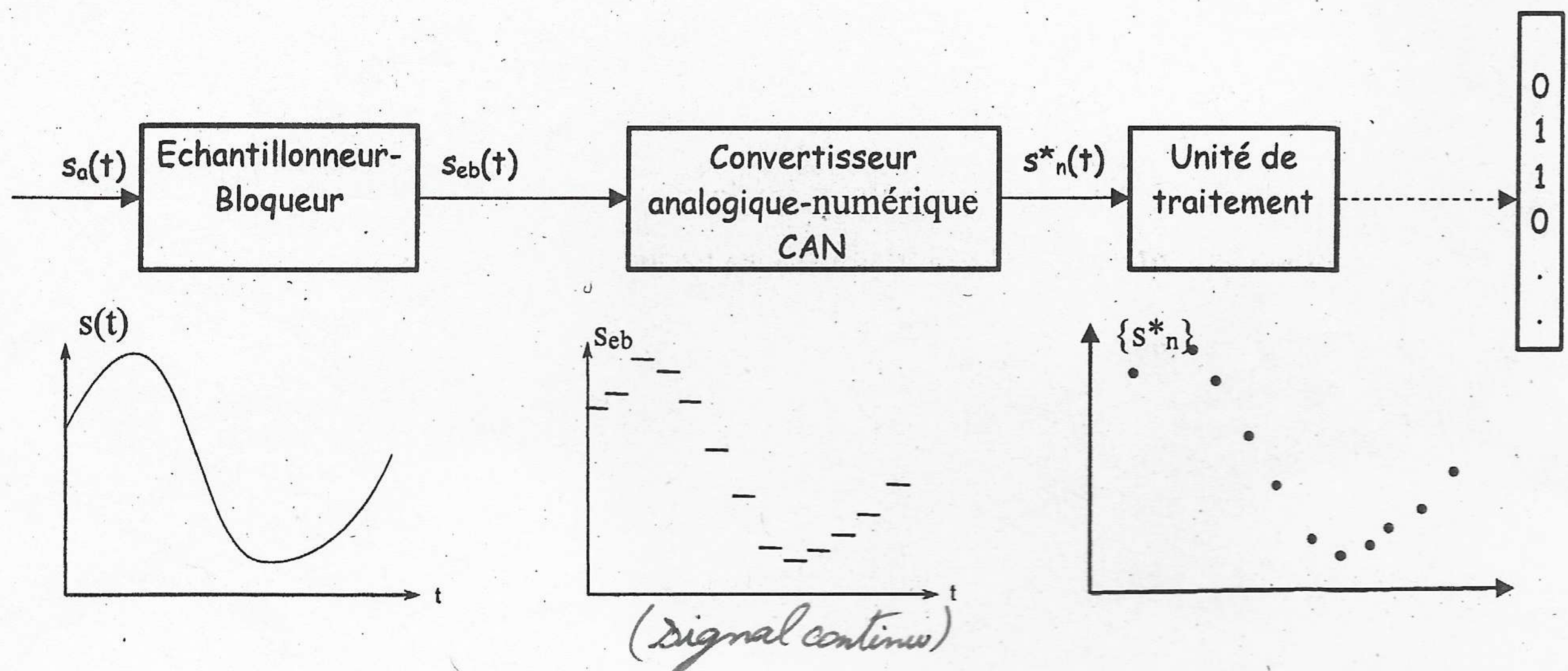


BTS SNEC	NUMERISATION DES SIGNAUX ANALOGIQUE ET RESTITUTION	Chapitre 12
PHYSIQUE		

La numérisation des signaux analogiques permet de faciliter les opérations de traitements du signal, de stockage et d'archivage. Elle améliore les dispositifs de transmission et offre des possibilités de traitements irréalisables en analogique.

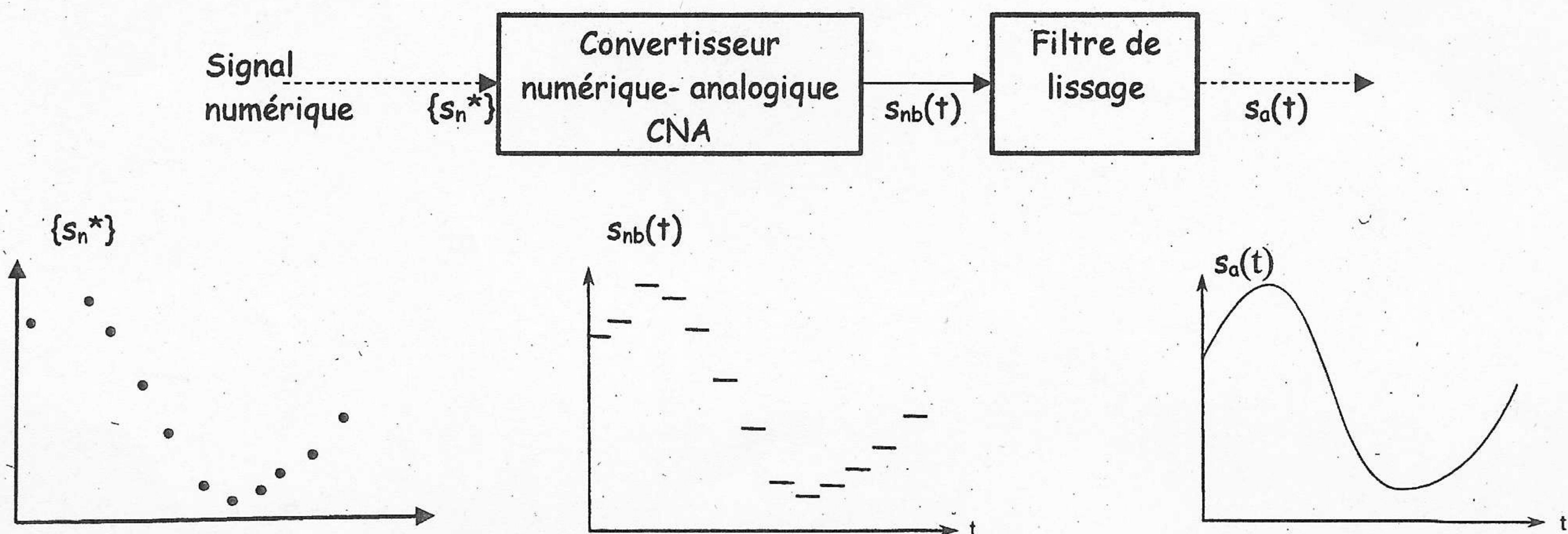
I. Chaines d'acquisition et de restitution d'un signal analogique

Pour numériser un signal analogique, différentes opérations doivent être mises en œuvre. Le signal analogique $s_a(t)$ (issu d'un capteur par exemple) est échantillonné et bloqué, $s_{eb}(t)$, à la fréquence $f_e=1/T_e$ puis converti en une suite de nombre par un convertisseur analogique-numérique, avant d'être envoyé dans l'unité de traitement.



- $s_a(t)$: signal analogique
- $s_{eb}(t)$: signal échantillonné et bloqué. A chaque période d'échantillonnage (nT_e) la valeur du signal analogique est prélevée et maintenue constante pour assurer une conversion analogique-numérique satisfaisante.
- $\{s_n\}^*$: $\{s_0 ; s_1 ; s_2 ; s_3 ; \dots\}$: signal numérique codé en binaire sur N bits

NB : Après la numérisation, un filtre de lissage de type passe-bas élimine les marches d'escaliers pour produire le signal analogique souhaité



