du signal carré jusqu'à  $f = f_0/2$  : obtient-on un signal de sortie ?  
Est-ce normal, compte tenu de la partie I ?

Diminuer la fréquence du signal carré jusqu'à  $f \approx f_0/3$  : mesurer alors l'amplitude de l'harmonique n°3.

Diminuer la fréquence du signal carré jusqu'à  $f \approx f_0/5$  : mesurer alors l'amplitude de l'harmonique n°5.

Diminuer la fréquence du signal carré jusqu'à  $f \approx f_0/7$  : mesurer alors l'amplitude de l'harmonique n°7.



### ANNEXE : "comment imprimer des dessins de logiciel fonctionnant sous MS-DOS ?"

La touche « Imprime-écran » ne fonctionne pas avec le type de matériel utilisé. Il faut donc suivre la procédure suivante :

- Appuyer sur « Imprime écran ».
- appuyer sur les touches « ALT et TAB » pour revenir sous Windows 95.
- Sélectionner le programme « Word » dans « Programmes  $\Rightarrow$  Accessoires ».
- Placer le dessin dans la fenêtre de word par la commande : « Edition  $\Rightarrow$  Coller ».
- Faire : « Fichier  $\Rightarrow$  Imprimer » ou sauver votre dessin si vous en avez plusieurs à imprimer.