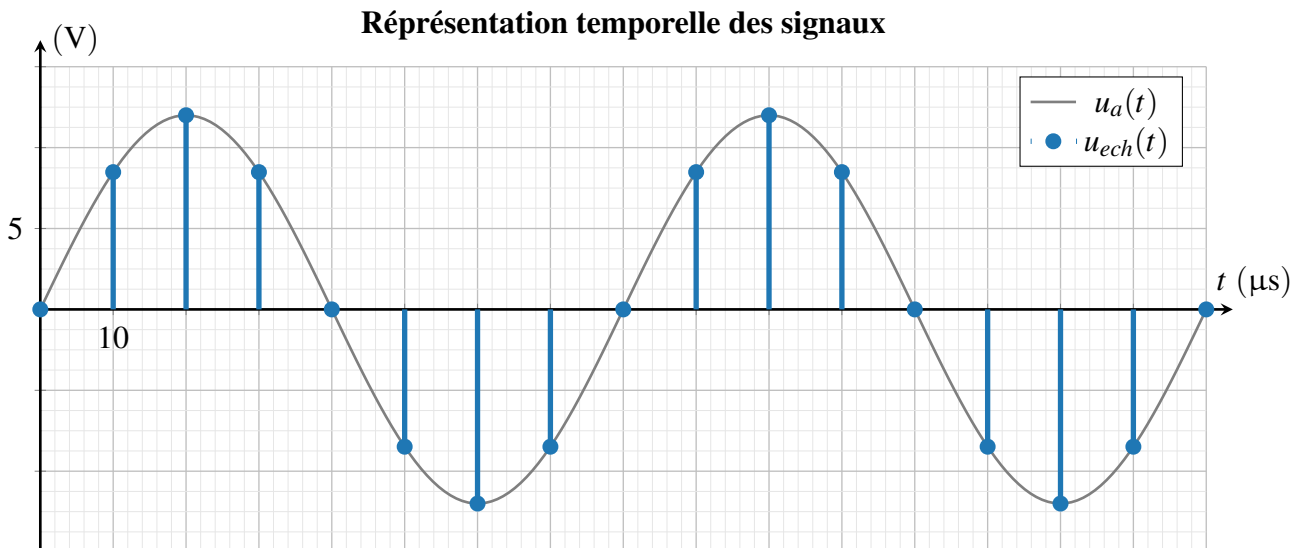


# Numérisation d'une tension

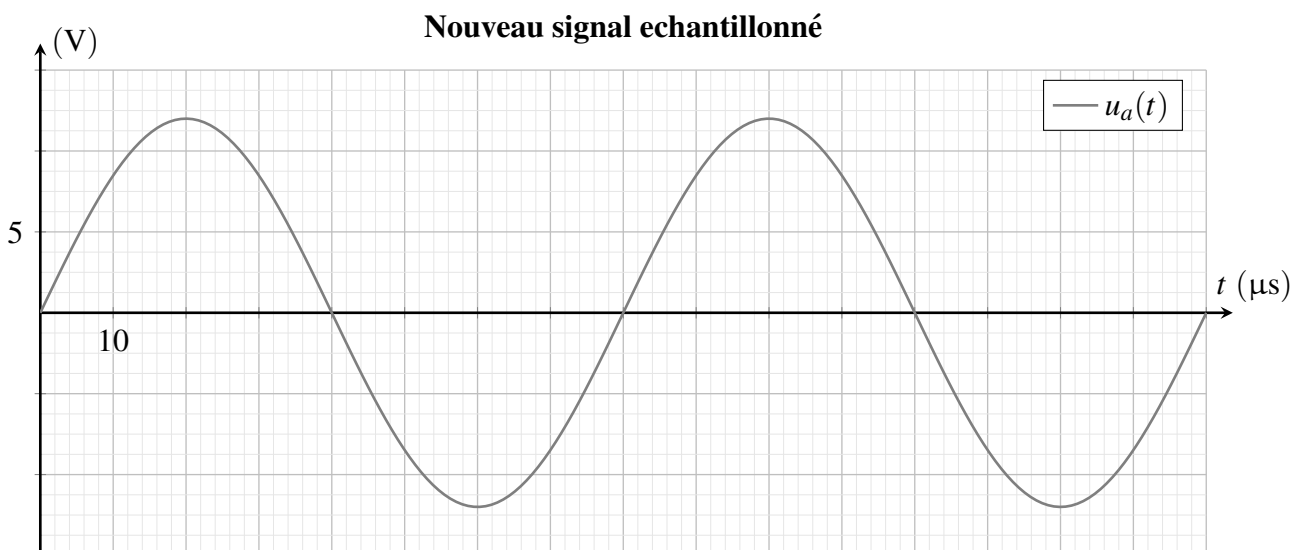
## Exercice 1. (échantillonnage d'une tension analogique)