$s_{eb}(t)$: tension en marches d'escaliers délivrée par la sortie du CNA

$s_a(t)$: tension filtrée par le filtre de lissage

II. Echantillonnage et spectre d'un signal échantillonné

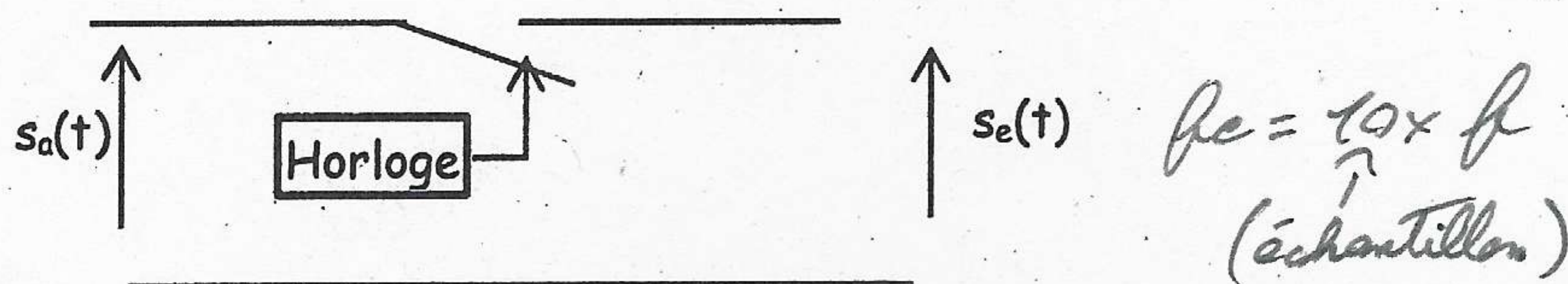
1. Echantillonnage

L'échantillonnage d'un signal analogique $s(t)$ consiste à prélever des échantillons sur ce signal, à espace de temps régulier noté T_e . T_e est la période d'échantillonnage.

Un échantillonneur est un dispositif électronique qui prélève les échantillons $s(nT_e)$ sur le signal $s(t)$. Il est construit autour d'un interrupteur électronique ultra-rapide et d'une horloge de fréquence f_e .

$$f_e = \frac{1}{T_e} \quad f_e = \text{fréquence d'échantillonnage}$$

$$\Rightarrow T = 10 \times T_e$$



La fermeture de l'interrupteur se fait toutes les périodes T_e et est instantanée.

Le nombre d'échantillons prélevé devra être suffisamment grand afin d'avoir une image fidèle du signal en question mais des limites technologiques ne permettront pas toujours d'en avoir un assez grand (taille de la mémoire, durée de la conversion Analogique numérique, de la mémorisation et du traitement).

Ce dispositif n'existe jamais seul, Il est complété par un bloqueur qui permet de maintenir l'échantillon prélevé constant pendant toute la phase de conversion. Ce bloqueur est une « mémoire analogique ». On utilise un condensateur qui se chargera instantanément lors de la prise d'échantillon et qui ne se déchargera plus pendant la phase de blocage.

