

Chapitre 06 - Numérisation d'une tension

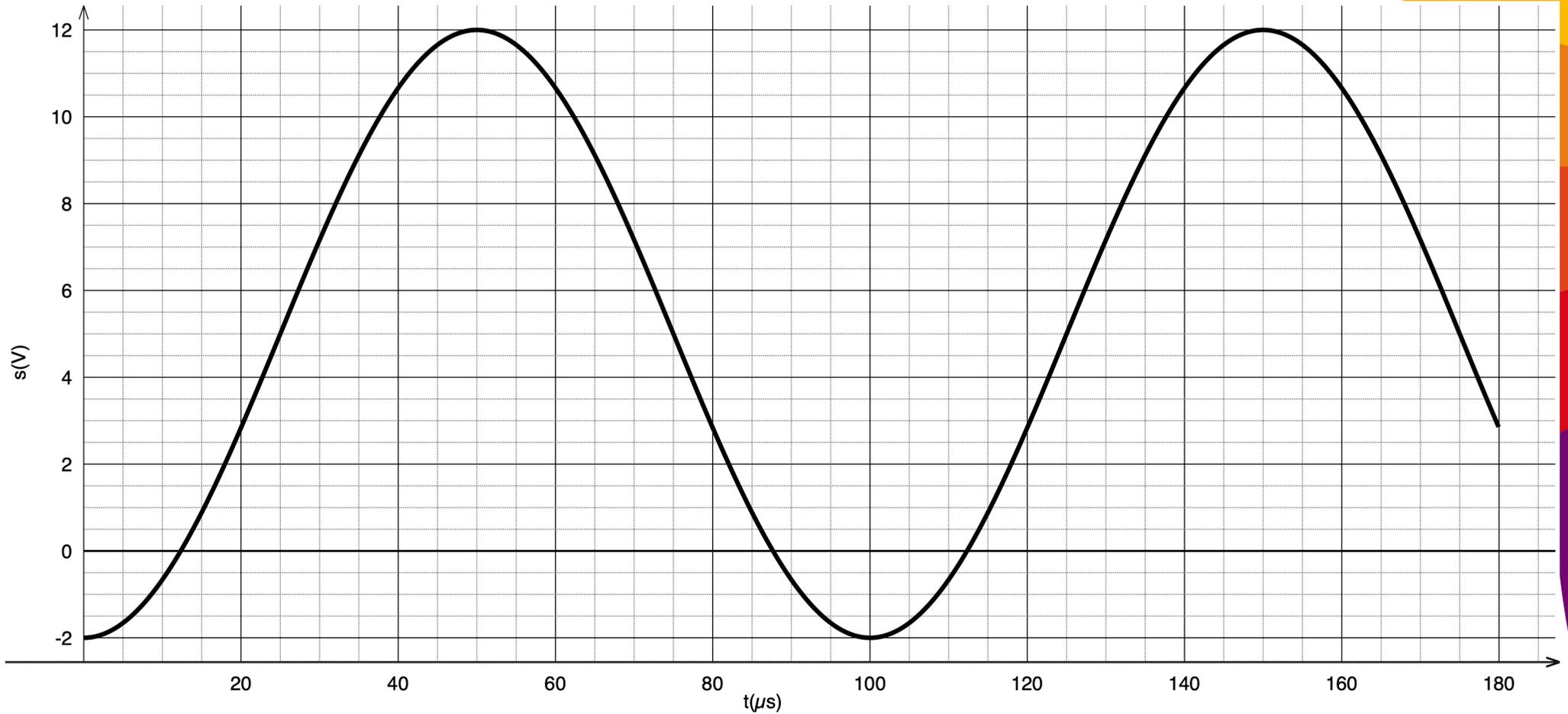
Correction de l'exercice 01



TD C06 - Exercice 01

On échantillonne le signal analogique $s(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e = 10,0\mu\text{s}$:

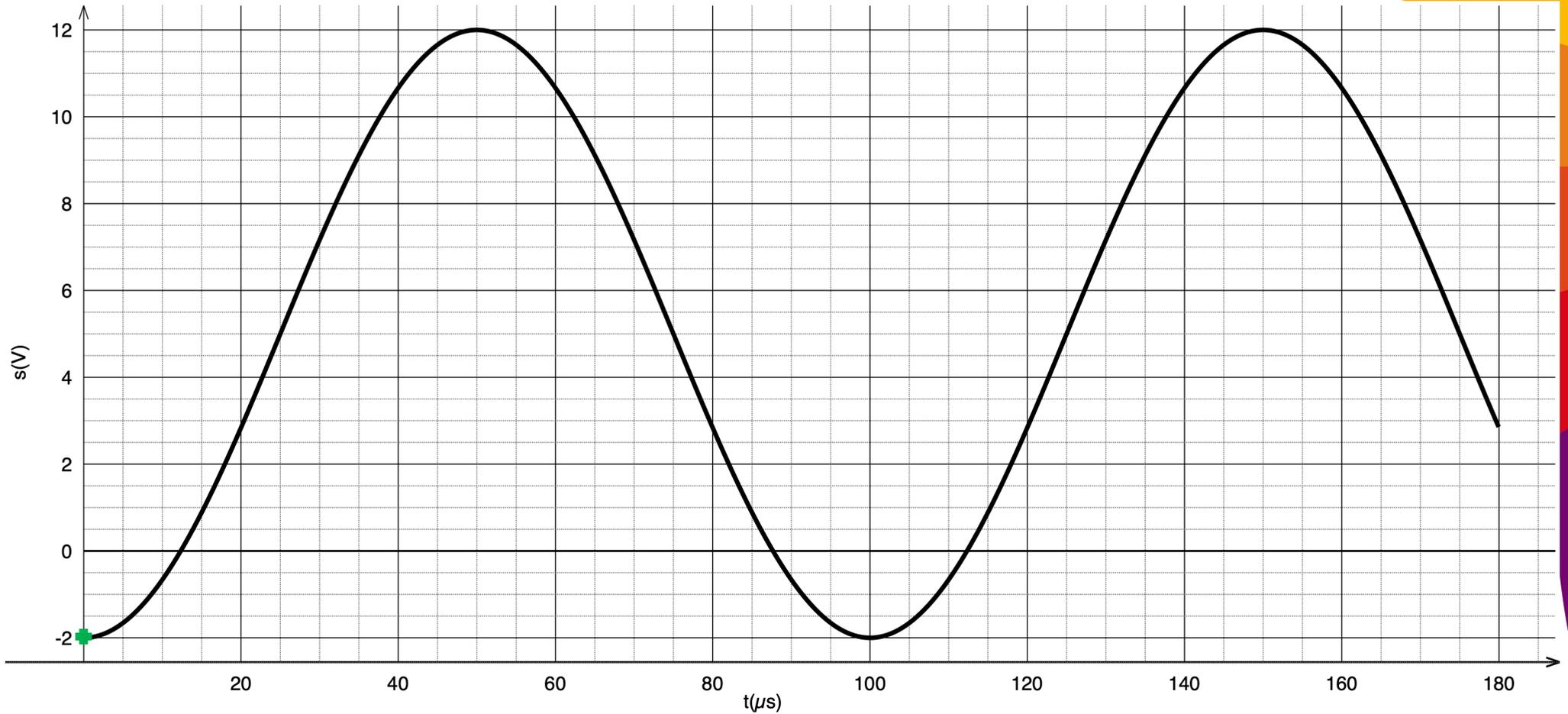
1. Tracer en vert, sur la représentation temporelle, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0\text{s}$)



TD C06 - Exercice 01

On échantillonne le signal analogique $s(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e = 10,0\mu\text{s}$:

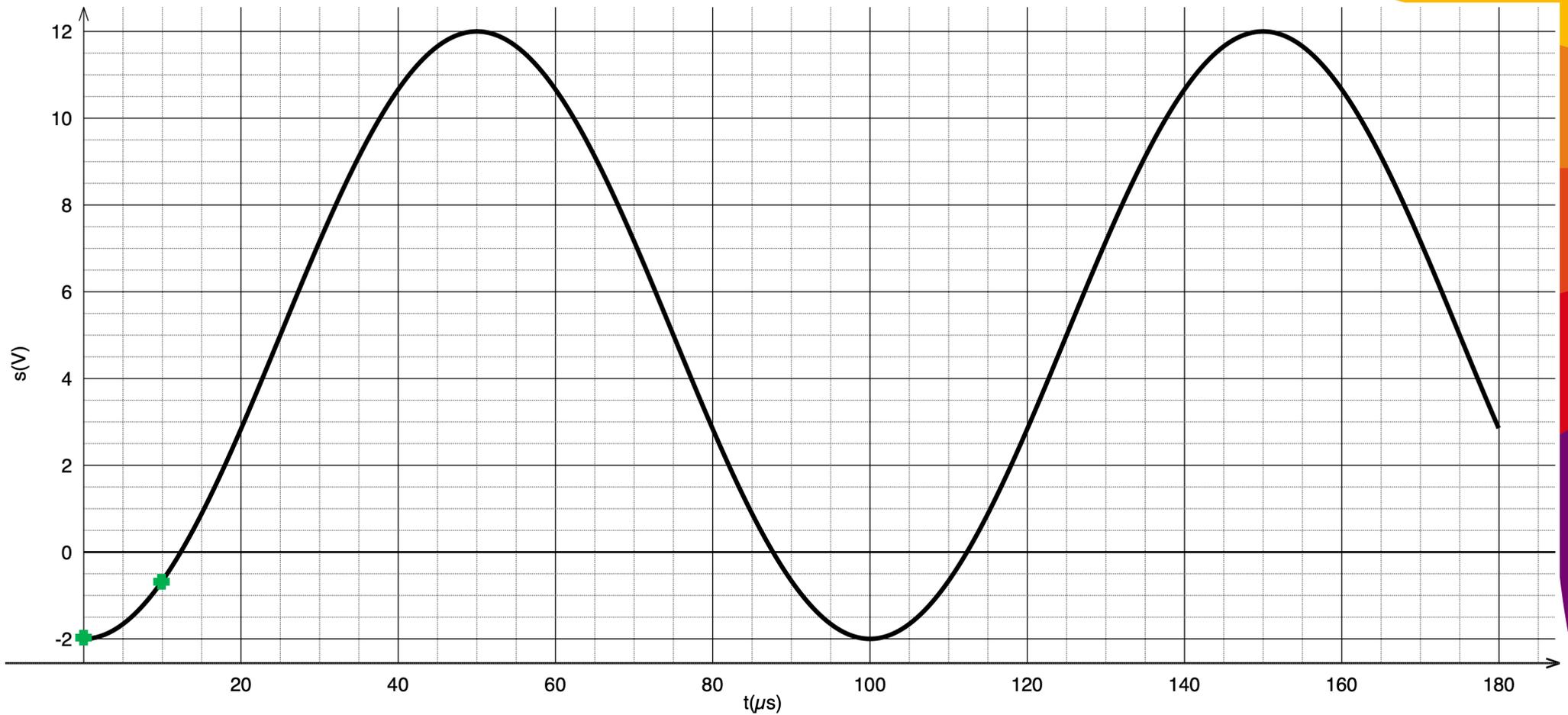
1. Tracer en vert, sur la représentation temporelle, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0\text{s}$)



TD C06 - Exercice 01

On échantillonne le signal analogique $s(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e = 10,0\mu\text{s}$:

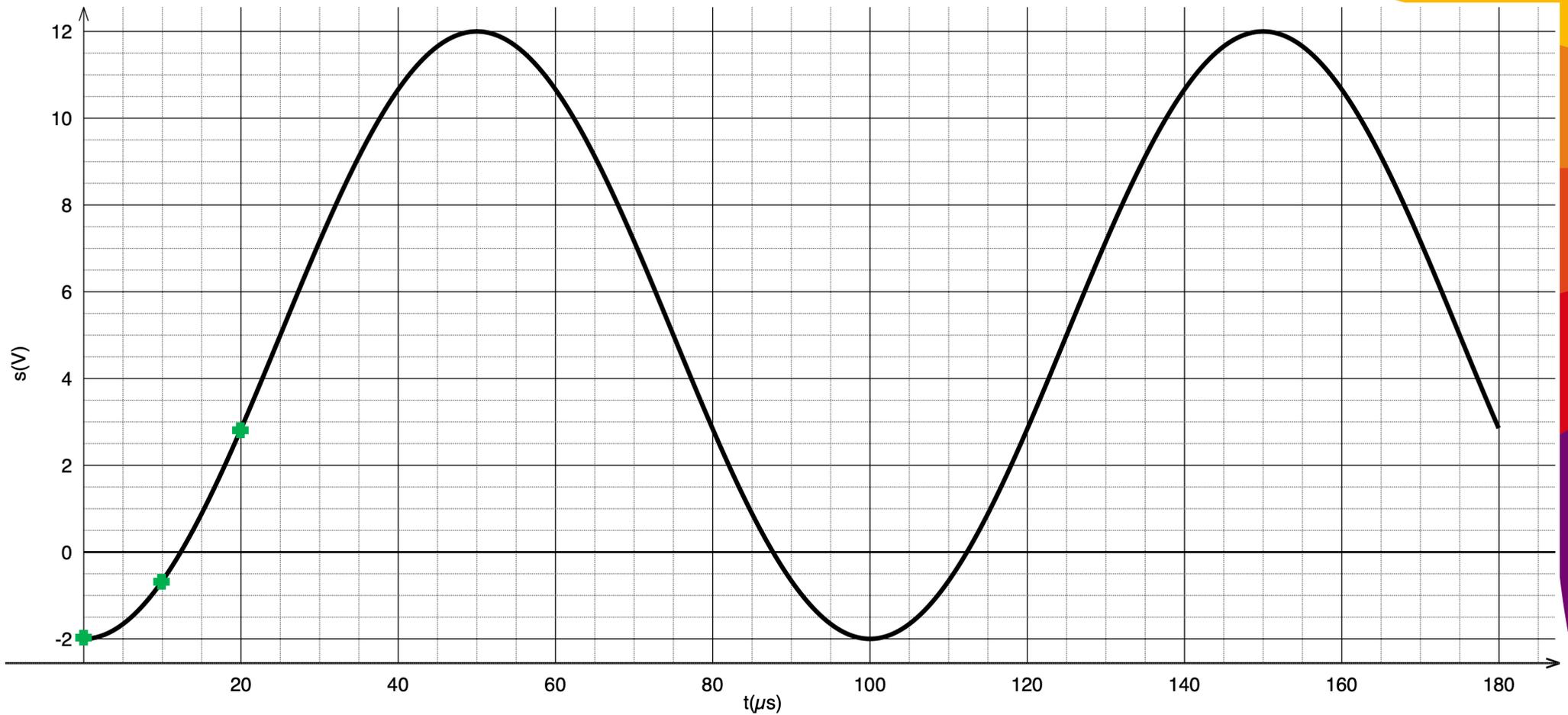
1. Tracer en vert, sur la représentation temporelle, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0\text{s}$)