On réalise l'échantillonnage de la tension sinusoïdale analogique  $u_a(t)$ . L'allure du signal échantillonné obtenu  $u_{ech}$  est donnée ci-dessous.



- 1) Déterminer la fréquence  $f_a$  du signal analogique  $u_a(t)$ .
- 2) Déterminer également la fréquence d'échantillonnage  $f_e$ .
- 3) La condition de Shannon est-elle respectée ?

On modifie la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  à 20 kHz.

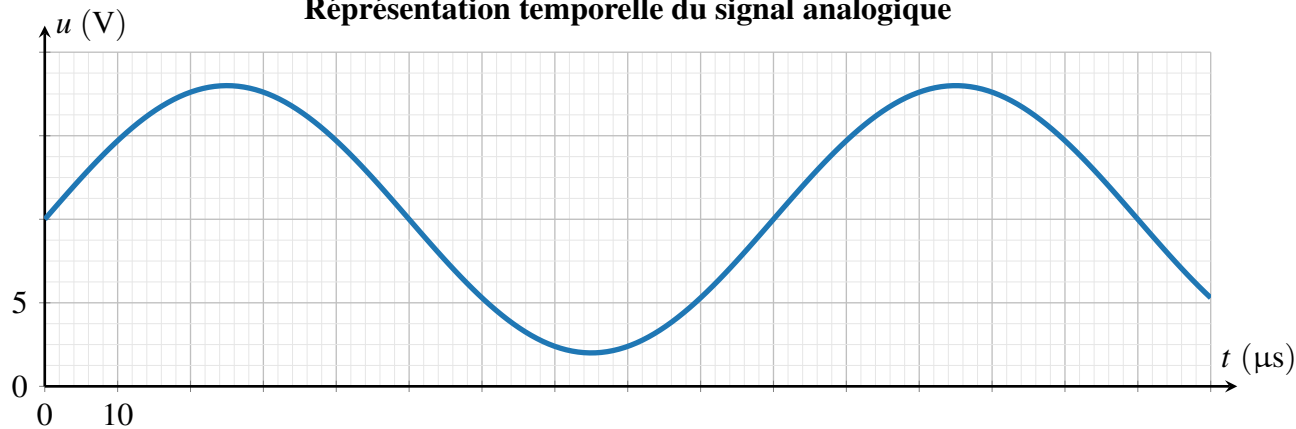


- 4) Tracer le nouveau signal échantillonné  $u_{ech}(t)$ .
- 5) La restitution de ce signal échantillonné se fera-t-elle sans altération du signal analogique original ?