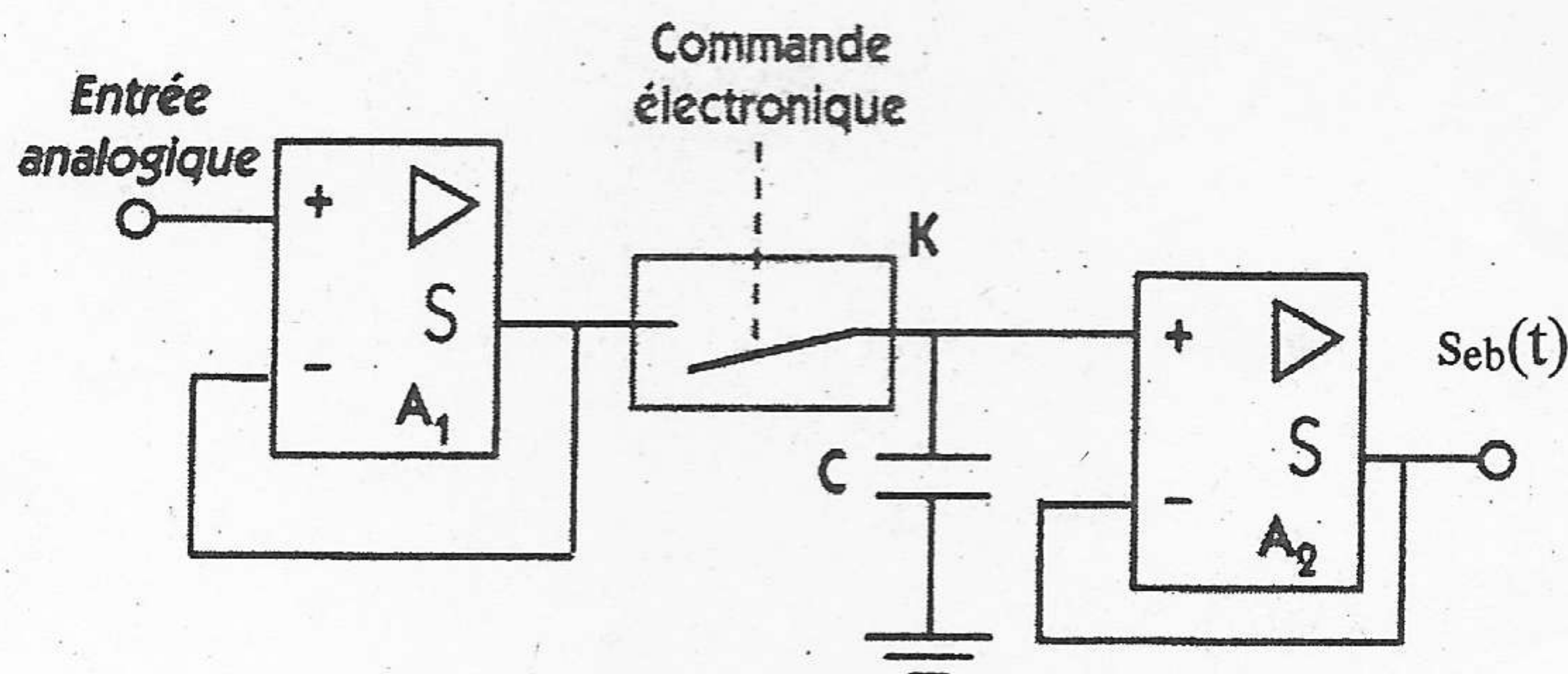
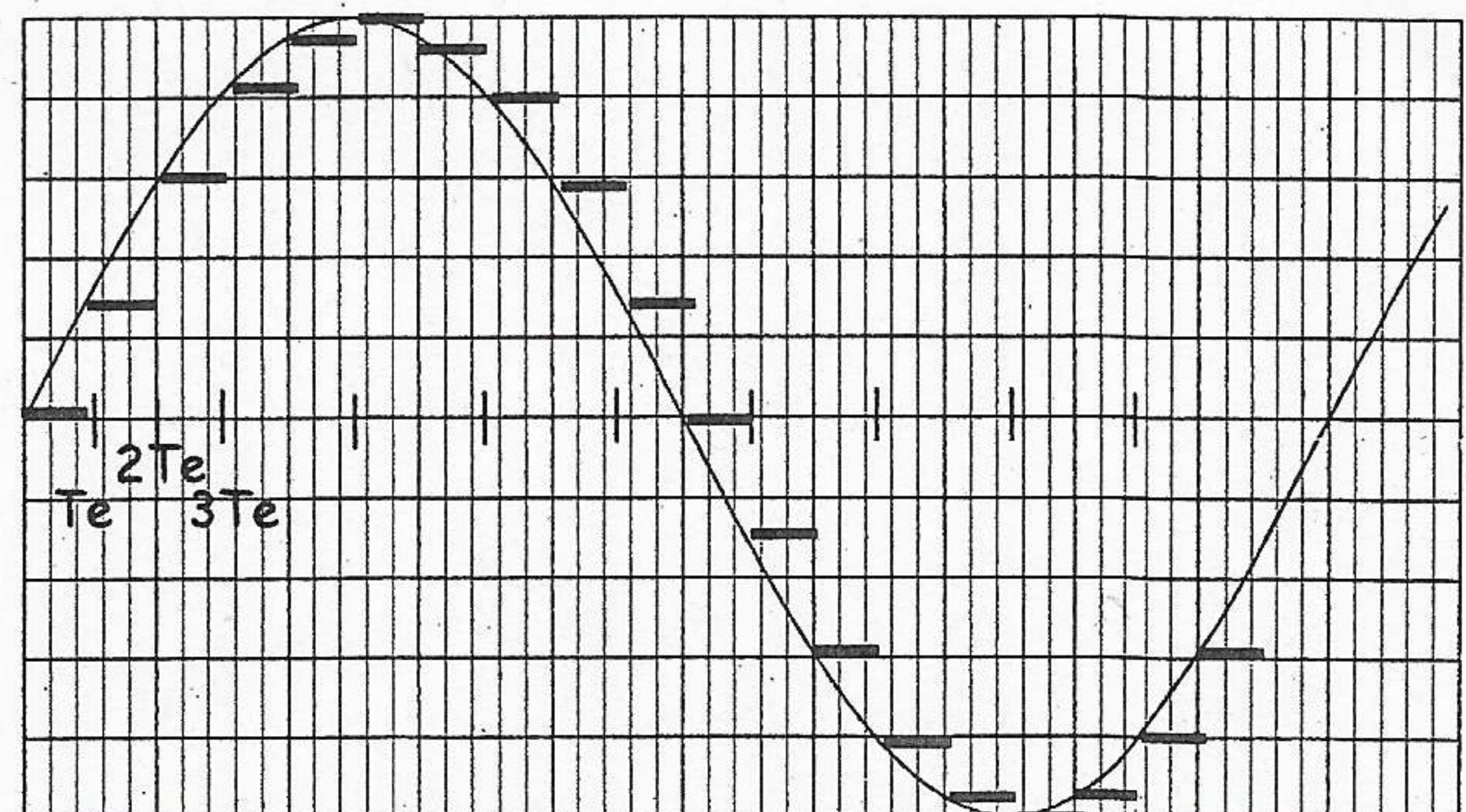