TD C06 - Exercice 01

On échantillonne le signal analogique $s(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e = 10,0\mu\text{s}$:

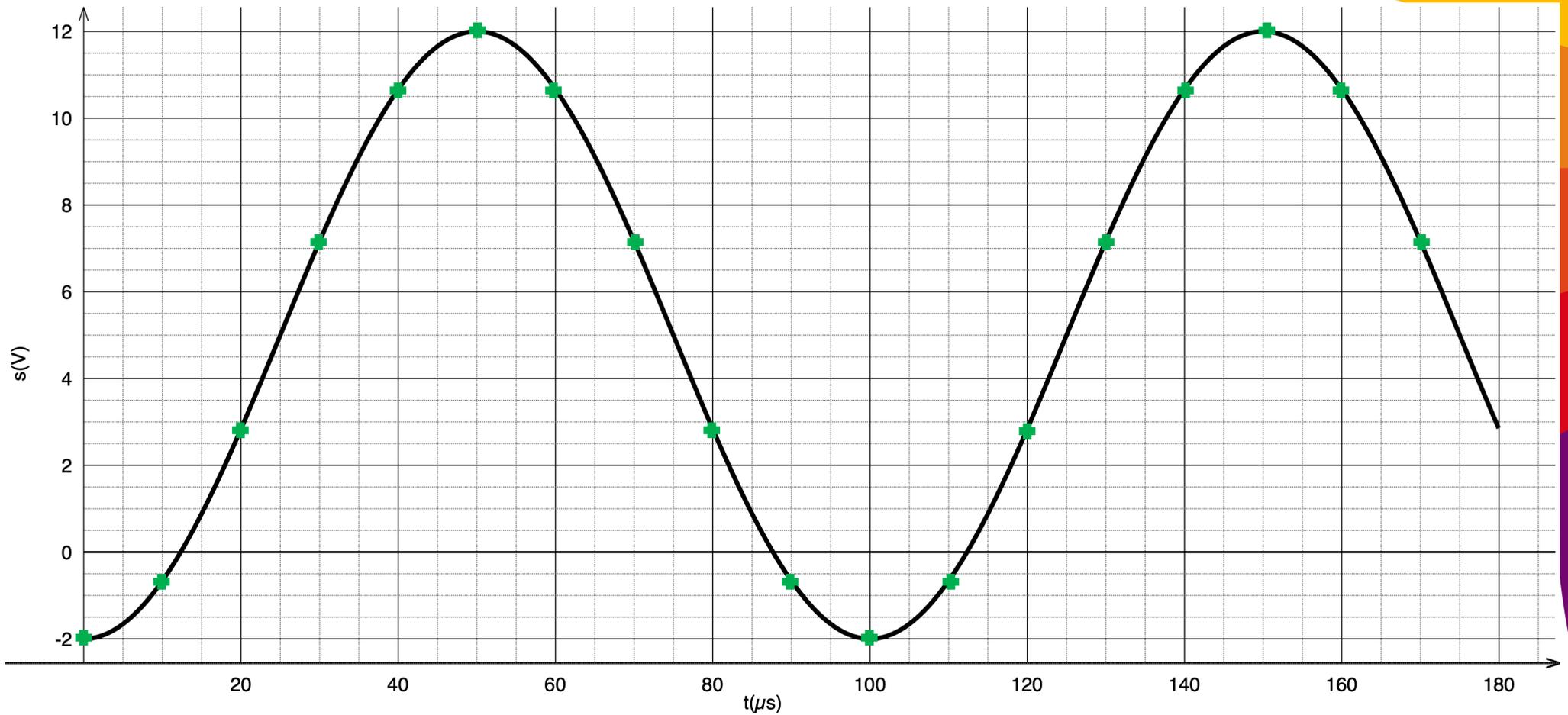
1. Tracer en vert, sur la représentation temporelle, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0\text{s}$)



TD C06 - Exercice 01

On échantillonne le signal analogique $s(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e = 10,0\mu s$:

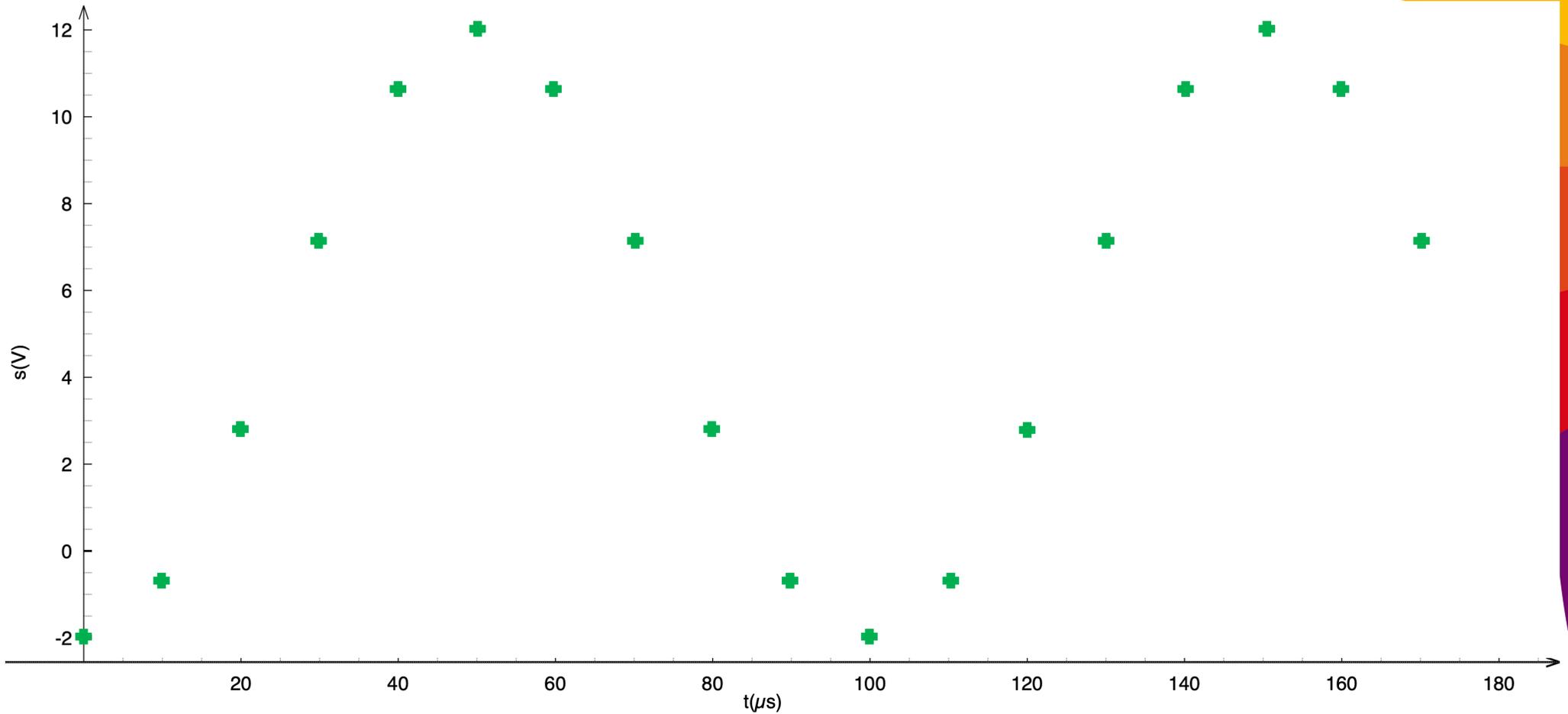
1. Tracer en vert, sur la représentation temporelle, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



TD C06 - Exercice 01

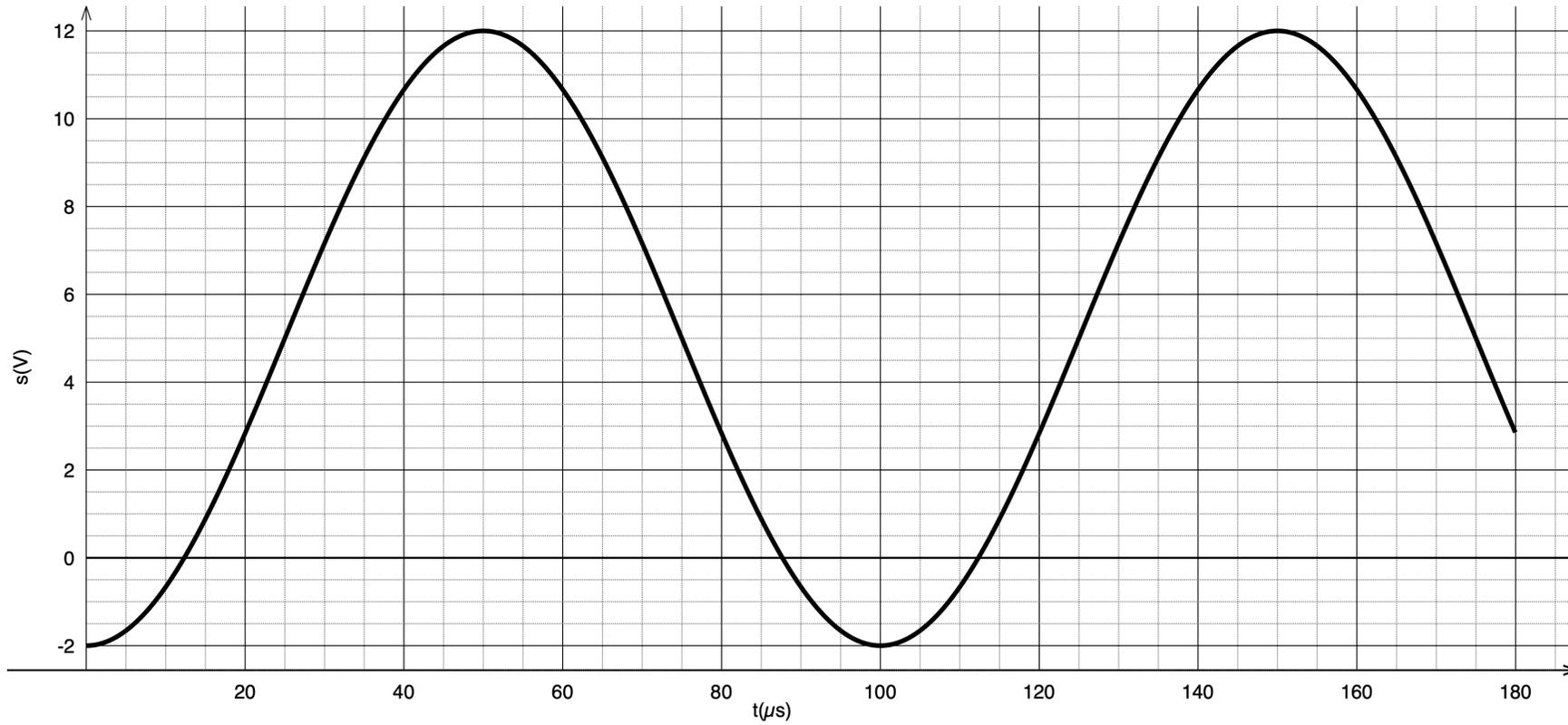
On échantillonne le signal analogique $s(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e = 10,0\mu s$:

1. Tracer en vert, sur la représentation temporelle, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



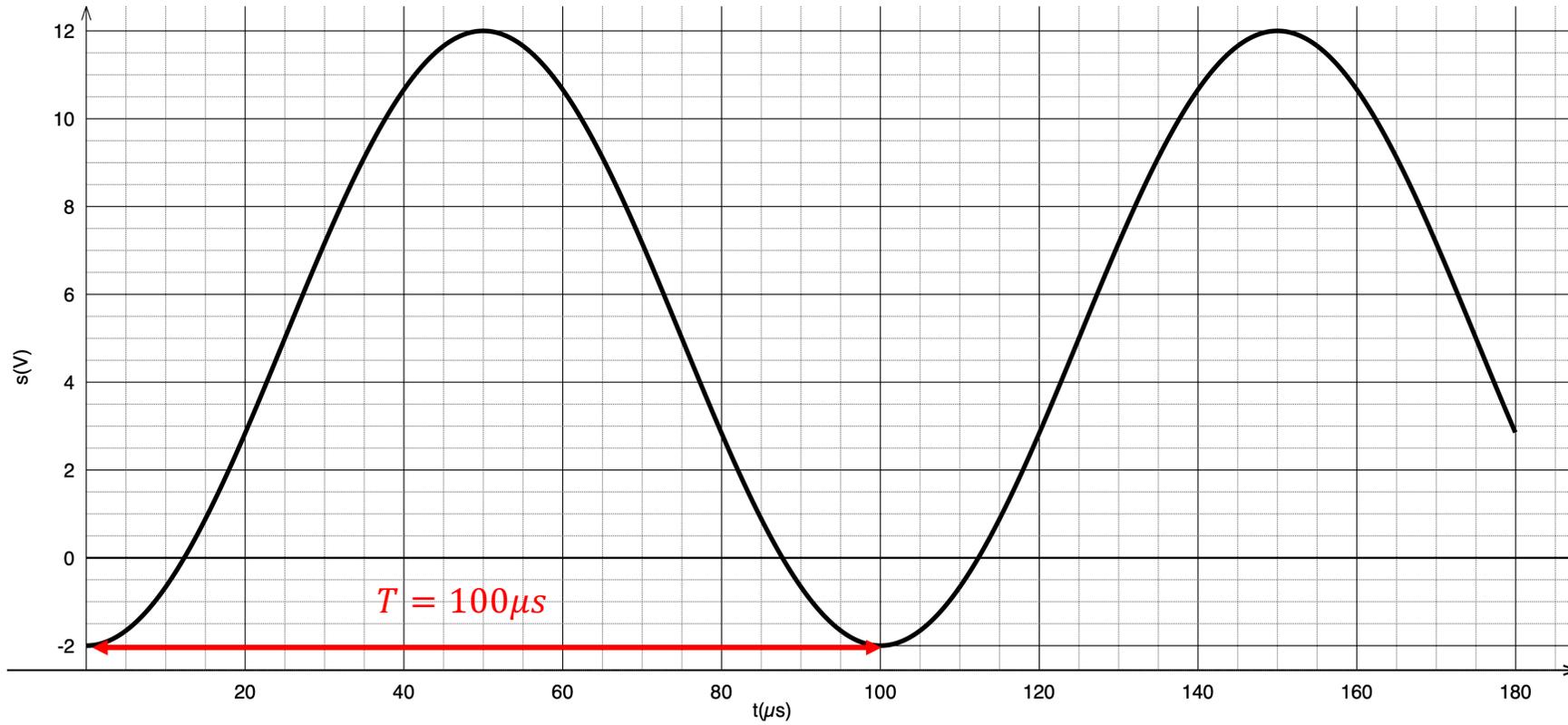
TD C06 - Exercice 01

2. Déterminer la valeur de la fréquence du signal f (en Hertz)



TD C06 - Exercice 01

2. Déterminer la valeur de la fréquence du signal f (en Hertz)

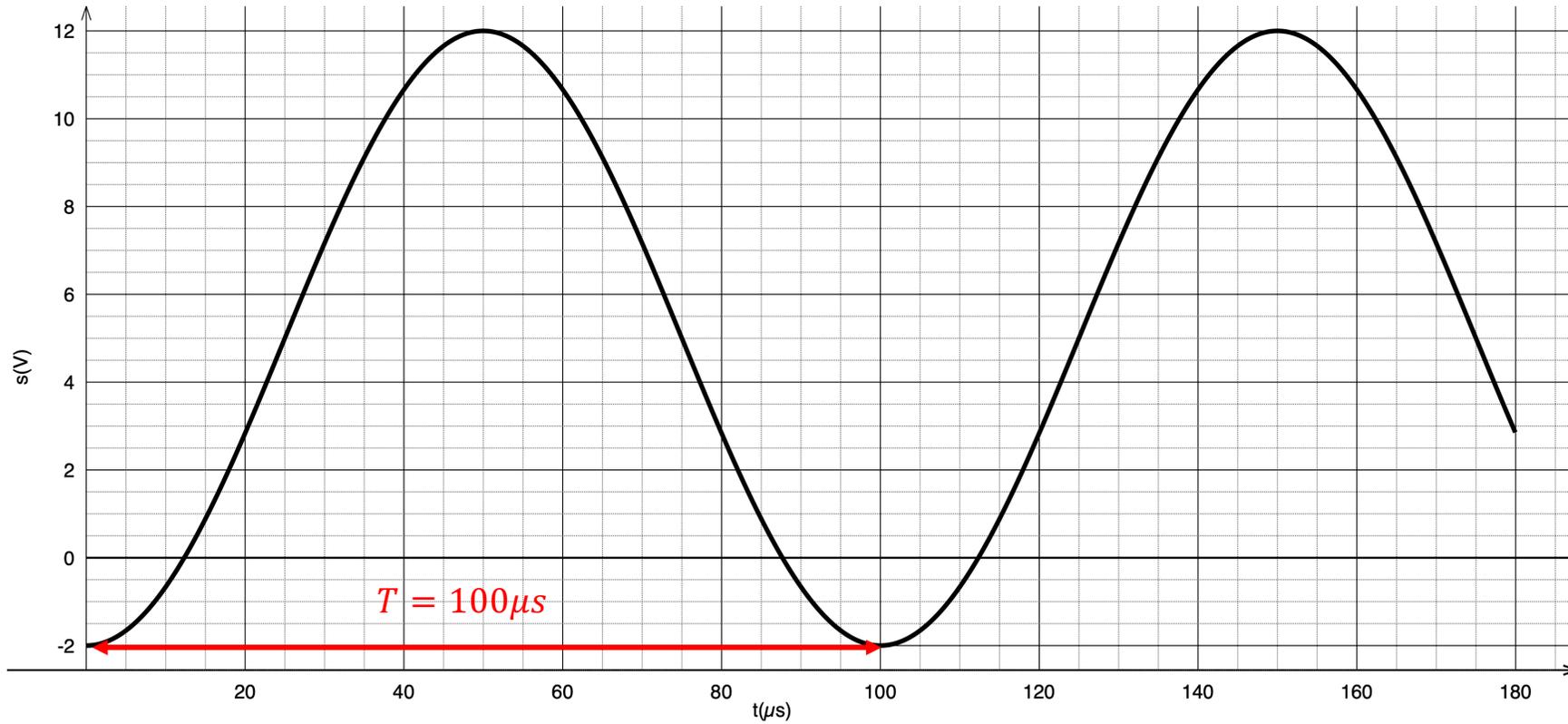


$$f = \frac{1}{T}$$



TD C06 - Exercice 01

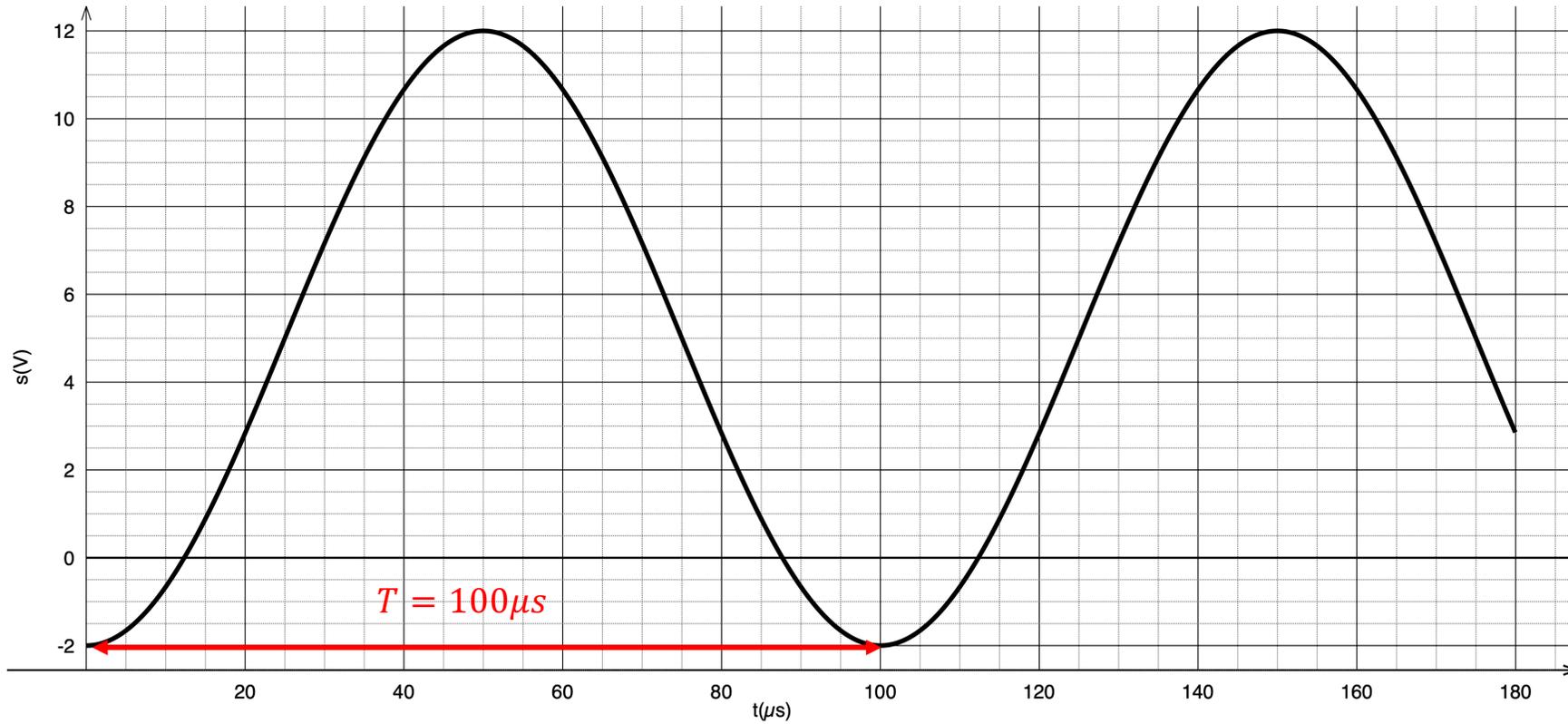
2. Déterminer la valeur de la fréquence du signal f (en Hertz)



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{100 \times 10^{-6}} =$$

TD C06 - Exercice 01

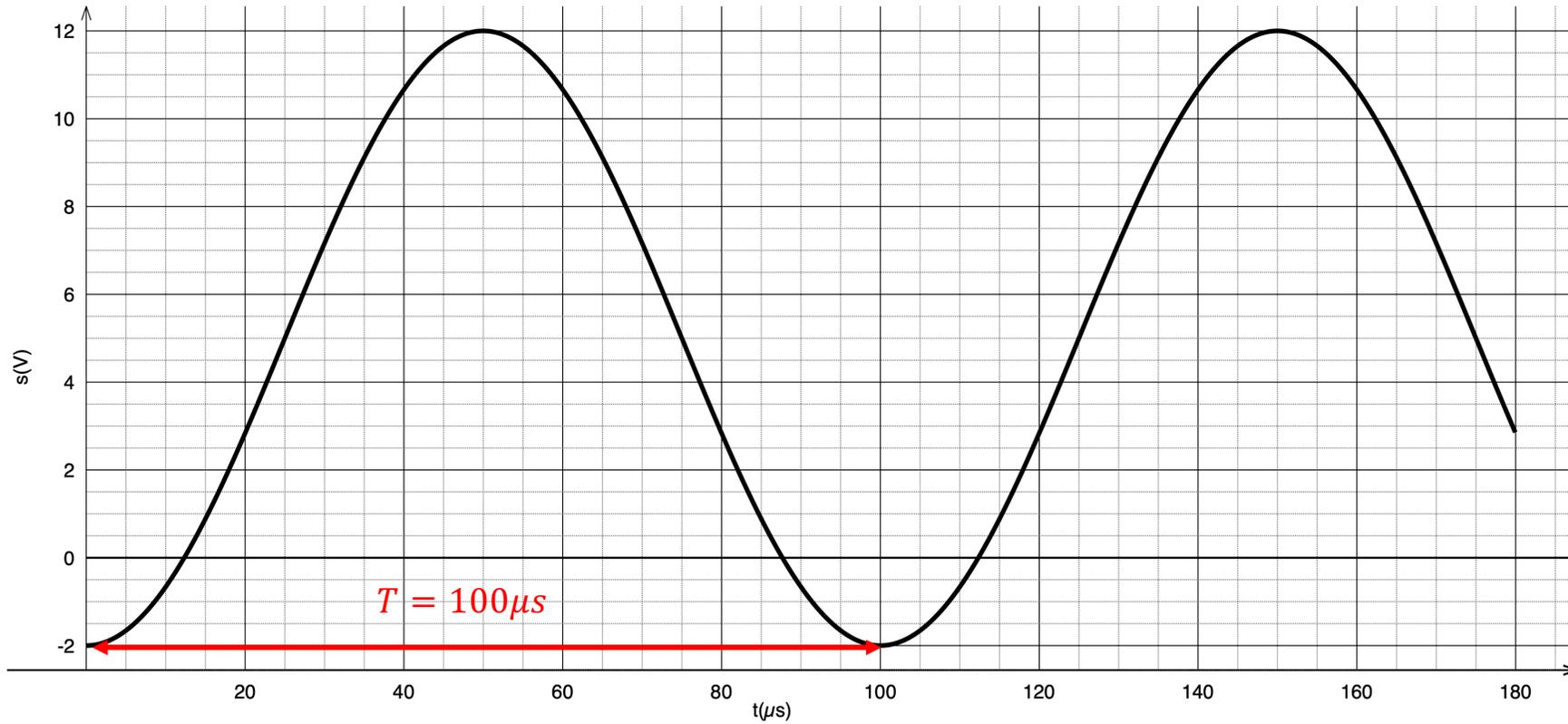
2. Déterminer la valeur de la fréquence du signal f (en Hertz)