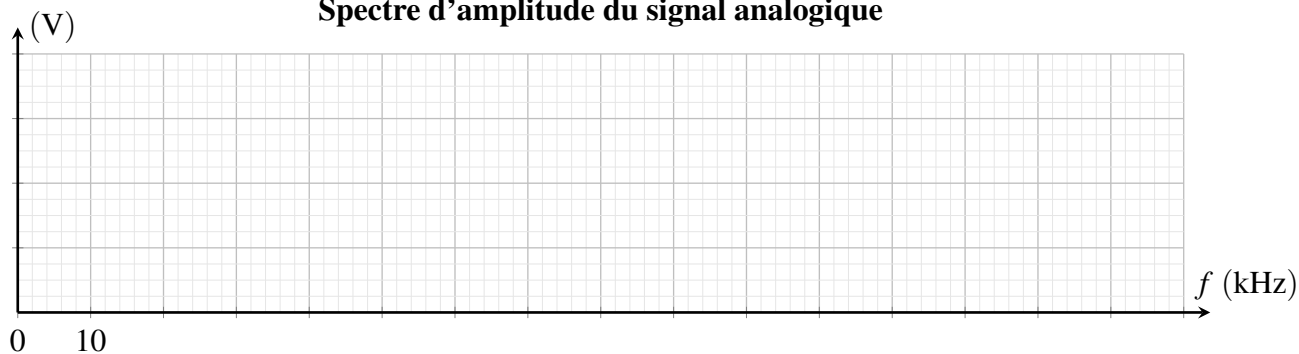
## Exercice 2. (échantillonnage d'un signal sinusoïdal)

On échantillonne un signal sinusoïdal  $u_a(t)$  avec une période d'échantillonnage  $T_e = 10 \mu\text{s}$ .

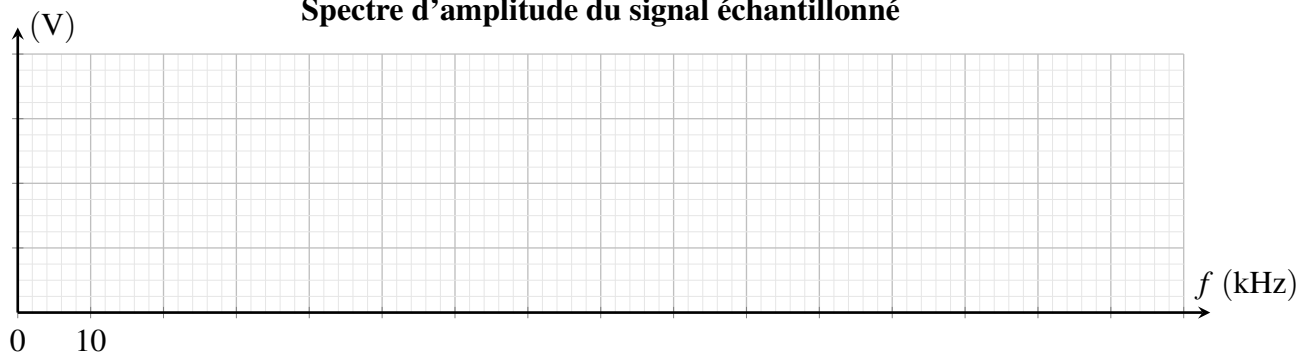
Réprésentation temporelle du signal analogique