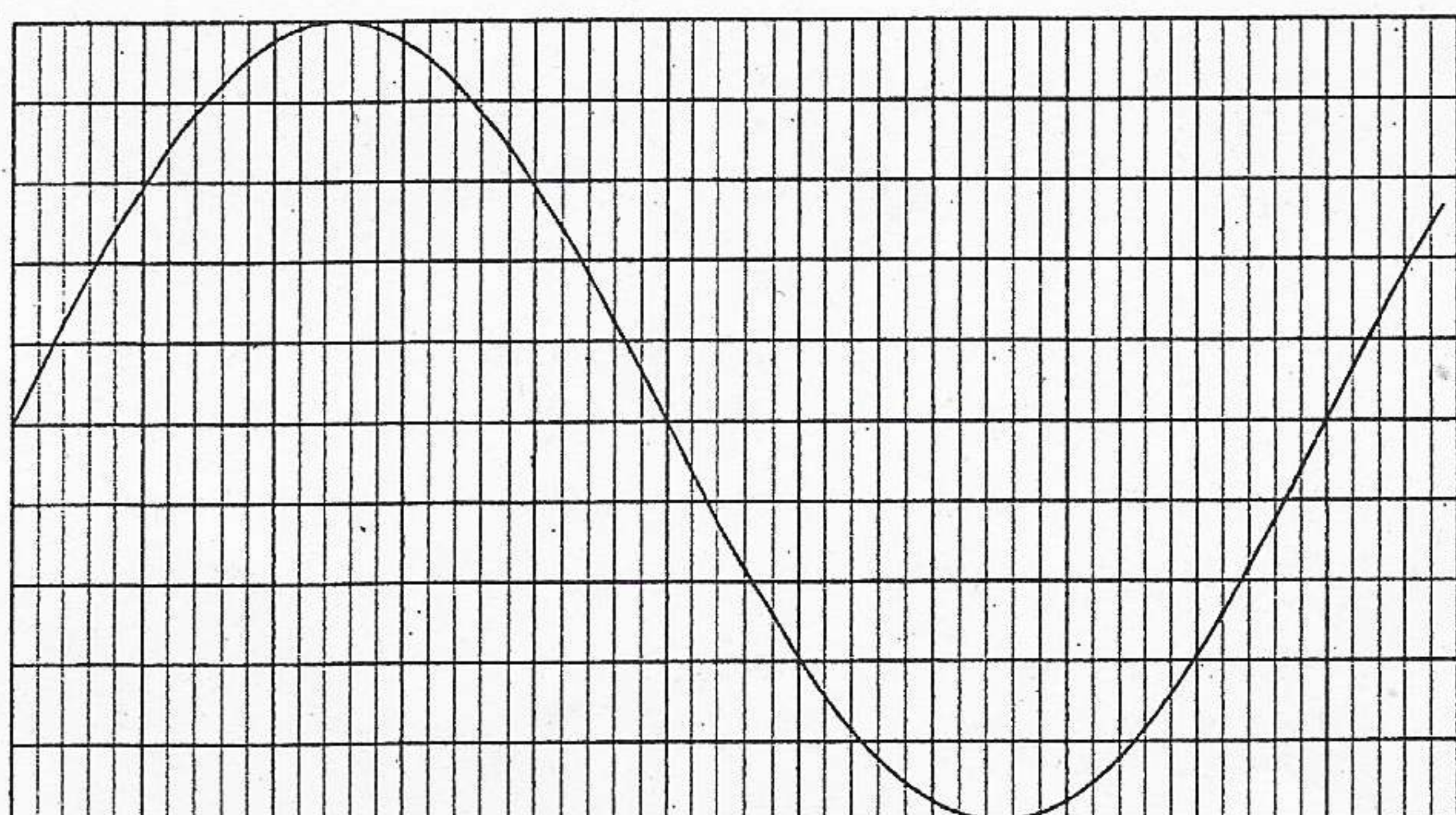
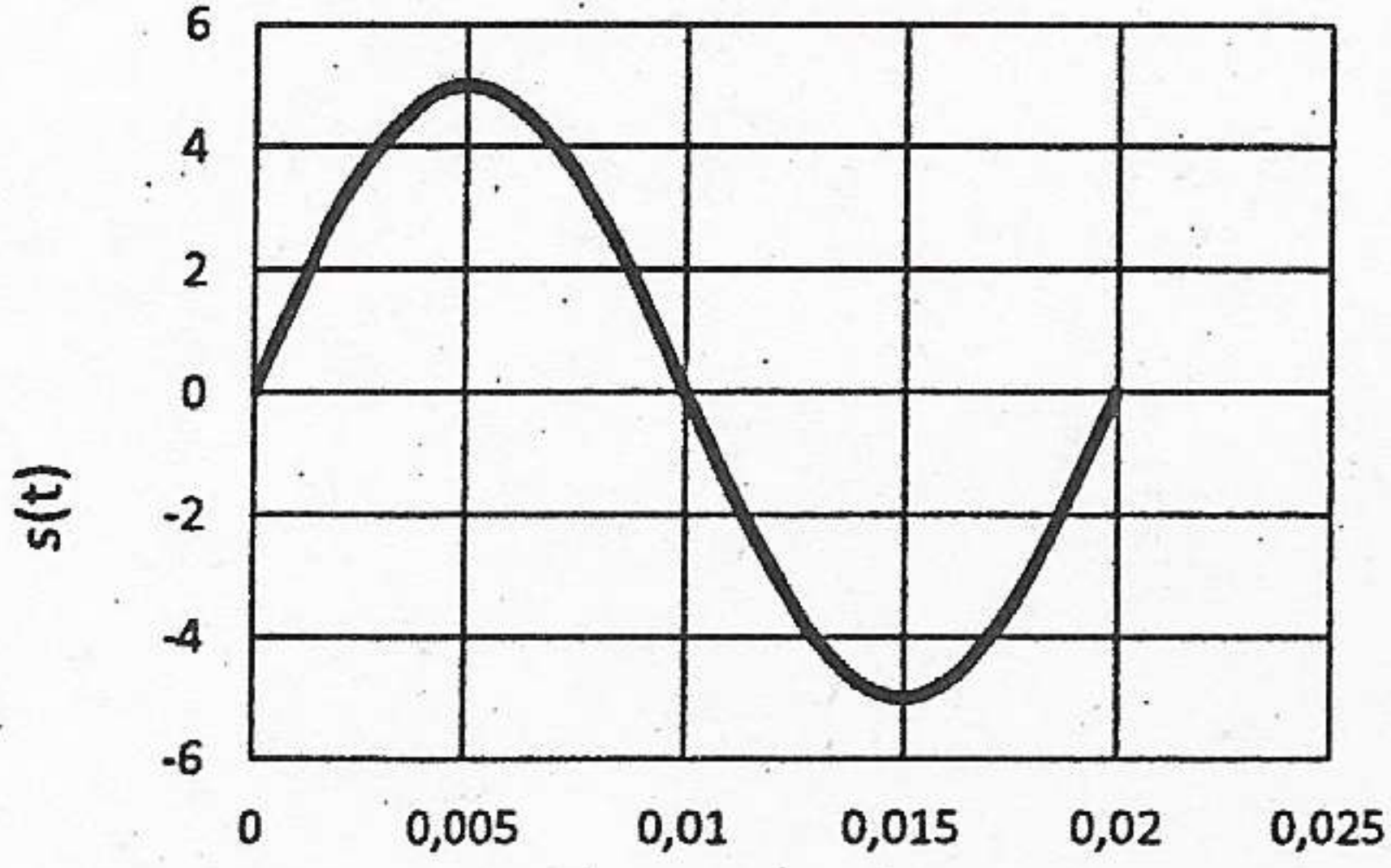