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 10\,000 \text{ Hz}$$

TD C06 - Exercice 01

2. Déterminer la valeur de la fréquence du signal f (en Hertz)

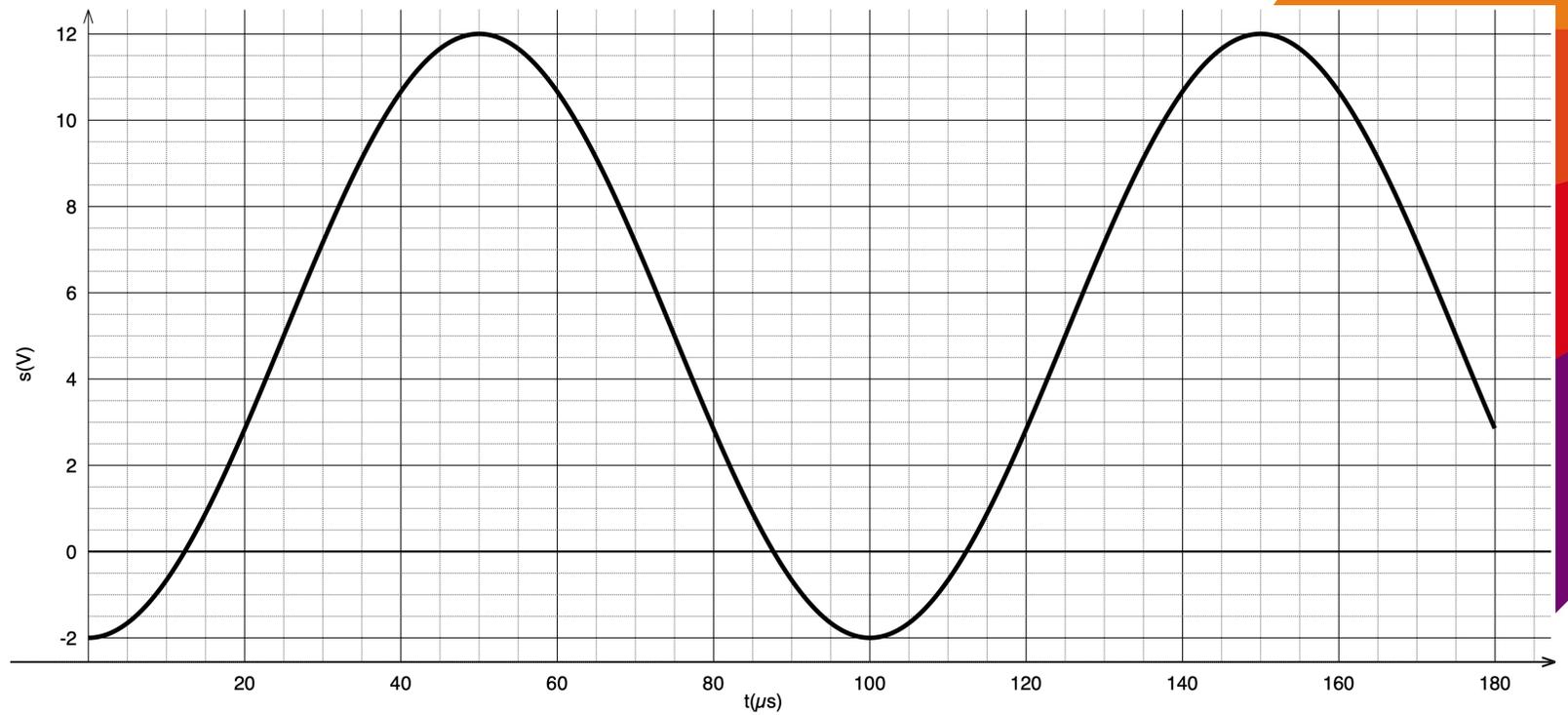


$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 10\,000 \text{ Hz} \quad \text{soit } 10,0 \times 10^3 \text{ Hz ou encore } 10,0 \text{ kHz}$$

TD C06 - Exercice 01

3. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_e , dans la même unité.

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

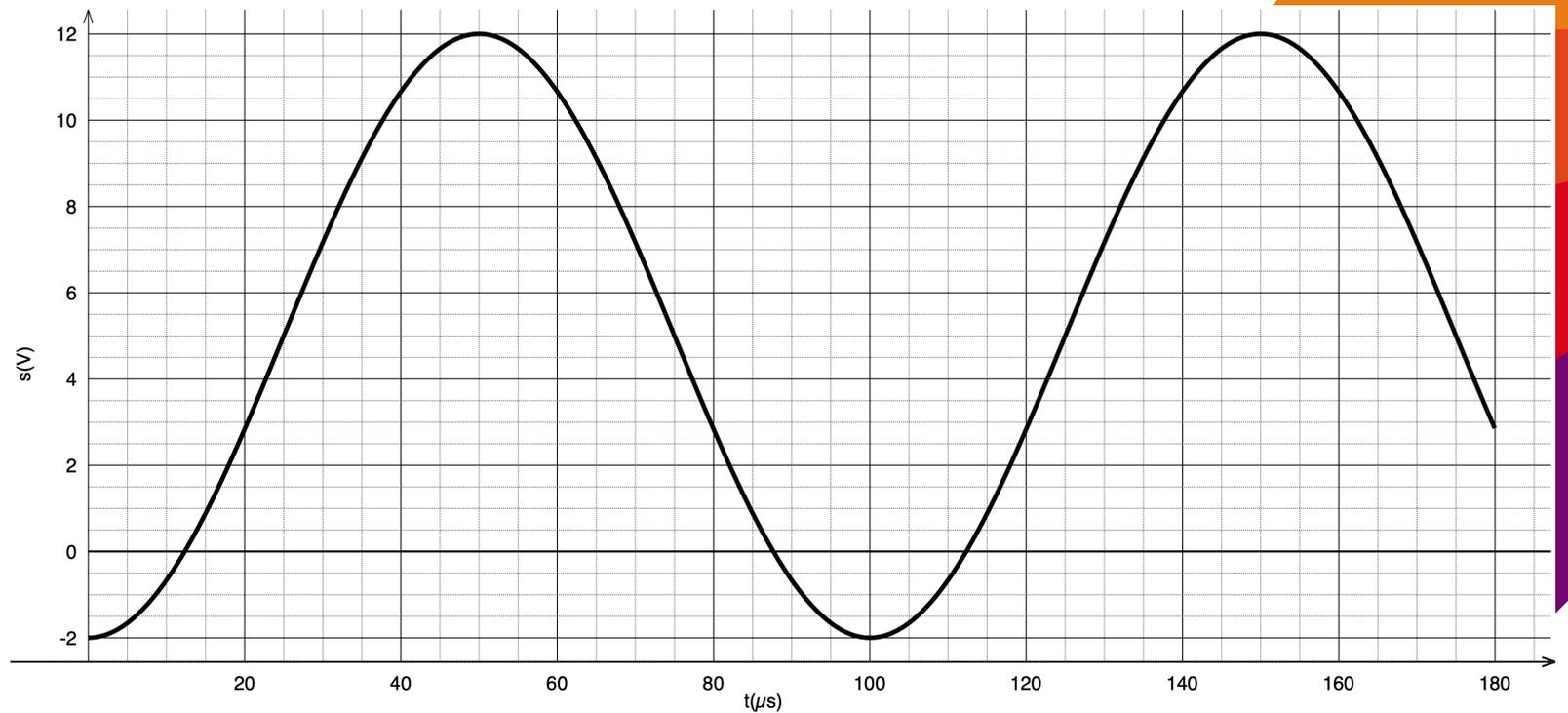


TD C06 - Exercice 01

3. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_e , dans la même unité.

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{10,0 \times 10^{-6}} = 100\,000 \text{ Hz} \quad \text{soit } 100 \times 10^3 \text{ Hz ou encore } 100 \text{ kHz}$$

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.



TD C06 - Exercice 01

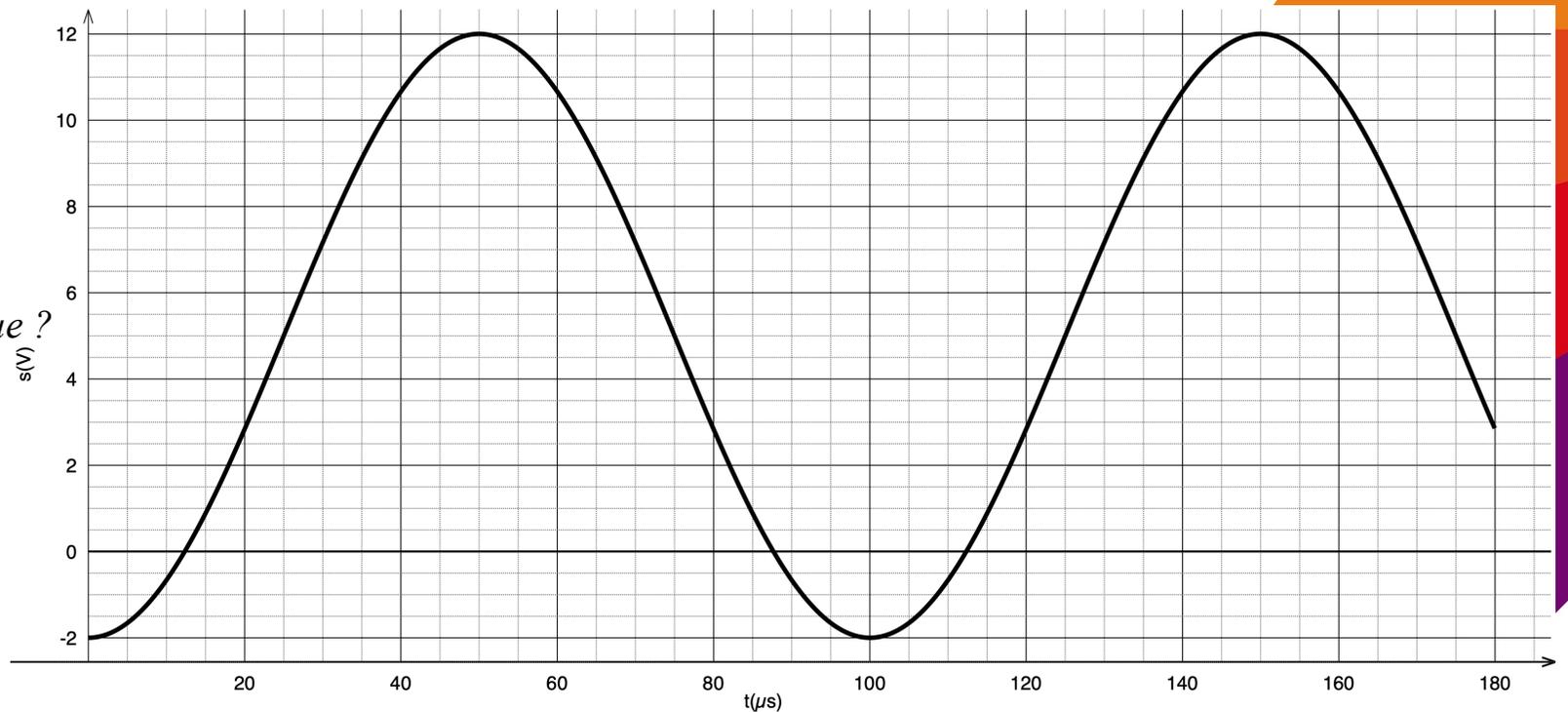
3. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_e , dans la même unité.

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{10,0 \times 10^{-6}} = 100\,000 \text{ Hz} \quad \text{soit } 100 \times 10^3 \text{ Hz ou encore } 100 \text{ kHz}$$

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

Combien d'harmoniques à tracer ?

Y a-t-il une composante continue ?



TD C06 - Exercice 01

3. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_e , dans la même unité.

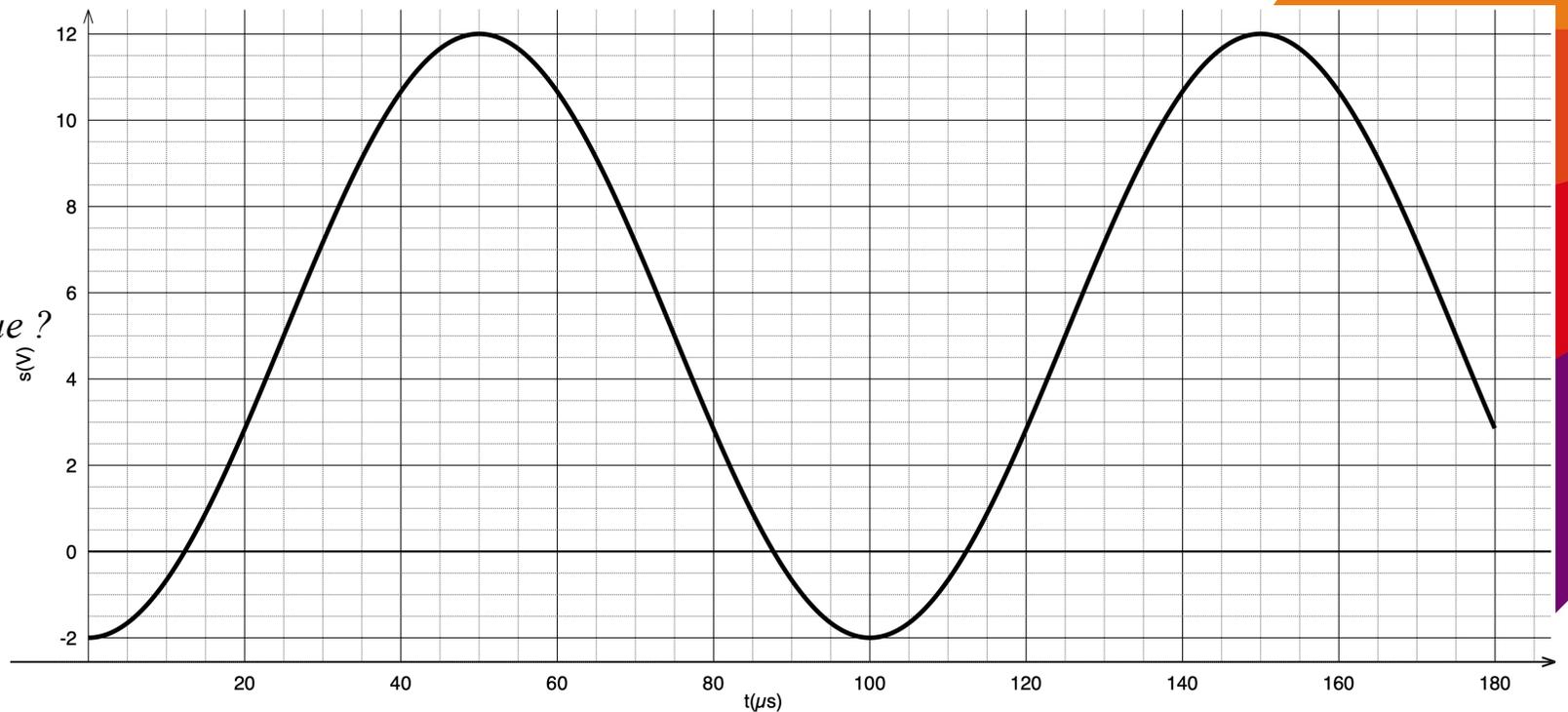
$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{10,0 \times 10^{-6}} = 100\,000 \text{ Hz} \quad \text{soit } 100 \times 10^3 \text{ Hz ou encore } 100 \text{ kHz}$$

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

Combien d'harmoniques à tracer ?

Le spectre d'un signal sinusoïdal possède un unique harmonique

Y a-t-il une composante continue ?



TD C06 - Exercice 01

3. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_e , dans la même unité.