Spectre d'amplitude du signal analogique



Spectre d'amplitude du signal échantillonné

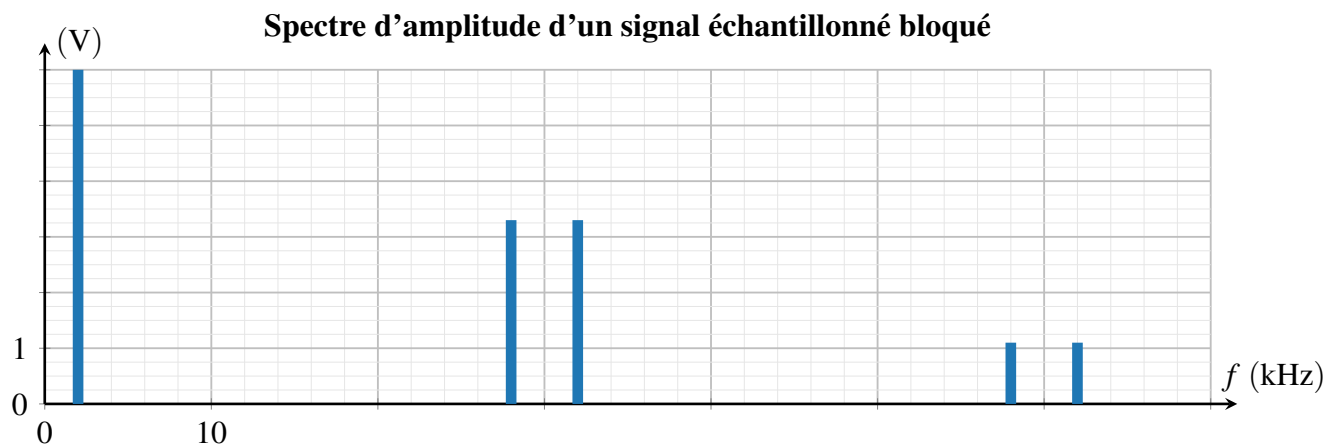


- 1) Quelle est la fréquence  $f$  du signal analogique ?
- 2) Quelle est la fréquence  $f_e$  d'échantillonné ?
- 3) La condition de Shannon est-elle respectée ?
- 4) Tracer l'allure du signal échantillonné.
- 5) Tracer le spectre d'amplitude du signal analogique.
- 6) Tracer le spectre d'amplitude du signal échantillonné.

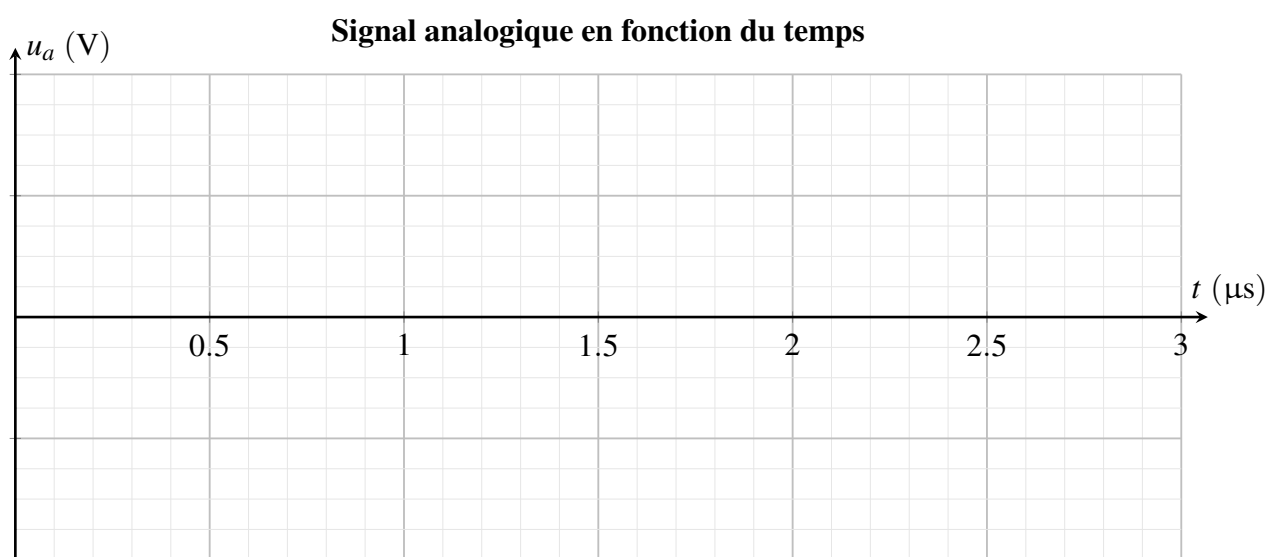
### Exercice 3. (Échantillonneur-bloqueur)

On utilise un échantillonneur-bloqueur de durée de blocage  $33 \mu\text{s}$ .

On donne les 3 premières raies du spectre de la tension échantillonnée-bloquée  $u_{eb}(t)$  :



- 1) Quelle est la fréquence et la période d'échantillonnage ?
- 2) La condition de Shannon est-elle vérifiée ?
- 3) Tracer l'allure du signal analogique  $u_a(t)$ .