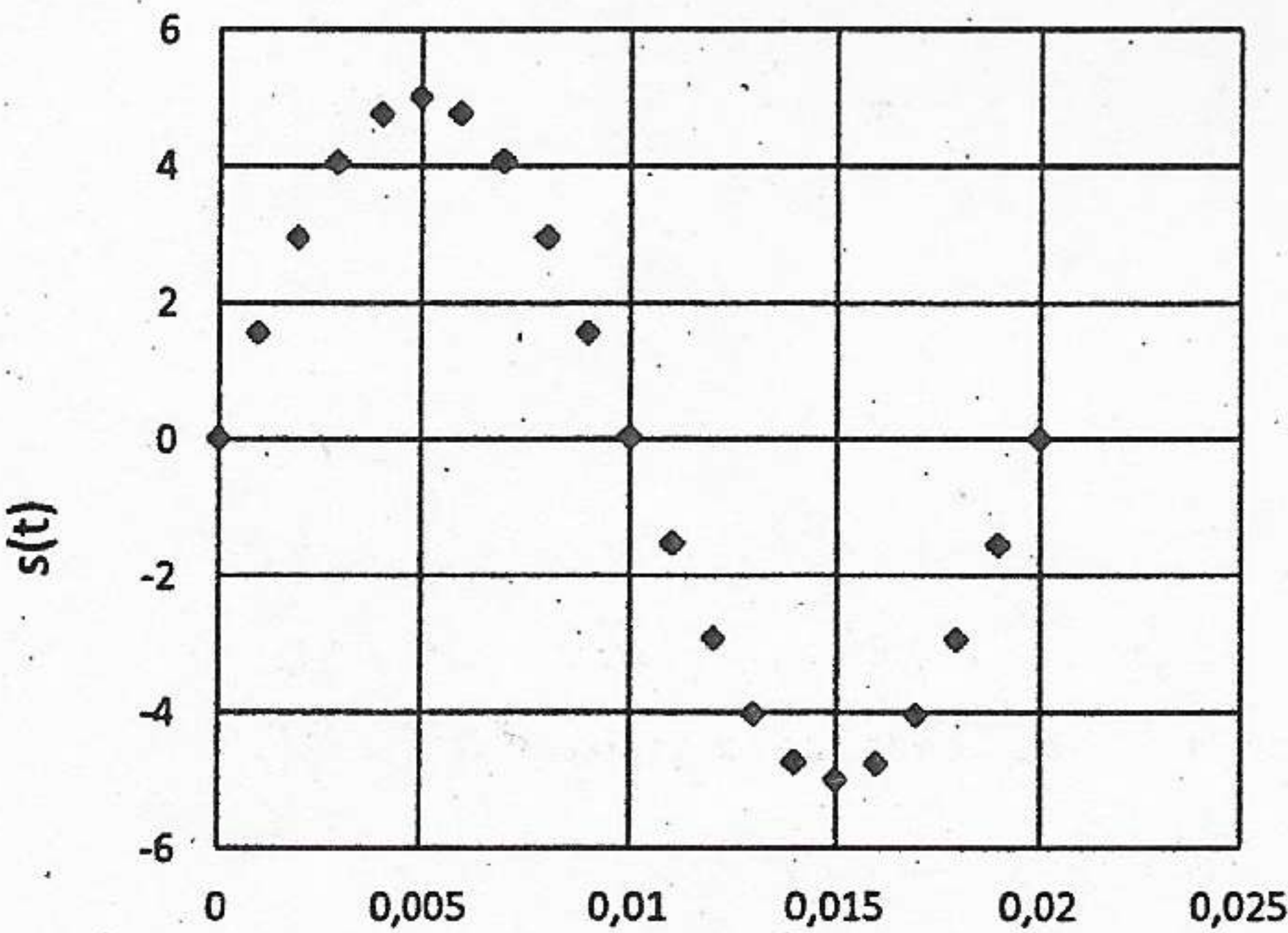
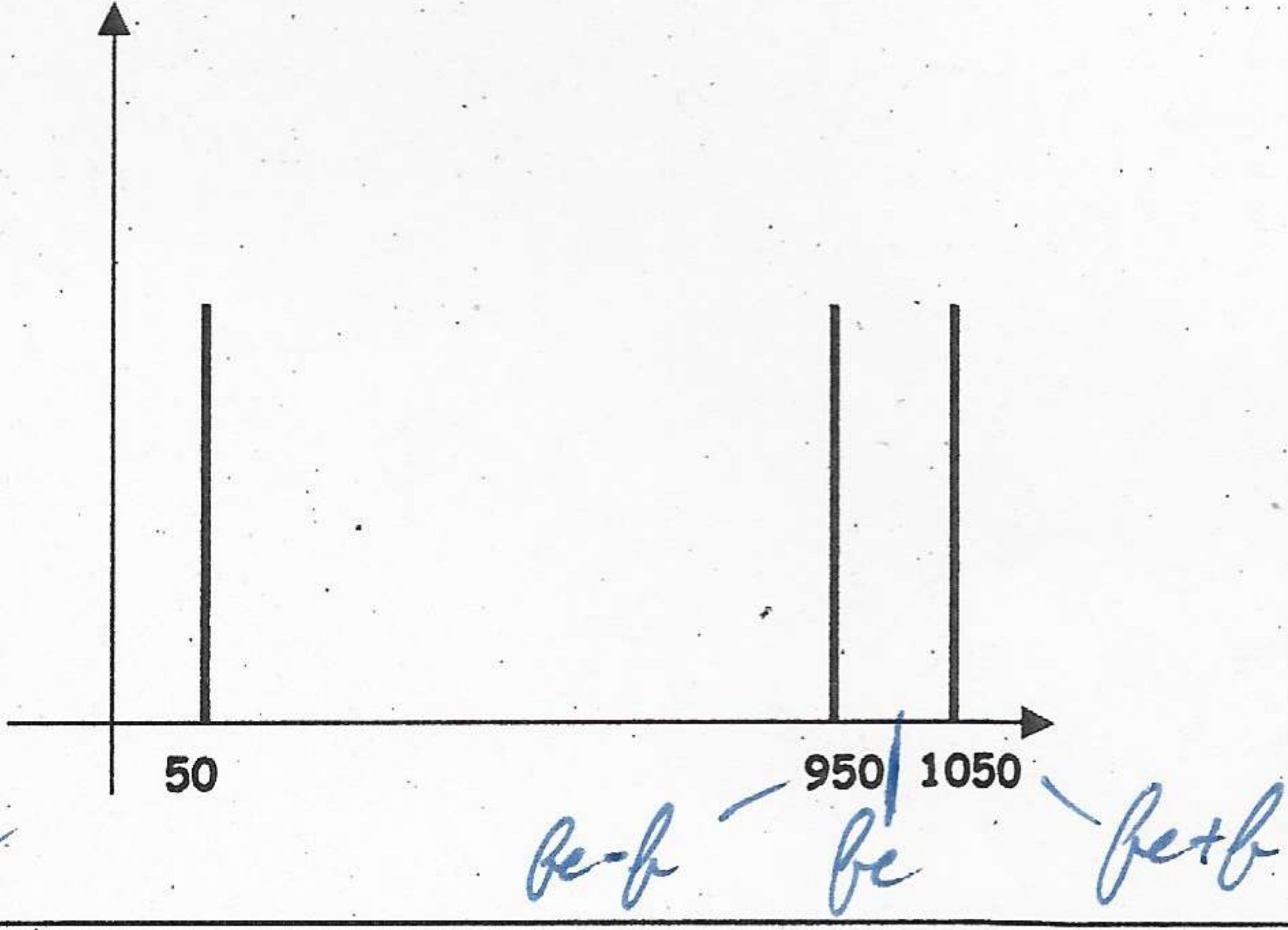
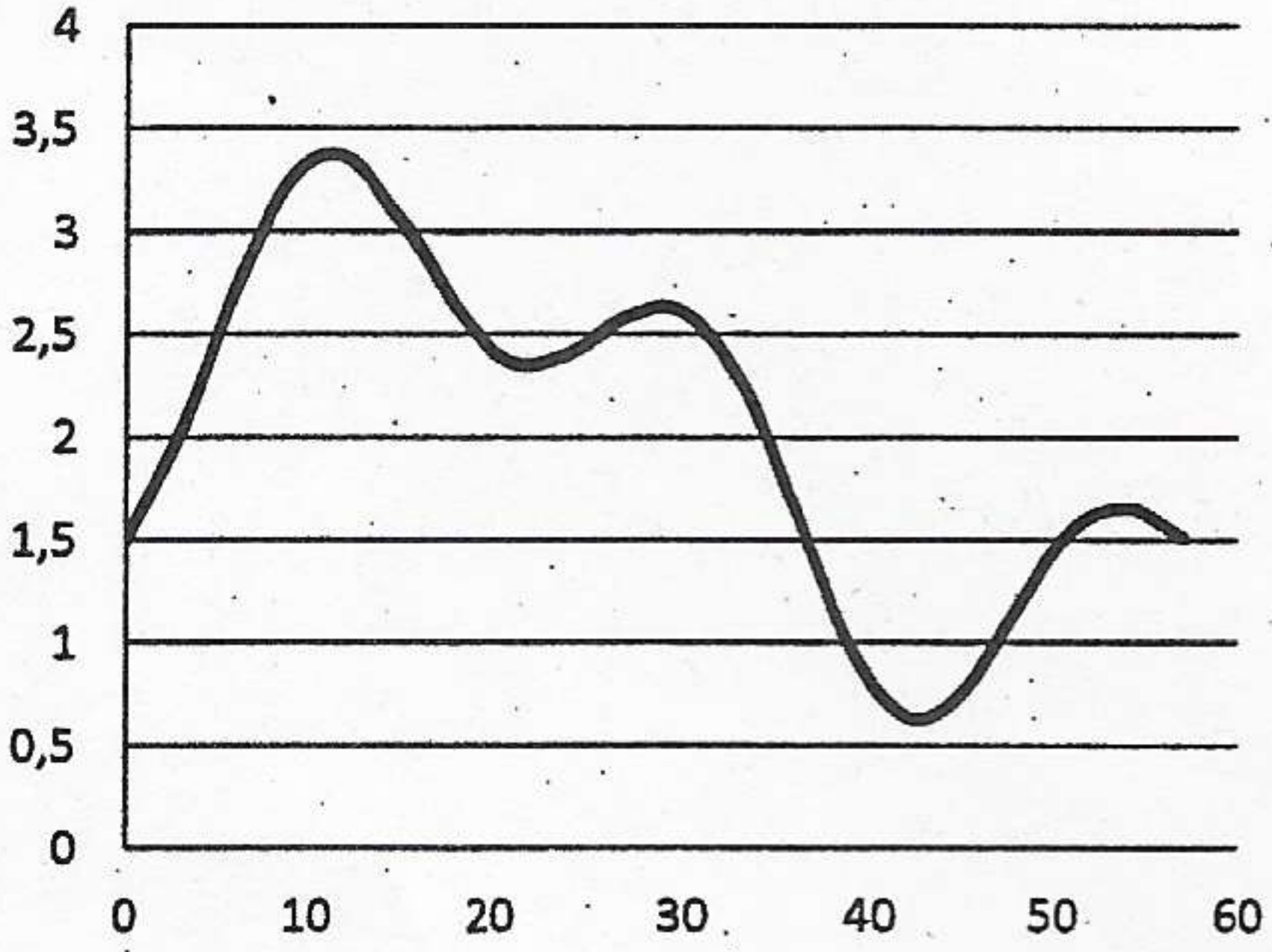