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{10,0 \times 10^{-6}} = 100\,000 \text{ Hz} \quad \text{soit } 100 \times 10^3 \text{ Hz ou encore } 100 \text{ kHz}$$

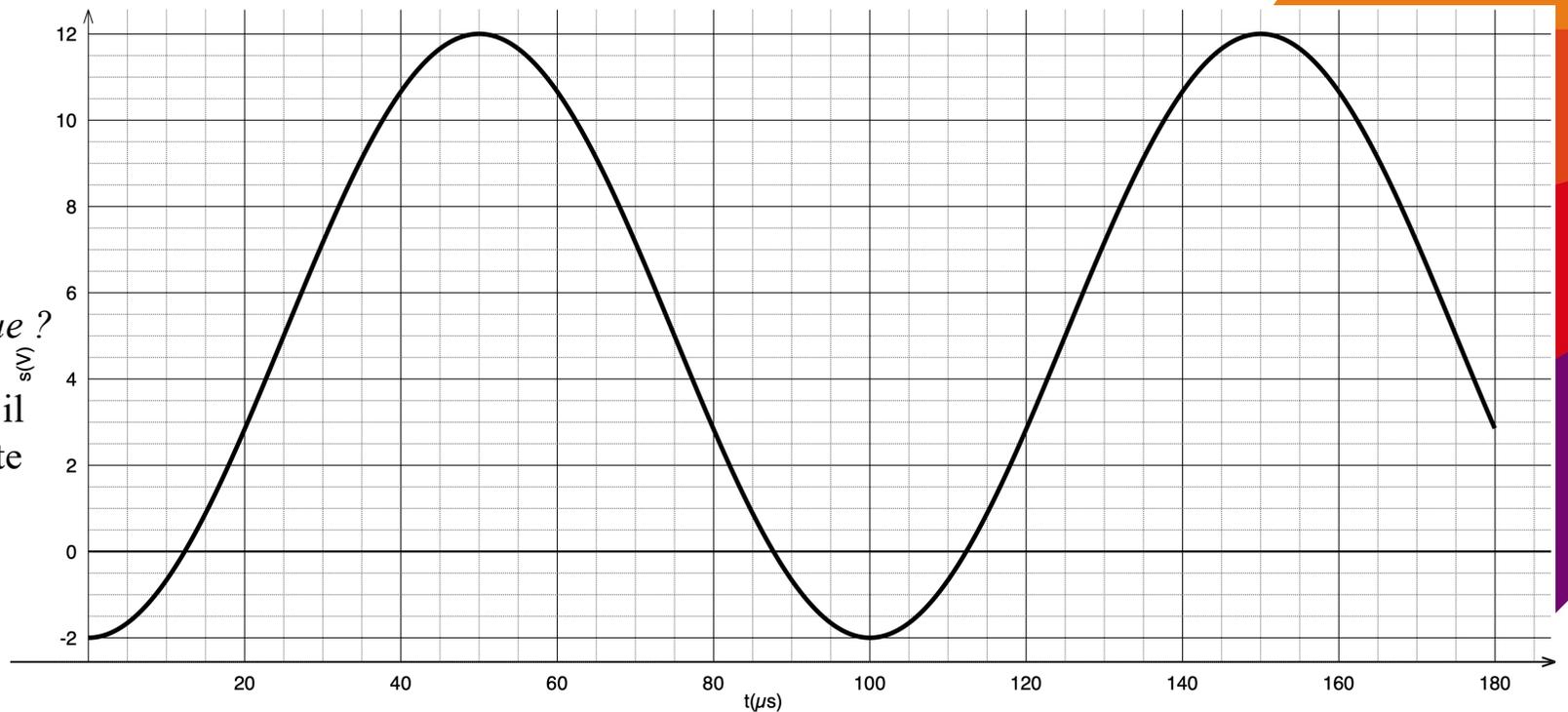
4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

Combien d'harmoniques à tracer ?

Le spectre d'un signal sinusoïdal possède un unique harmonique

Y a-t-il une composante continue ?

Le signal n'est pas alternatif, il faut aussi tracer la composante continue.



TD C06 - Exercice 01

3. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_e , dans la même unité.

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{10,0 \times 10^{-6}} = 100\,000 \text{ Hz} \quad \text{soit } 100 \times 10^3 \text{ Hz ou encore } 100 \text{ kHz}$$

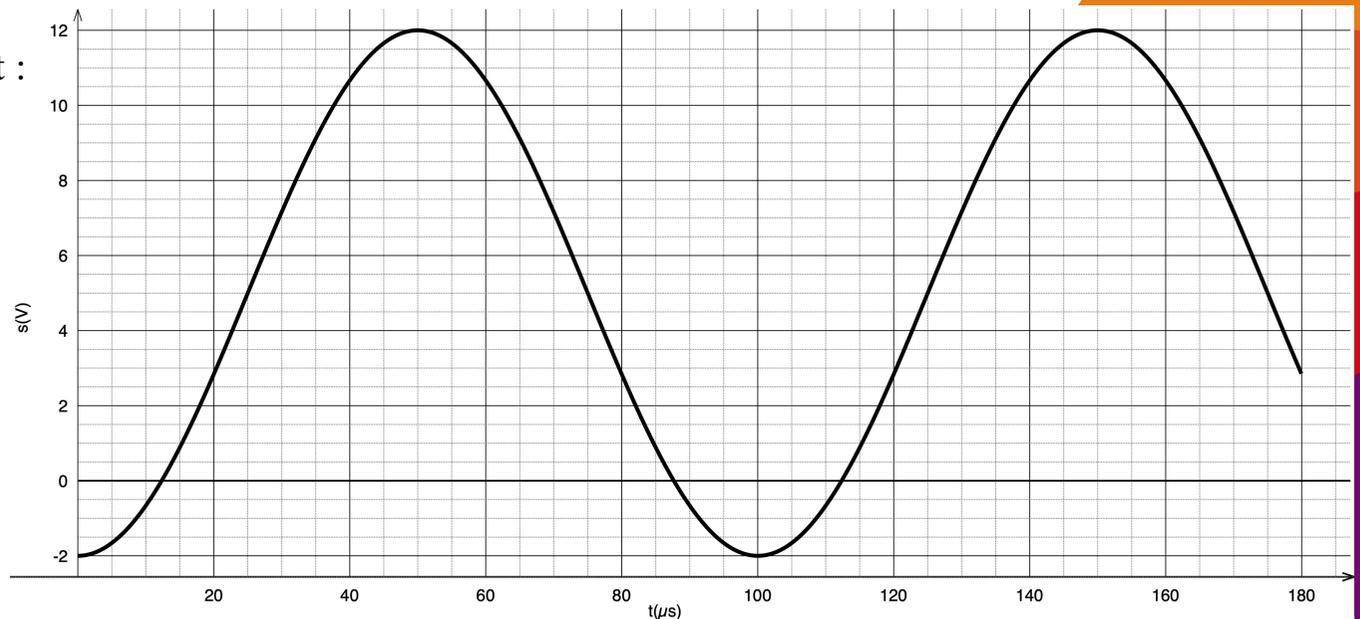
4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

Le motif étant simple, la valeur moyenne est :

$$\langle s \rangle = \frac{U_{max} + U_{min}}{2}$$
$$\langle s \rangle = \frac{12 + (-2,0)}{2} = \mathbf{5,00 \text{ V}}$$

L'amplitude du signal est :

$$U_m = \frac{U_{max} - U_{min}}{2}$$
$$U_m = \frac{12 - (-2,0)}{2} = \mathbf{7,00 \text{ V}}$$



TD C06 - Exercice 01

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

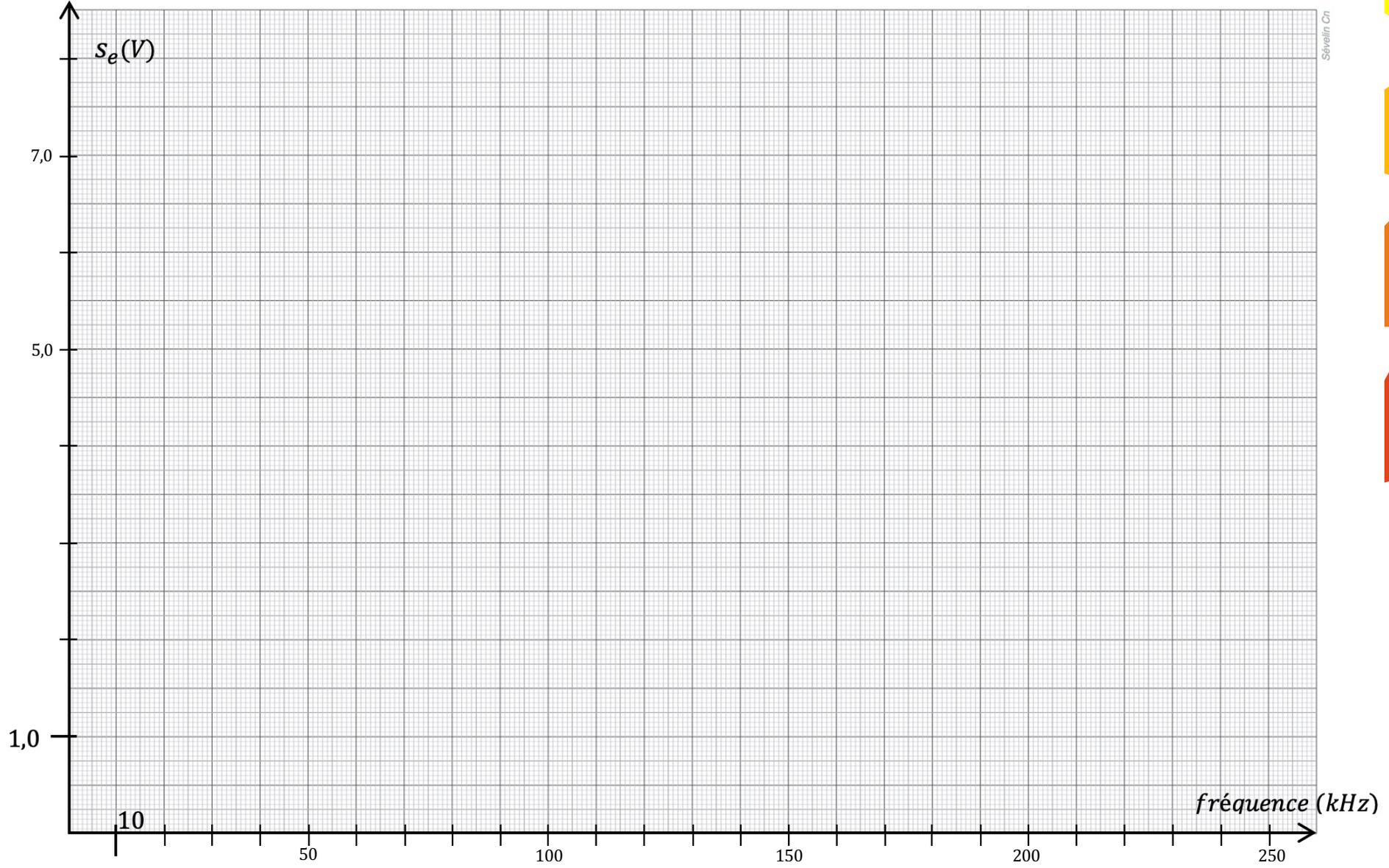


Séverin On



TD C06 - Exercice 01

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

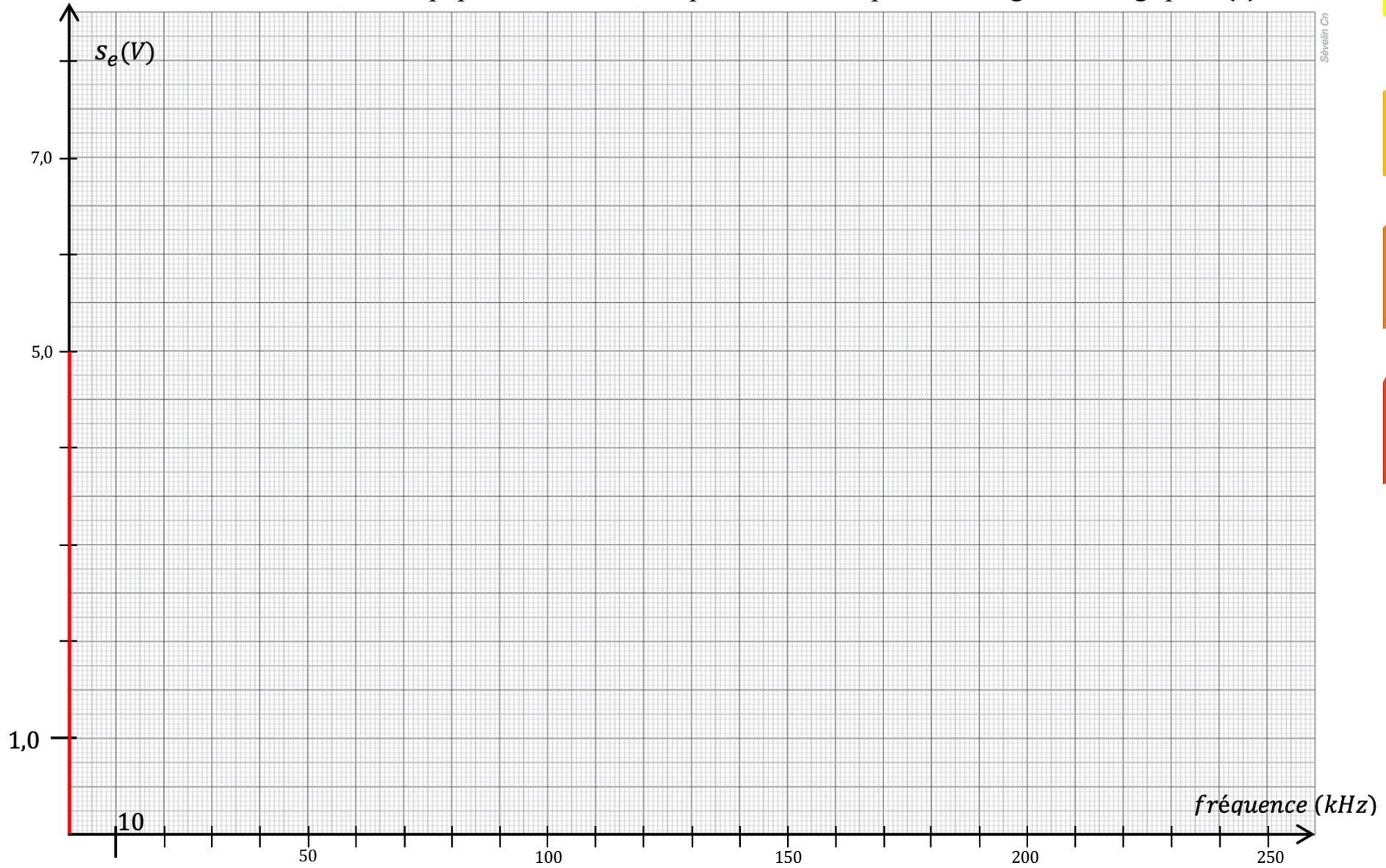


Séverin On



TD C06 - Exercice 01

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.