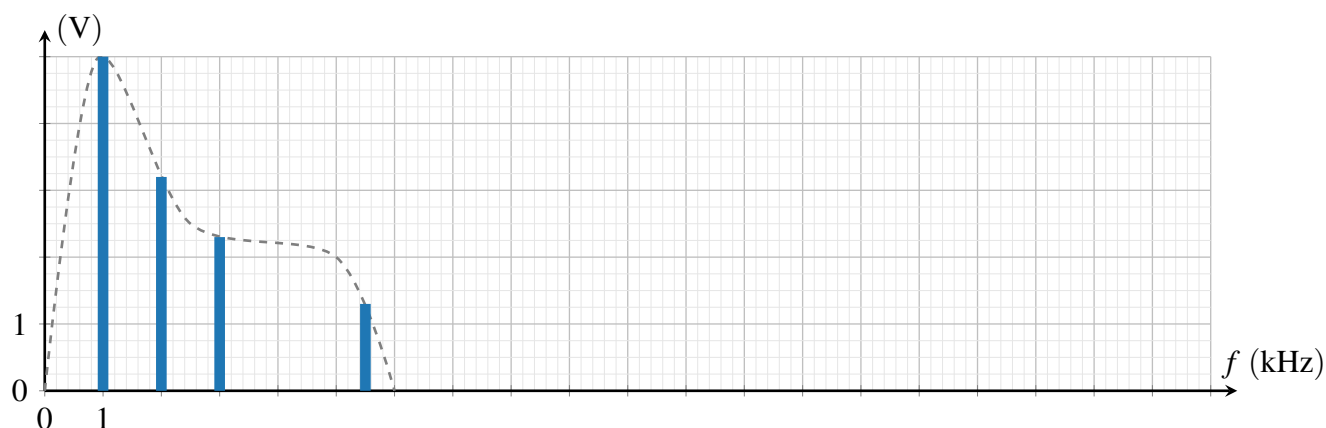


On souhaite reconstituer le signal analogique à partir du signal échantillonné.

- 4) Quel type de filtre doit-on utiliser et quelle doit être la limite de sa fréquence de coupure ?

## Exercice 4. (Filtre anti-repliement)

Le spectre d'un signal analogique est représenté ci-dessous :



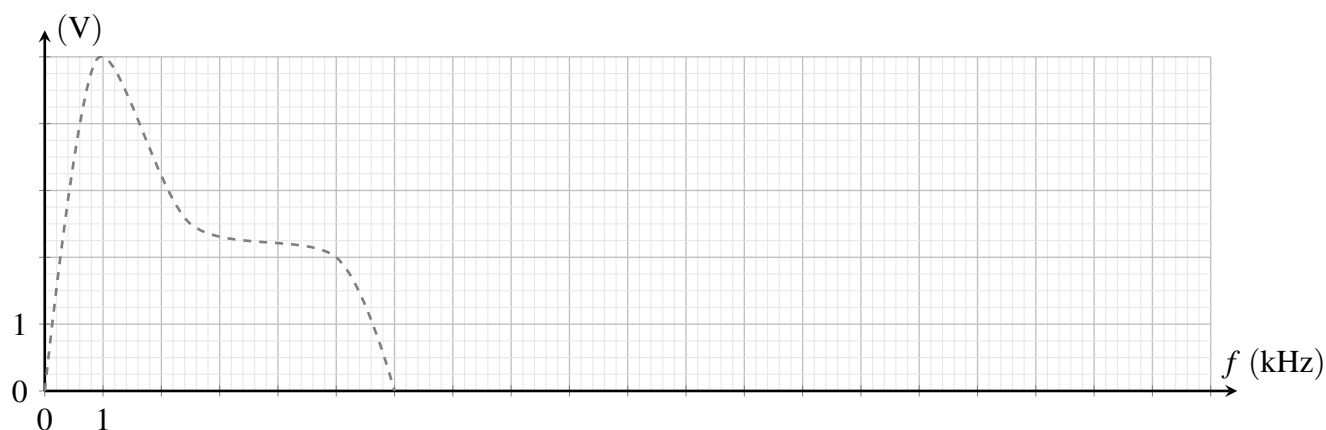
On réalise un échantillonnage (sans blocage) à la fréquence  $f_e = 8$  kHz.