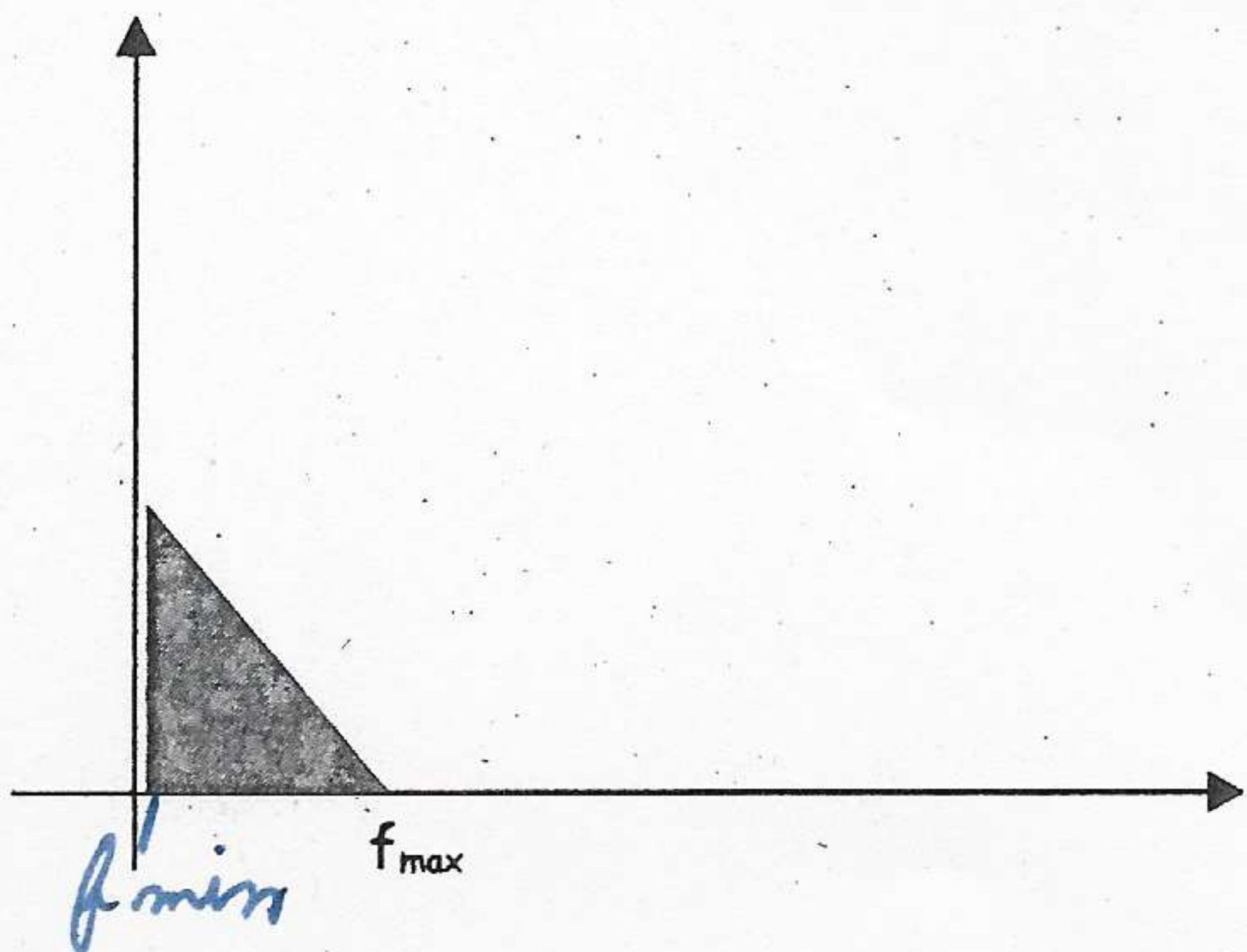
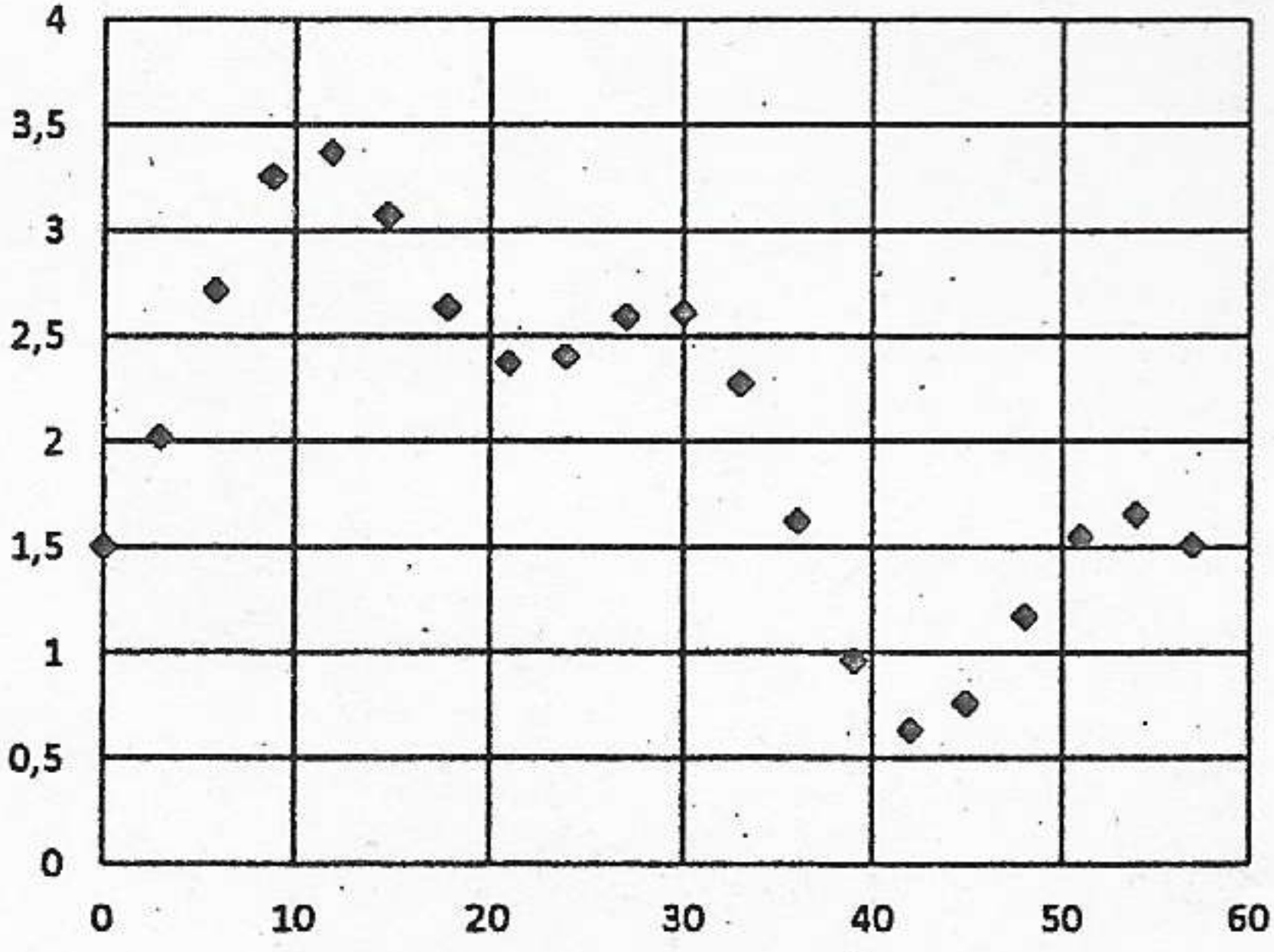
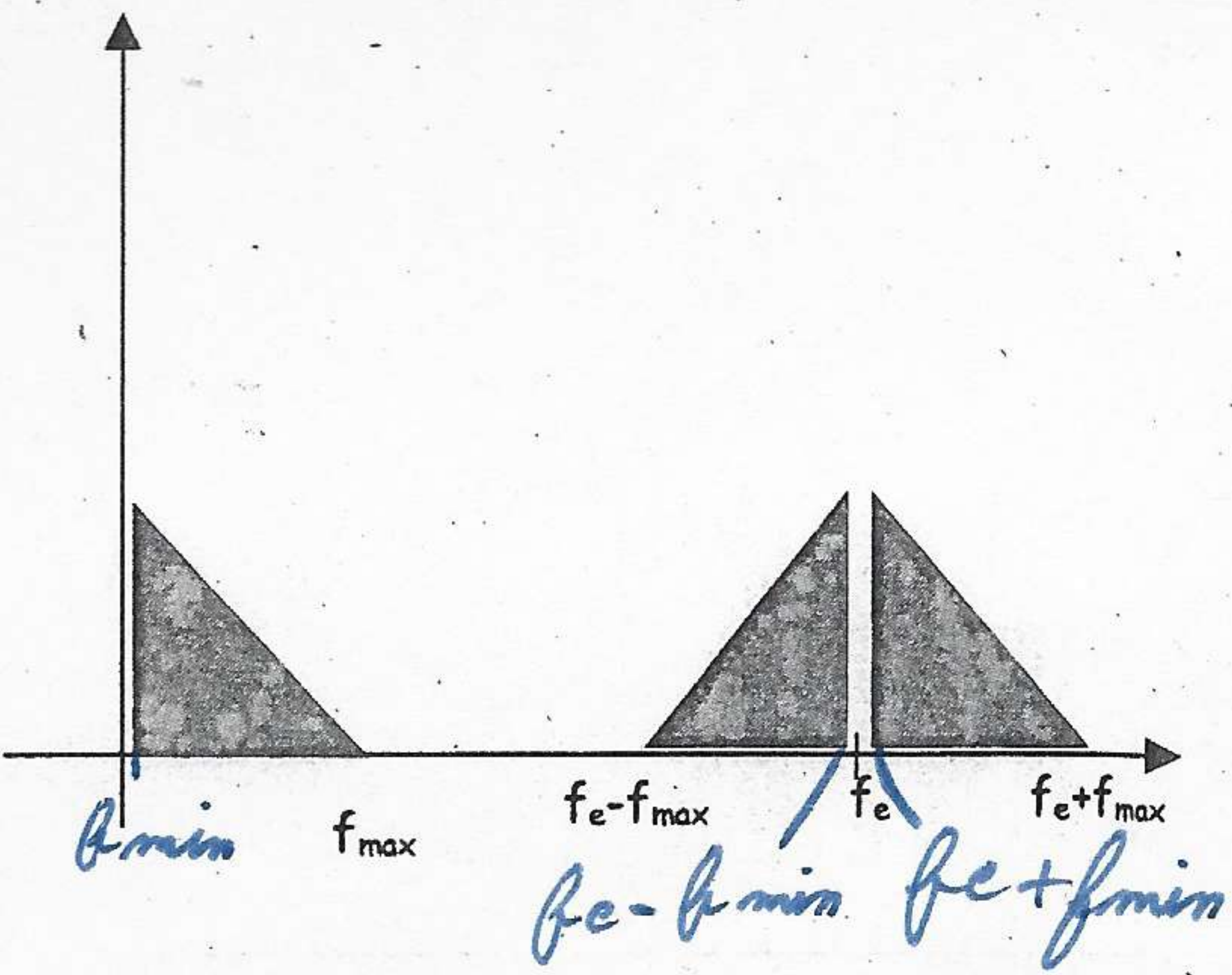