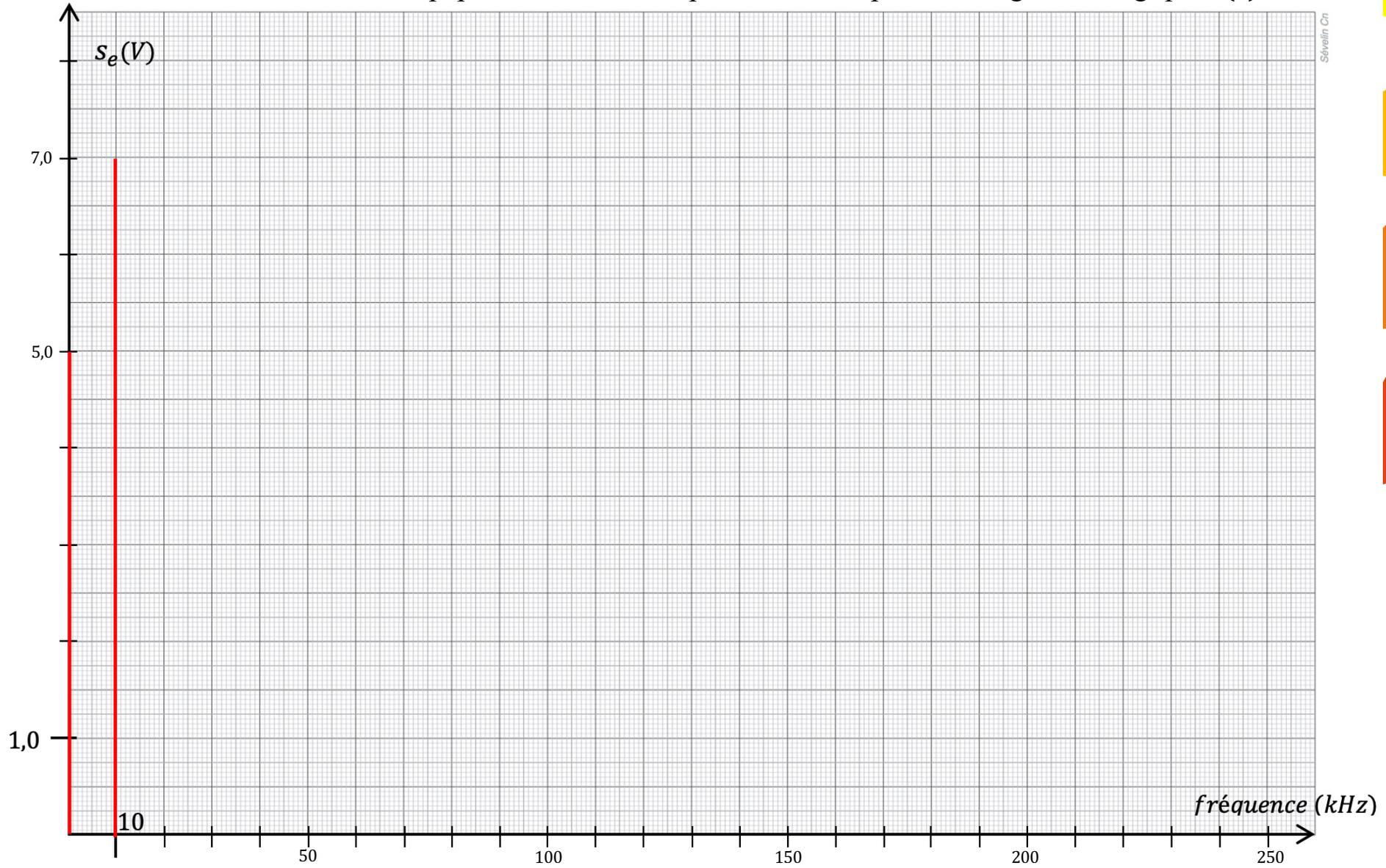


Séverin On



TD C06 - Exercice 01

4. Sur le papier millimétré ci-après, tracer le spectre du signal analogique $s(t)$.



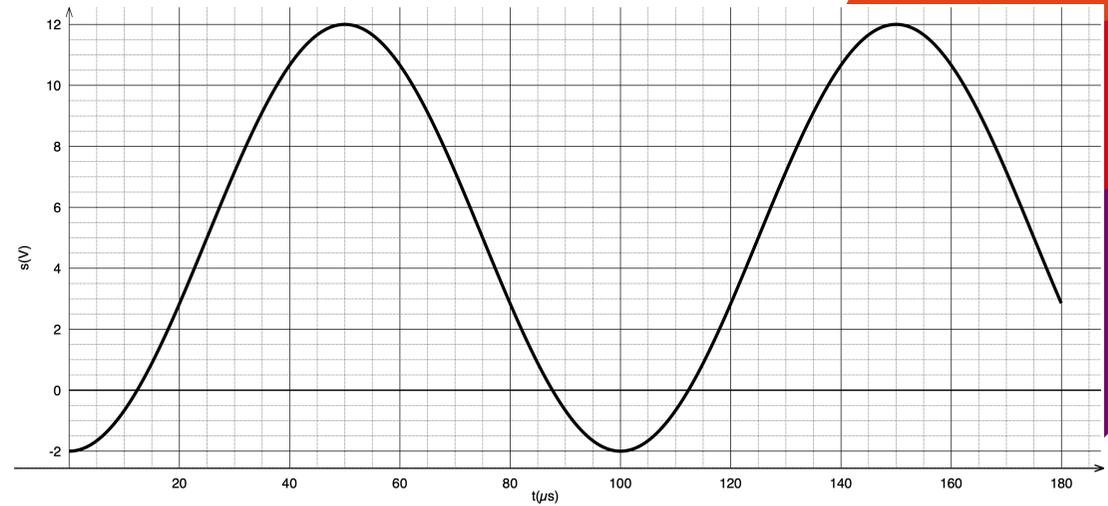
Séverin On



TD C06 - Exercice 01

5. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

6. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N_{tot} :



TD C06 - Exercice 01

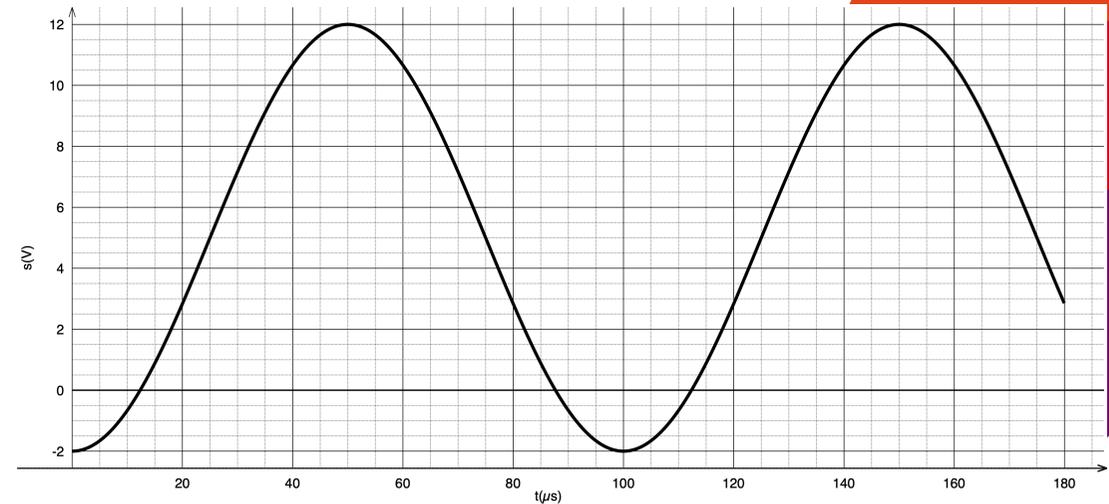
5. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

Ici, $f_{max} = 10,0 \text{ kHz}$ et $f_e = 100 \text{ kHz}$. On calcule :

$$2 \times f_{max} = 20,0 \text{ kHz}$$

La condition de Shannon est donc respectée car $f_e > 2 \times f_{max}$

6. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N_{tot} :



TD C06 - Exercice 01

5. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

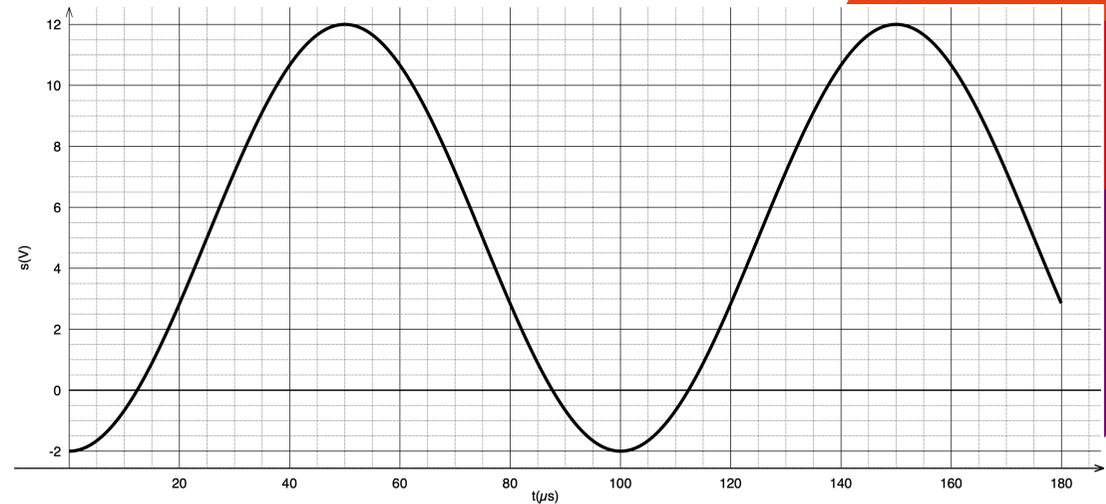
Ici, $f_{max} = 10,0 \text{ kHz}$ et $f_e = 100 \text{ kHz}$. On calcule :

$$2 \times f_{max} = 20,0 \text{ kHz}$$

La condition de Shannon est donc respectée car $f_e > 2 \times f_{max}$

6. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N_{tot} :

$$N_{tot} = \Delta t \times f_e$$



TD C06 - Exercice 01

5. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

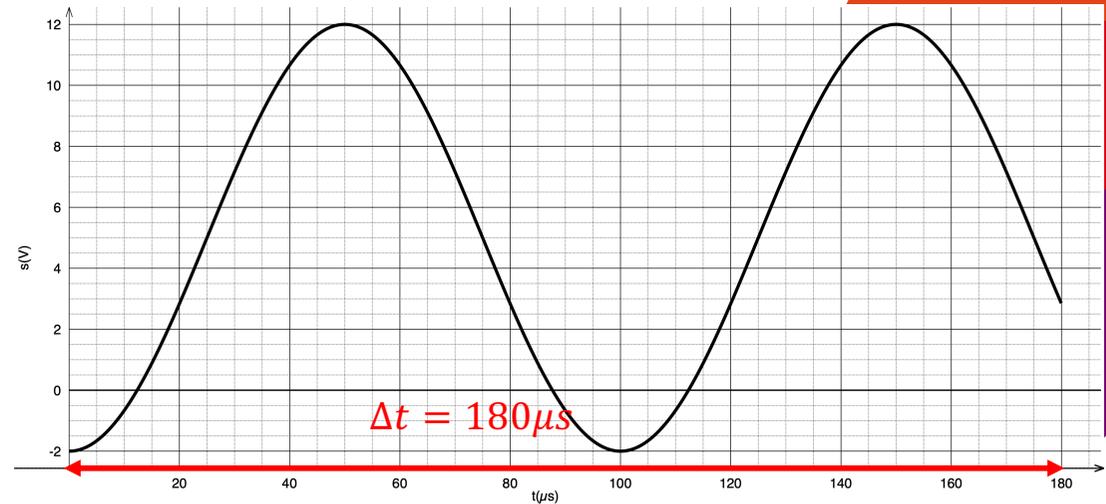
Ici, $f_{max} = 10,0 \text{ kHz}$ et $f_e = 100 \text{ kHz}$. On calcule :

$$2 \times f_{max} = 20,0 \text{ kHz}$$

La condition de Shannon est donc respectée car $f_e > 2 \times f_{max}$

6. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N_{tot} :

$$N_{tot} = \Delta t \times f_e$$



TD C06 - Exercice 01

5. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

Ici, $f_{max} = 10,0 \text{ kHz}$ et $f_e = 100 \text{ kHz}$. On calcule :

$$2 \times f_{max} = 20,0 \text{ kHz}$$

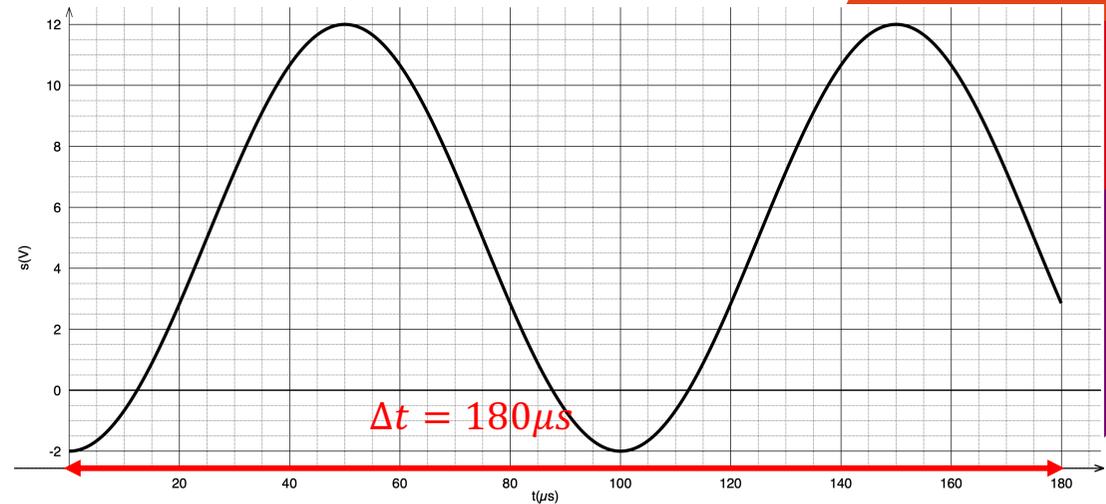
La condition de Shannon est donc respectée car $f_e > 2 \times f_{max}$

6. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N_{tot} :

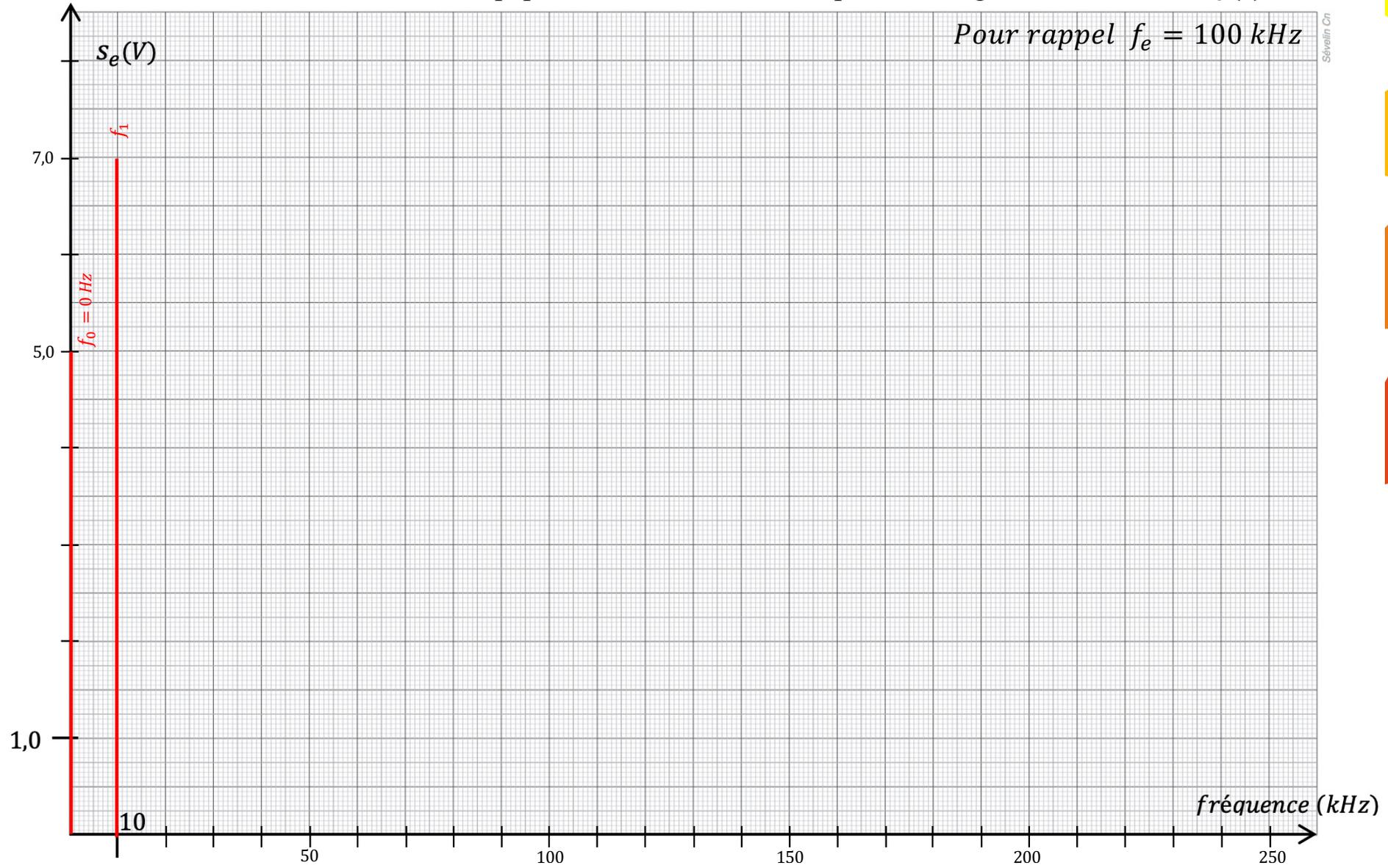
$$N_{tot} = \Delta t \times f_e$$

$$N_{tot} = 180 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3$$

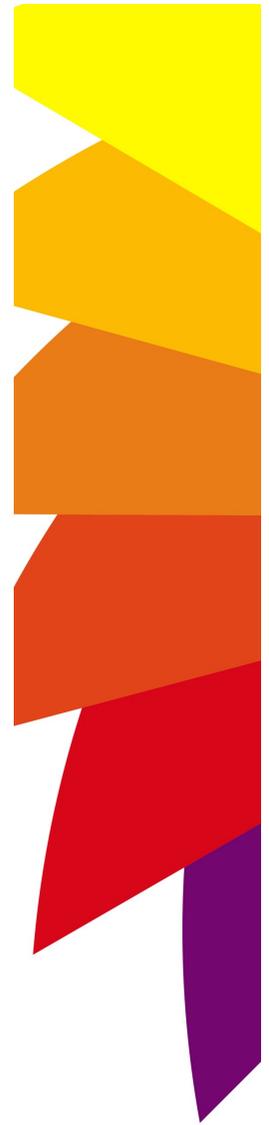
$$N_{tot} = 18,0 \text{ points}$$



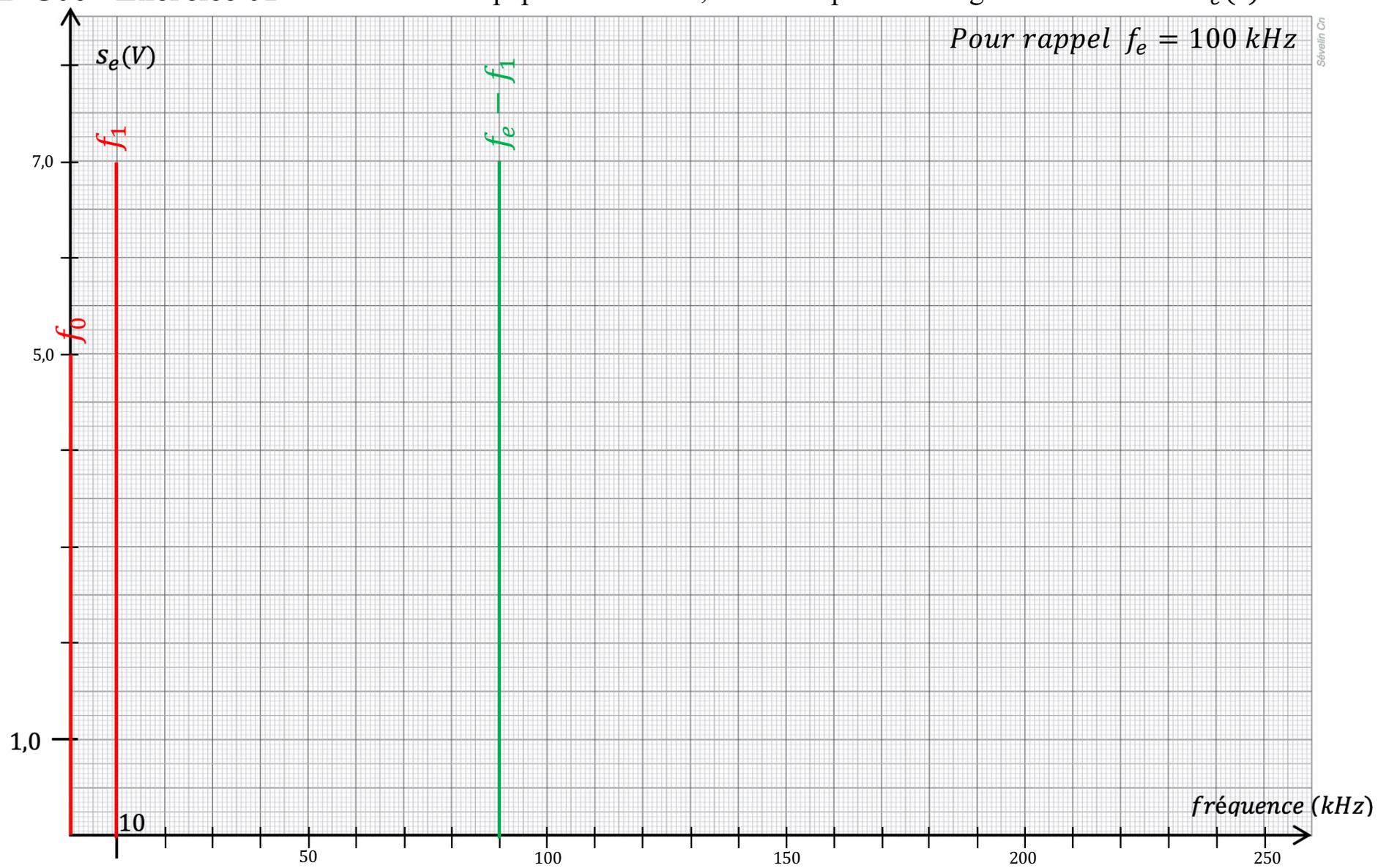
TD C06 - Exercice 01 7. Sur le même papier millimétré, tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$.



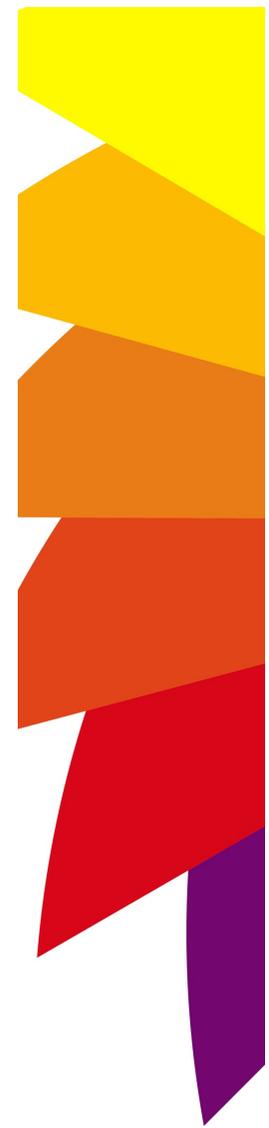
Séverin On



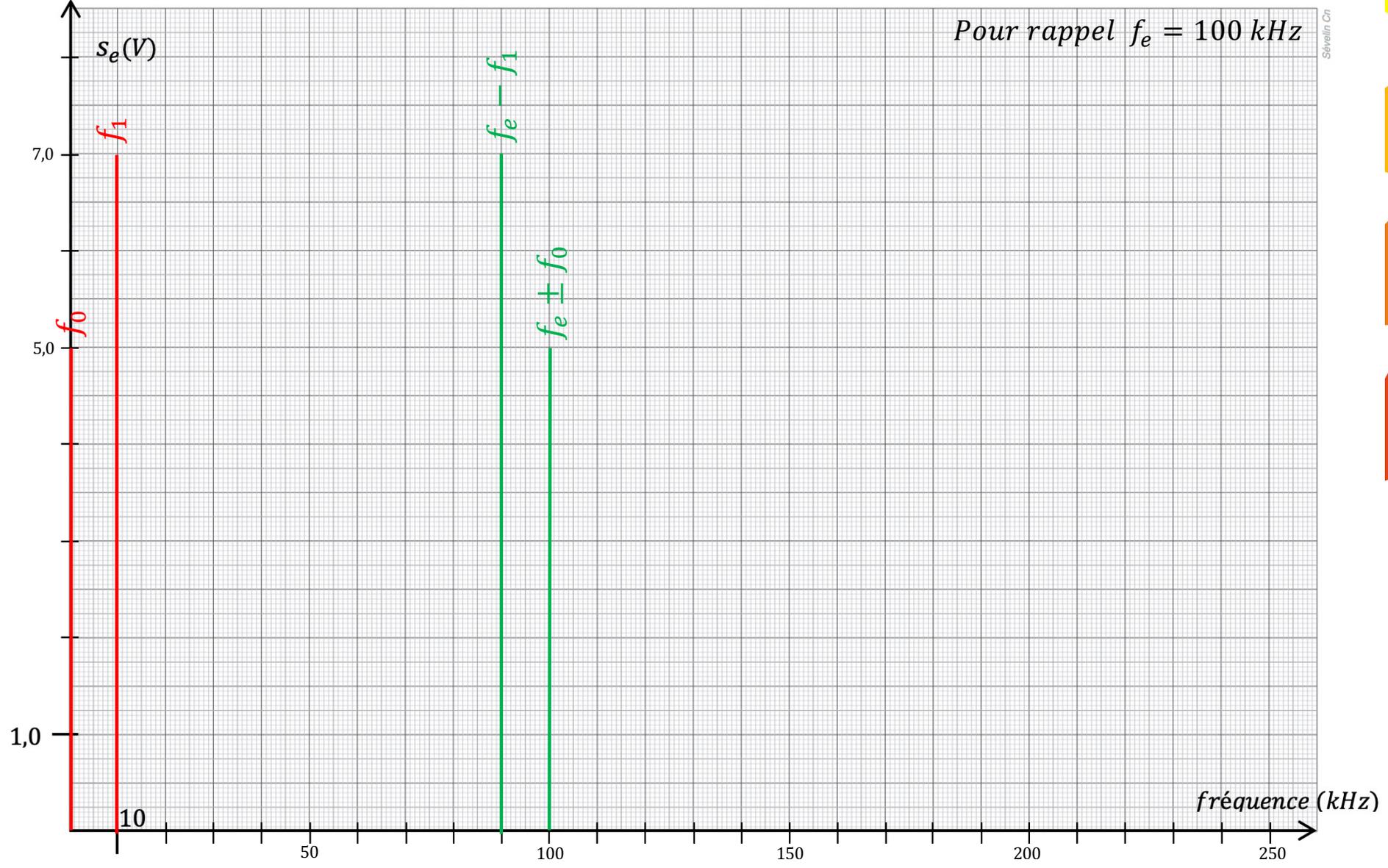
TD C06 - Exercice 01 7. Sur le même papier millimétré, tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$.