- 1) Représenter le spectre du signal échantillonné sur la figure ci-dessus.
- 2) Justifier que ce signal échantillonné subit un repliement du spectre.
- 3) Préciser la fréquence des raies qui se replient.

Pour contrer le problème précédent, on souhaite utiliser un filtre anti-repliement. On dispose de 3 filtres différents dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous.

	Filtre 1	Filtre 2	Filtre 3
Type	Passe-bas	Passe-bas	Passe-haut
Ordre	3	5	4
Fréquence de coupure	3,5 kHz	5,0 kHz	4,0 kHz

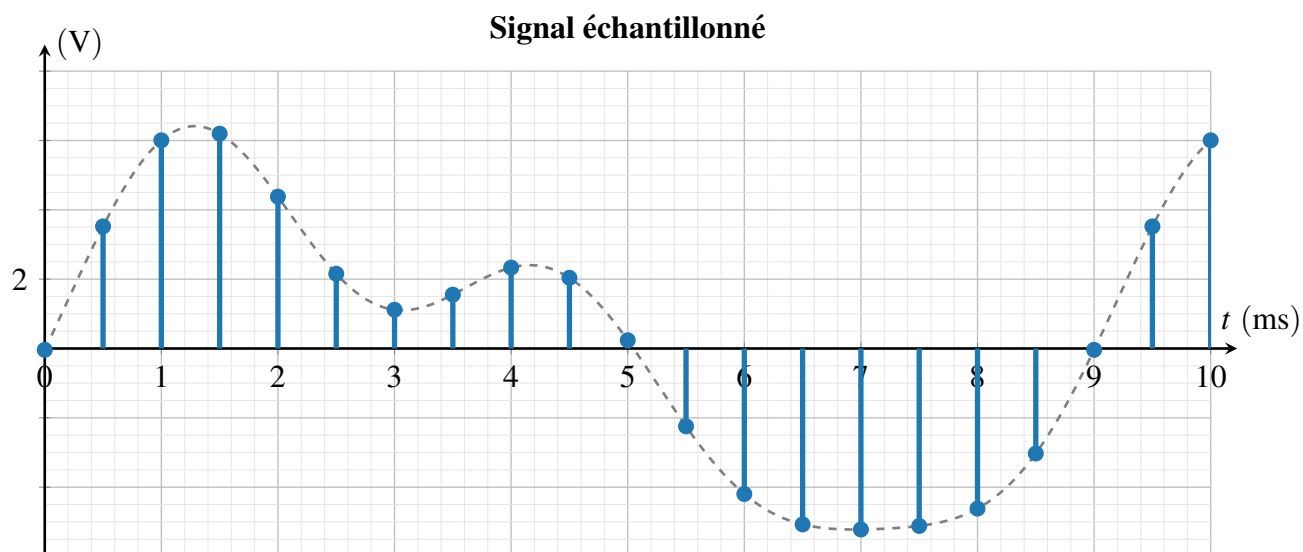
- 4) Ce filtre doit-il être placé avant ou après le montage échantillonneur ?
- 5) Parmi ces trois filtres, lequel est le plus adapté ?
- 6) Tracer ci-dessous le spectre du signal échantillonné après filtrage.



- 7) Le résultat est-il conforme ?