Schéma d'un échantillonneur-bloqueur



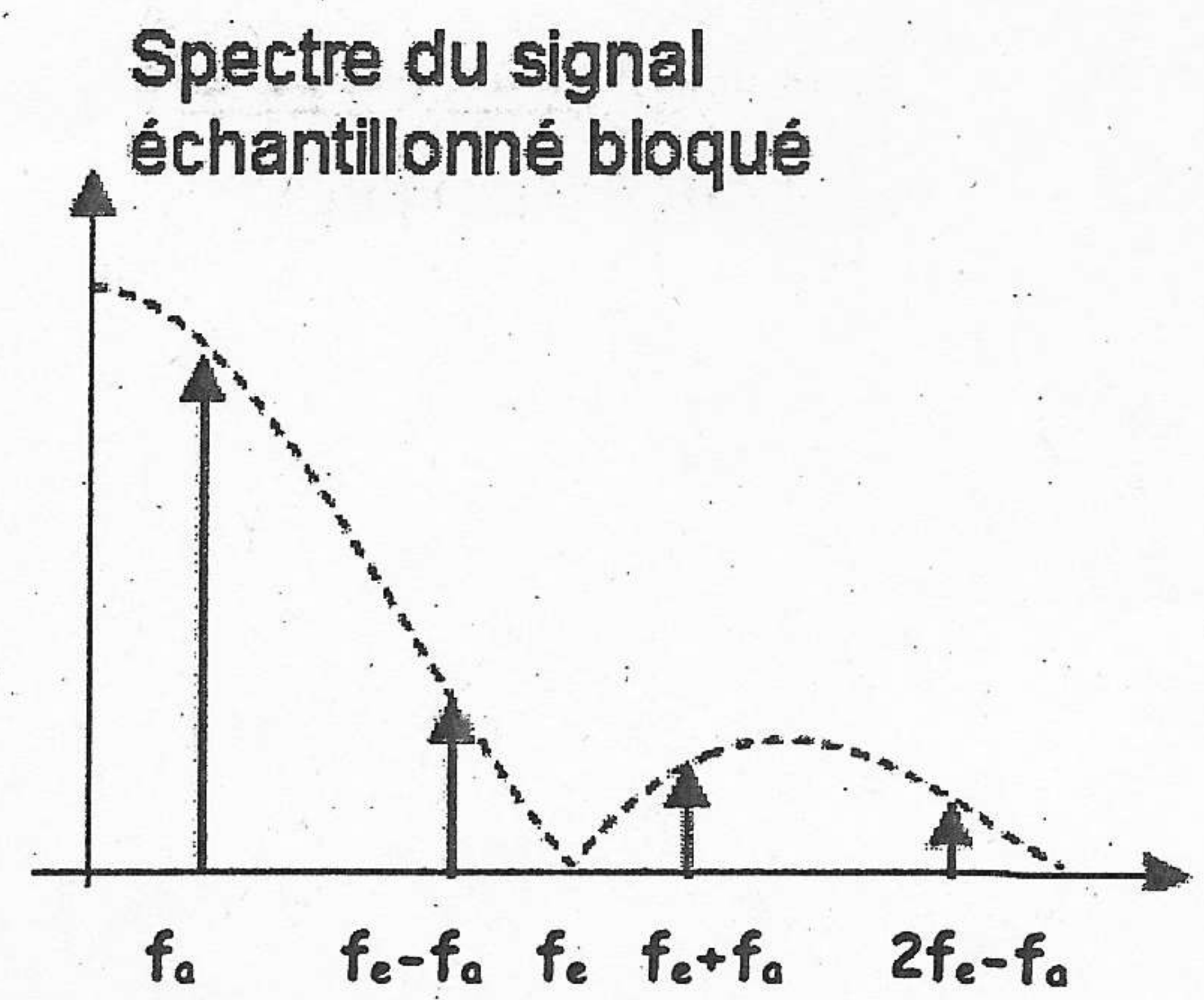
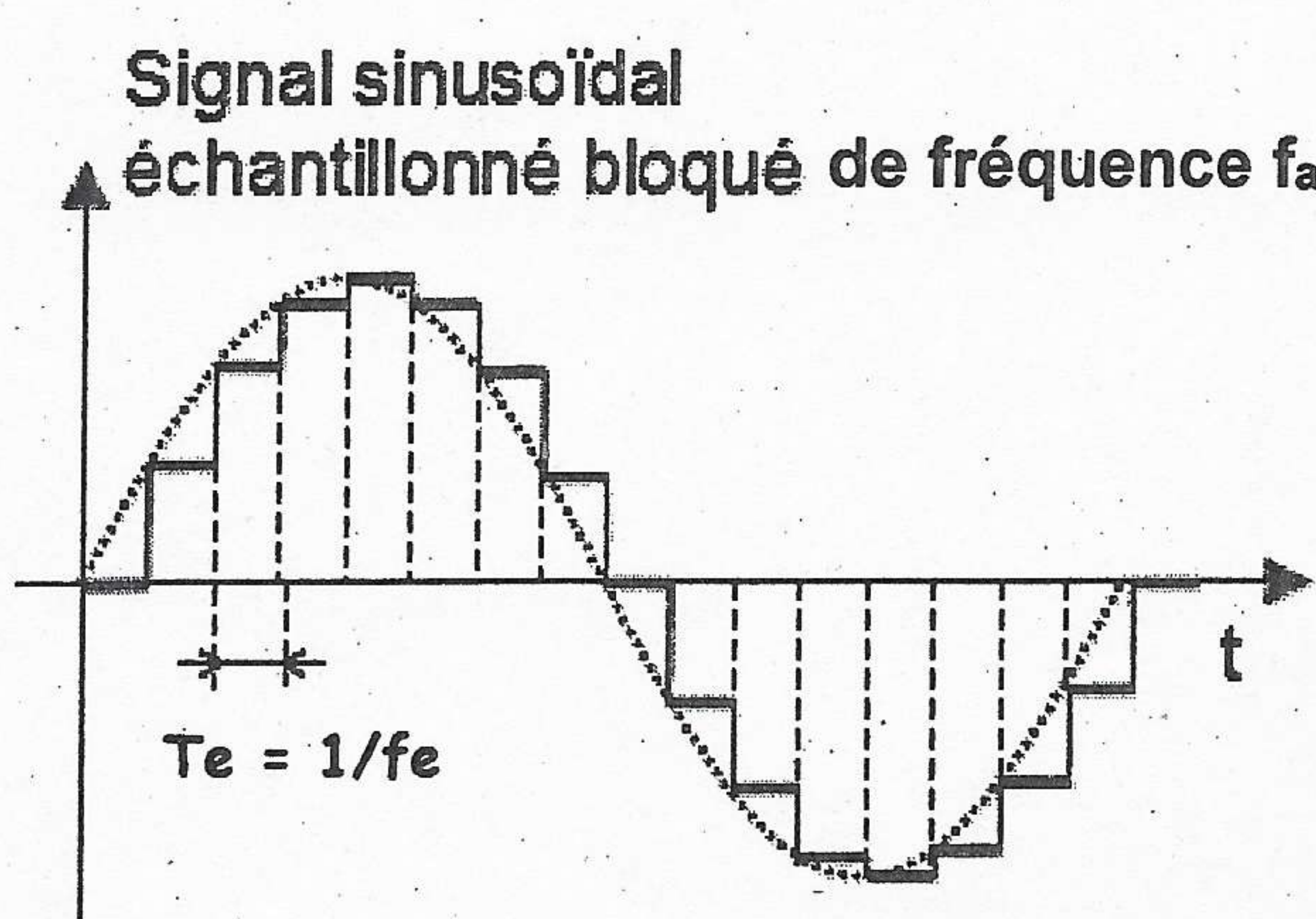
$1 \text{ pic} = 1 \text{ sinus}$

2. Spectre d'un signal échantillonné

	Représentation temporelle	Représentation fréquentielle - spectre
Signal sinusoïdal	<p>$s(t) = 5\sin(314.t)$</p> 	
Signal sinusoïdal échantillonné	<p>$s(t) = 5\sin(314.t)$</p>  <p>$T_e = 1 \text{ ms}$ $f_e = 1000 \text{ Hz}$</p>	
Signal analogique		
Signal analogique échantillonné		

boloqué

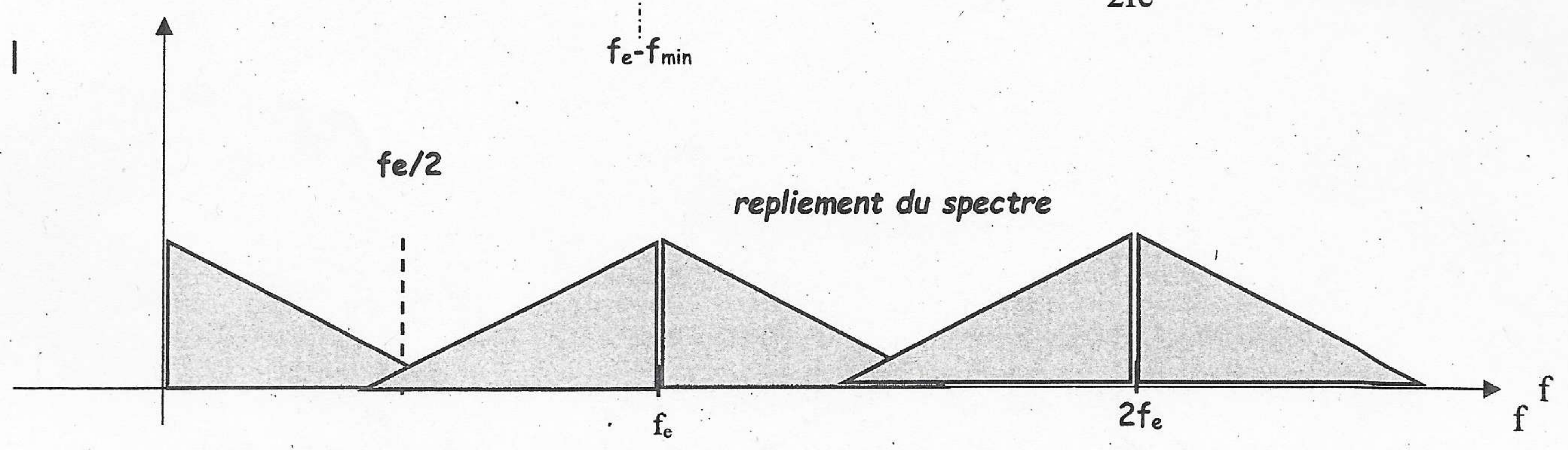
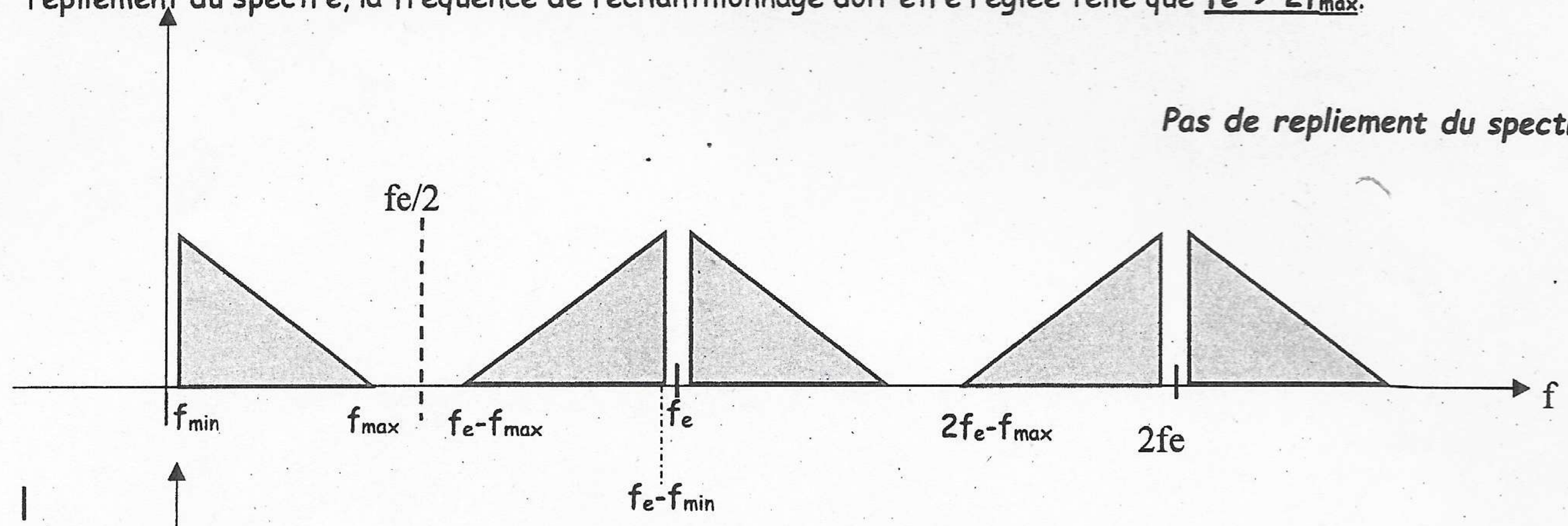
3. Spectre d'un signal échantillonné et bloqué



Le blocage de la valeur échantillonnée pendant une durée T_e provoque une atténuation du spectre en $(\sin(x)/x)$ *danger*

4. Condition de Shannon

L'échantillonnage d'un signal analogique est correct si son spectre en bande de base est conservé. Pour éviter un repliement du spectre, la fréquence de l'échantillonnage doit être réglée telle que $f_e > 2f_{max}$.



Condition de Shannon

Pour échantillonner un signal sans perte d'informations, la valeur de la fréquence d'échantillonnage doit être au minimum double de celle de la fréquence maximale du spectre du signal échantillonné. $f_e > 2 f_{max}$

Exemple

CD

son [20Hz ; 20kHz] la fréquence d'échantillonnage $f_e = 44,1$ kHz

Téléphone

son [20 Hz ; 3,44kHz] la fréquence d'échantillonnage $f_e = 8$ kHz

f_e > 2 f_max

f_e > 2 f_max

5. Filtre anti-repliement (anti-aliasing)

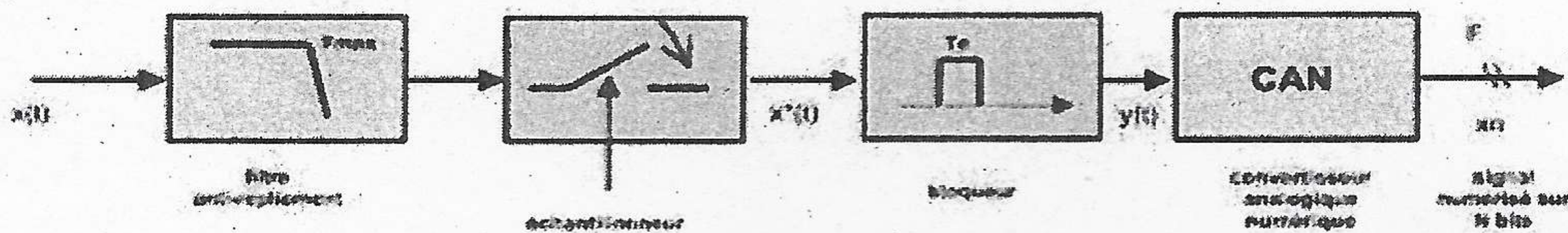
Lorsque le théorème n'est plus respecté (cas où f_e est limitée pour des raisons technologiques, on dit qu'il y a **repliement** ou **recouvrement du spectre**. En effet on n'aura plus $f_M < f_e - f_M$, le spectre du signal de départ sera recouvert par le spectre du à l'échantillonnage et aucun filtre ne pourra alors récupérer le signal de départ à partir des échantillons (en nombre insuffisant).

La solution la moins mauvaise consiste alors à sacrifier les harmoniques de rang haut du signal de départ :

- ✓ afin de diminuer f_M
- ✓ ils sont souvent les moins importants car d'amplitude est très réduite.

Cela permettra de ramener la fréquence maximale de ce nouveau spectre à $f_M' < f_e/2$

C'est un nouveau filtre passe-bas de fréquence de coupure $f_c < f_e/2$ à l'entrée de la chaîne d'acquisition qui permettra de respecter le théorème de Shannon et donc d'avoir des échantillons représentatifs du signal. On l'appelle le **filtre anti-repliement**.



100 kHz
100 kHz $f_e > 200 \text{ kHz}$

$$f_c = f_e \div 2$$