## Exercice 5. (blocage d'un signal échantillonné)

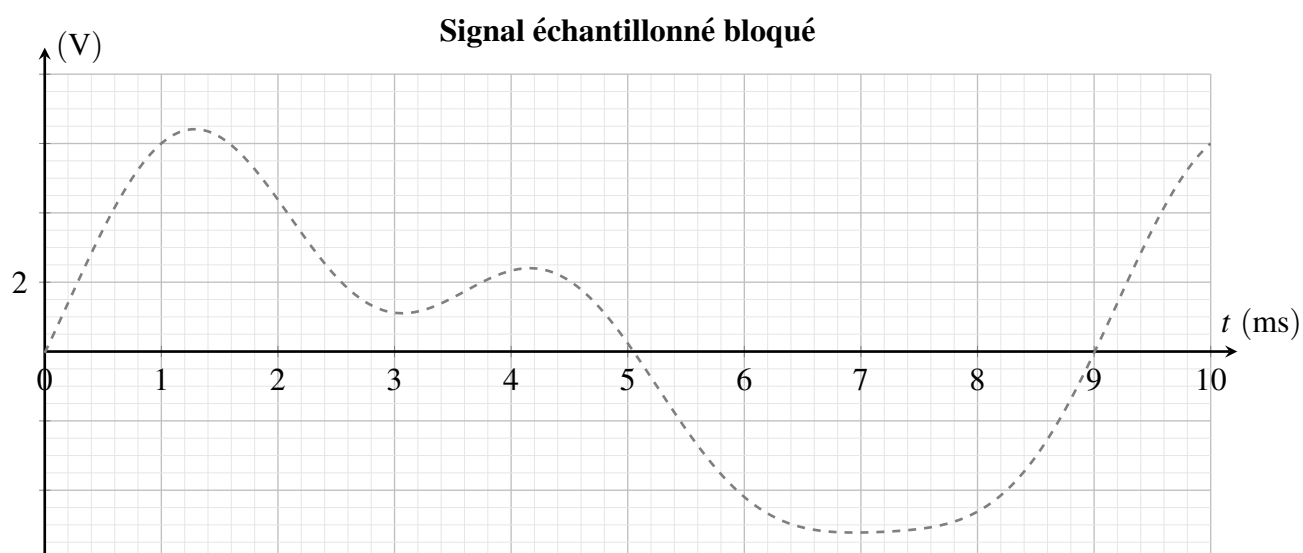
La figure suivante représente l'échantillonnage d'un signal analogique non-périodique.



1) Quelle est la fréquence d'échantillonnage ?

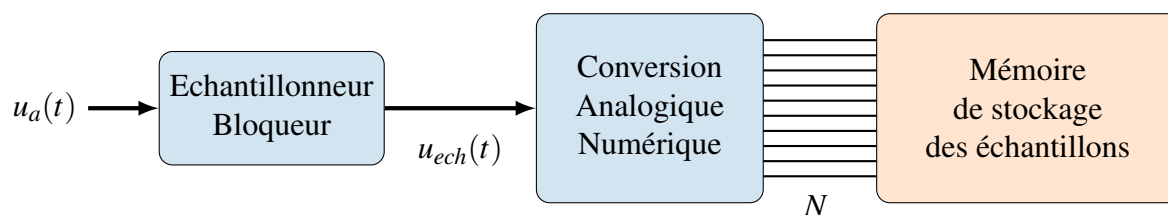
On réalise un blocage de ce signal échantillonné.

2) Tracer sur la figure ci-dessous, l'allure du signal échantillonné bloqué en supposant le blocage comme parfait.



## Exercice 6. Caractéristiques d'un CAN

L'entrée d'une carte d'acquisition analogique suit le fonctionnement donné par la chaîne suivante :



Chaque échantillon du signal numérisé est converti en un nombre entier par le convertisseur analogique numérique. Au fur et à mesure de la numérisation, les valeurs des échantillons sont enregistrées dans une mémoire de stockage interne (mémoire tampon).

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques techniques de la carte d'acquisition.

Niveaux de tension	0 – 5 V
Résolution numérique	12 bit
Fréquence d'échantillonnage maximale	2 MHz
Mémoire de stockage	64 Mo

Un échantillon de tension occupe 2 octets en mémoire.

- 1) Quelle la fréquence maximale  $f_{max}$  du signal analogique que peut acquérir cette carte ?
- 2) Calculer la valeur maximale  $N_{max}$  du nombre à la sortie du CNA.
- 3) En déduire la valeur de la résolution analogique  $q$  du CNA ?
- 4) Quelle est la profondeur de mémoire de cette carte d'acquisition ?
- 5) Calculer la durée maximale du signal acquis pour une fréquence d'échantillonnage maximale.
- 6) Quelle devrait-être la fréquence d'échantillonnage pour acquérir un signal analogique de durée 120 s ?

## Exercice 7. (Choix d'un convertisseur analogique-numérique)

On souhaite numériser une tension variant de 0 à 5 V qui a été échantillonnée à 50 kHz. Pour cela, on dispose des convertisseurs analogique-numériques suivants :

Référence	Résolution (bits)	$T_c(\mu s)$	Linéarité
ADC088321M	8	4	$\pm 0,2q$
AD5240	12	5	$\pm 0,5q$
ADC0809	8	100	$\pm 0,5q$

- 1) Quelle doit être la valeur maximale du temps de conversion ?
- 2) En déduire le CAN à utiliser afin d'avoir la plus faible erreur de linéarité.
- 3) Quel est sa résolution et le nombre de niveaux de tensions dont on disposera.
- 4) Calculer le pas de quantification du CAN.
- 5) Calculer l'erreur de linéarité.
- 6) Déterminer la valeur décimale puis la valeur binaire codée en sortie lorsque la tension d'entrée est de 1,96 V.
- 7) Calculer la puissance du bruit de quantification  $P_{\text{bruit}} = \frac{q^2}{12R}$  dans une résistance de 1  $\Omega$ .
- 8) En déduire le rapport signal sur bruit sachant que la tension numérisée possède une puissance de 0,5 W.

## Exercice 8. (données CSV d'un oscilloscope)

Une tension est acquise par un oscilloscope numérique sur une de ses voies. On donne ci-dessous un extrait du fichier CSV obtenu par exportation sur clé USB.

```
1 Record Length,Analog:10000
2 Sample Interval,CH1:2.000000E-07
3 Vertical Units,CH1:V,
4 Vertical Scale,CH1:+2.000000E+00
5 Vertical Offset,CH1:+0.000000E+00
6 Horizontal Units,s
7 Horizontal Scale,+2.000000E-04
8 Model,SDS2104X Plus
9 Serial Number,SDS2PEED6R4679
10 Software Version,5.4.1.5.2R3
11 Source,CH1
12 Second,Value
13 -1.0000000000E-03,-6.666667E-02
14 -9.9980000000E-04,-3.333334E-02
15 -9.9960000000E-04,-5.000000E-02
16 -9.9940000000E-04,-6.666667E-02
17 -9.9920000000E-04,-5.000000E-02
18 -9.9900000000E-04,-3.333334E-02
19 -9.9880000000E-04,-3.333334E-02
20 -9.9860000000E-04,-5.000000E-02
21 -9.9840000000E-04,-3.333334E-02
22 -9.9820000000E-04,-1.666667E-02
23 -9.9800000000E-04,-3.333334E-02
24 -9.9780000000E-04,-3.333334E-02
25 -9.9760000000E-04,+0.000000E+00
26 -9.9740000000E-04,-3.333334E-02
27 -9.9720000000E-04,-1.666667E-02
28 -9.9700000000E-04,+0.000000E+00
29 -9.9680000000E-04,-1.666667E-02
30 ...
```

- 1) A partir quel numéro de ligne, les données relatives aux valeurs des échantillons de la tension acquise sont affichées ?
- 2) Quelles données sont affichées pour chaque échantillon ?
- 3) Quelle est la fréquence d'échantillonnage de l'oscilloscope ?
- 4) Quelle est la profondeur de mémoire de l'oscilloscope ?
- 5) Combien de lignes compte ce fichier ?
- 6) A quel instant est pris le premier échantillonnage ?
- 7) A quel instant est pris le dernier échantillonnage qui n'apparaît pas dans l'extrait ?