Séverin On



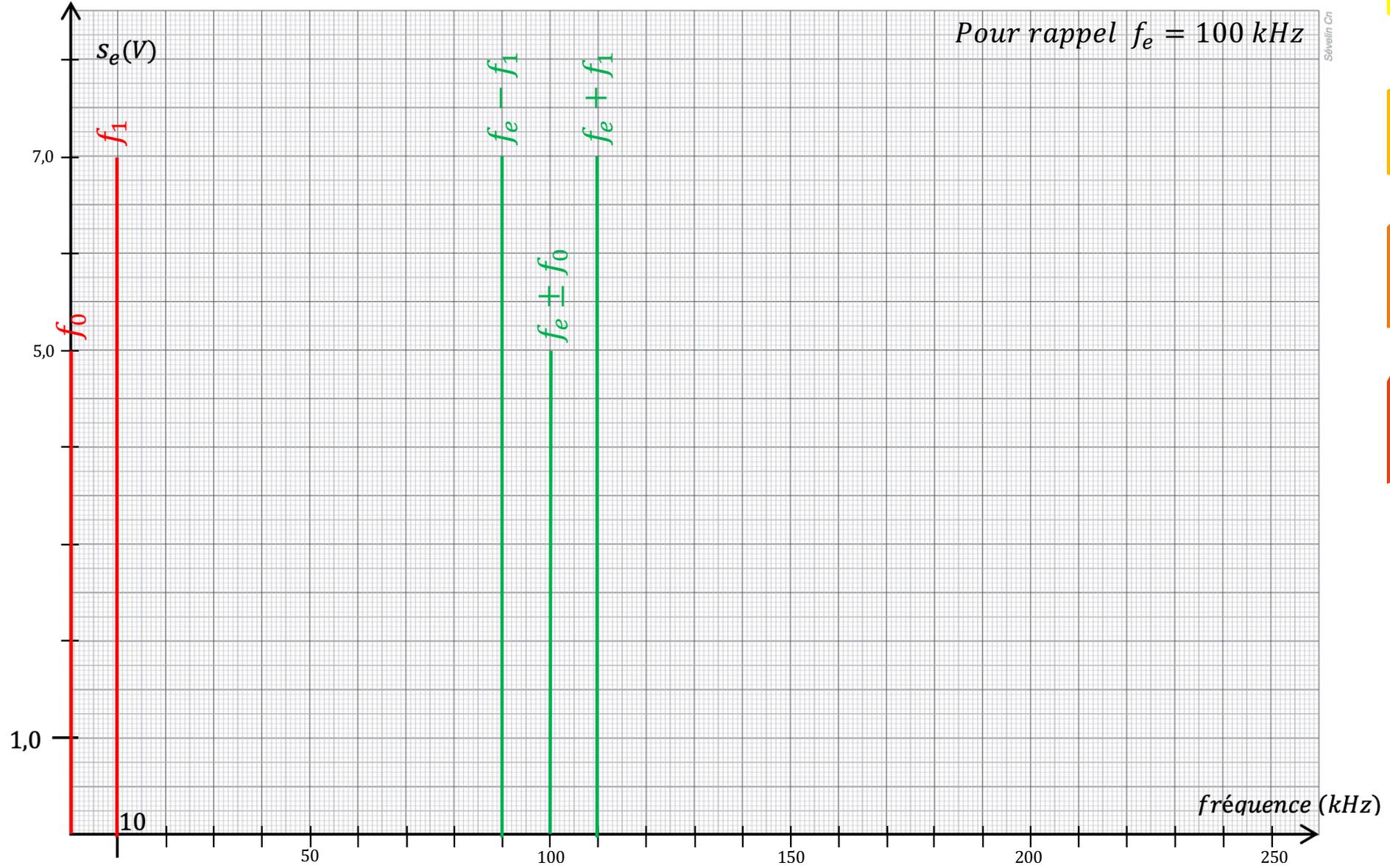
TD C06 - Exercice 01 7. Sur le même papier millimétré, tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$.



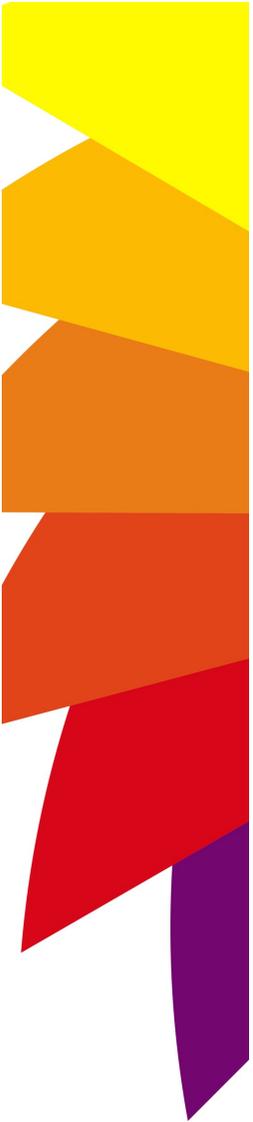
Séverin On



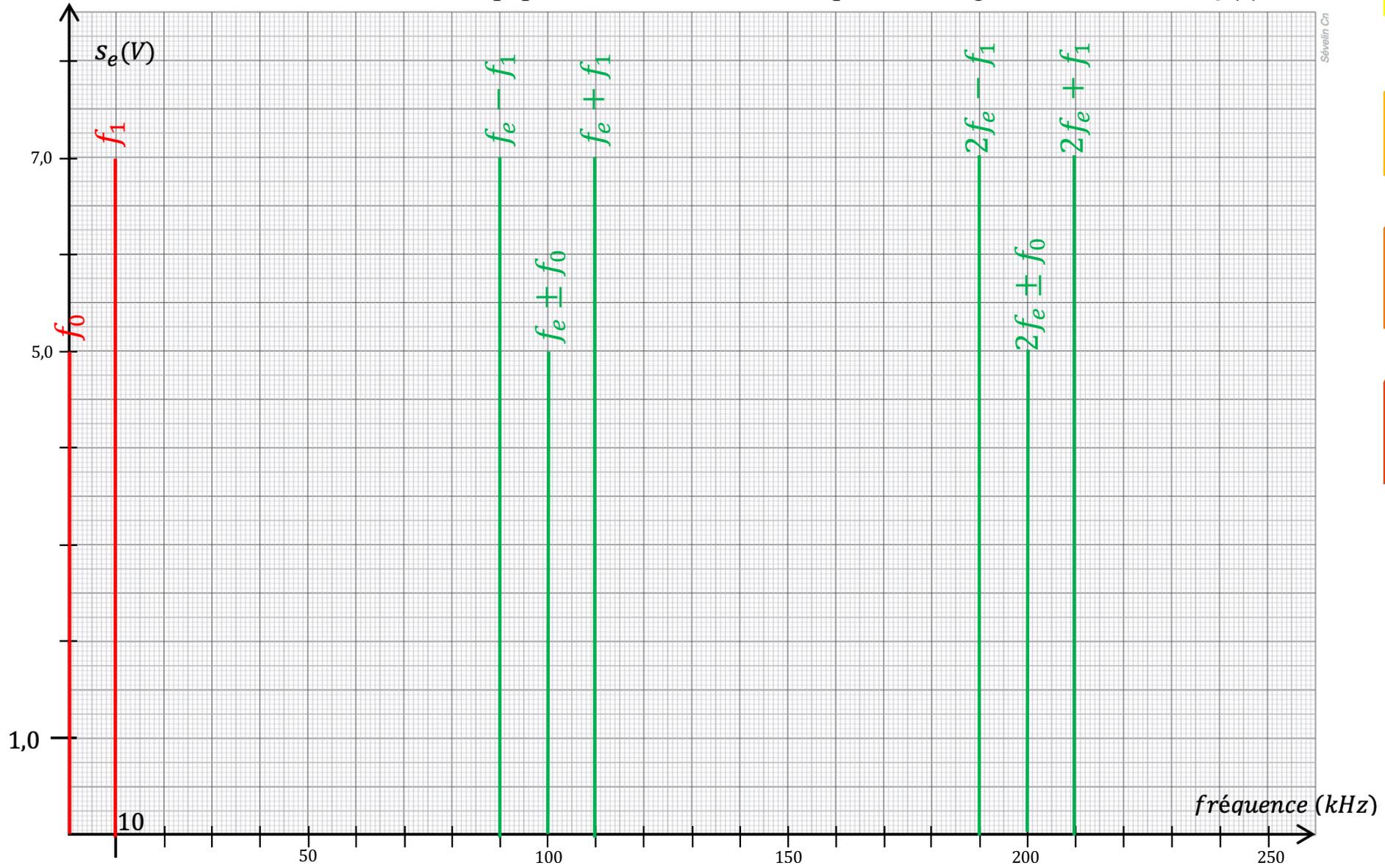
TD C06 - Exercice 01 7. Sur le même papier millimétré, tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$.



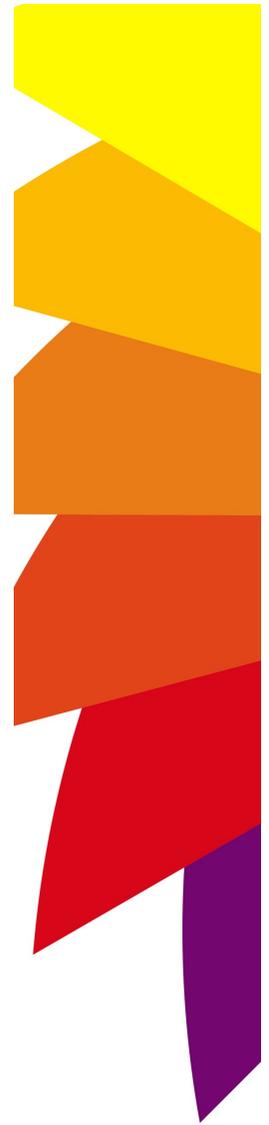
Séverin On



TD C06 - Exercice 01 7. Sur le même papier millimétré, tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$.



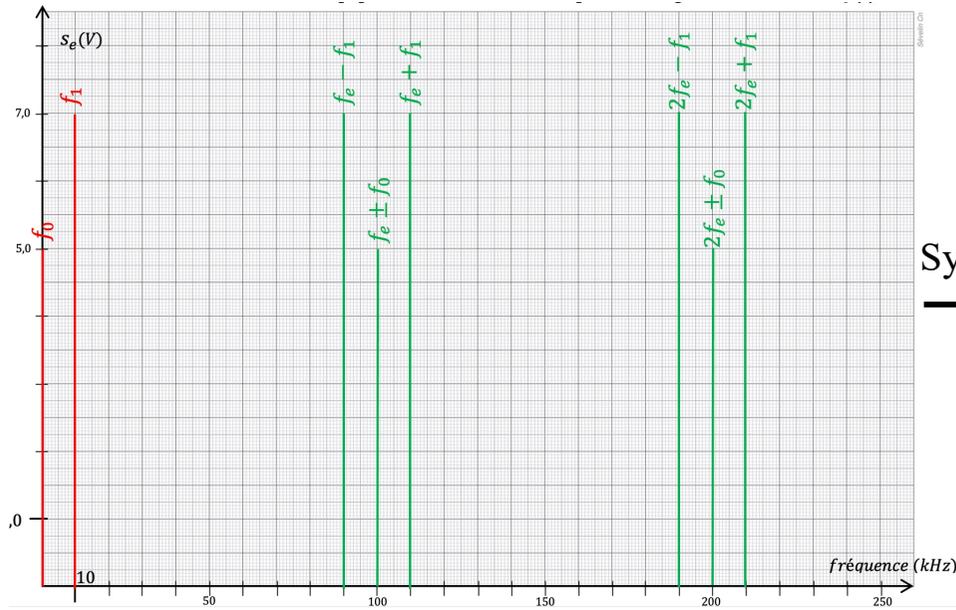
Séverin G



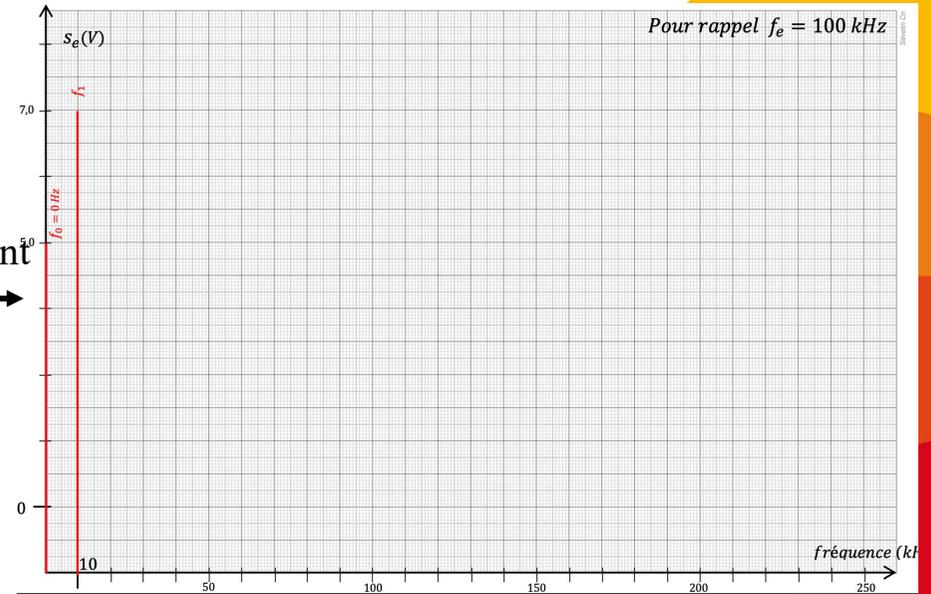
TD C06 - Exercice 01

A partir du signal échantillonné, on souhaite restituer le signal analogique :

8. Quel type de filtre doit-on utiliser ? Proposer une valeur pour sa fréquence de coupure.



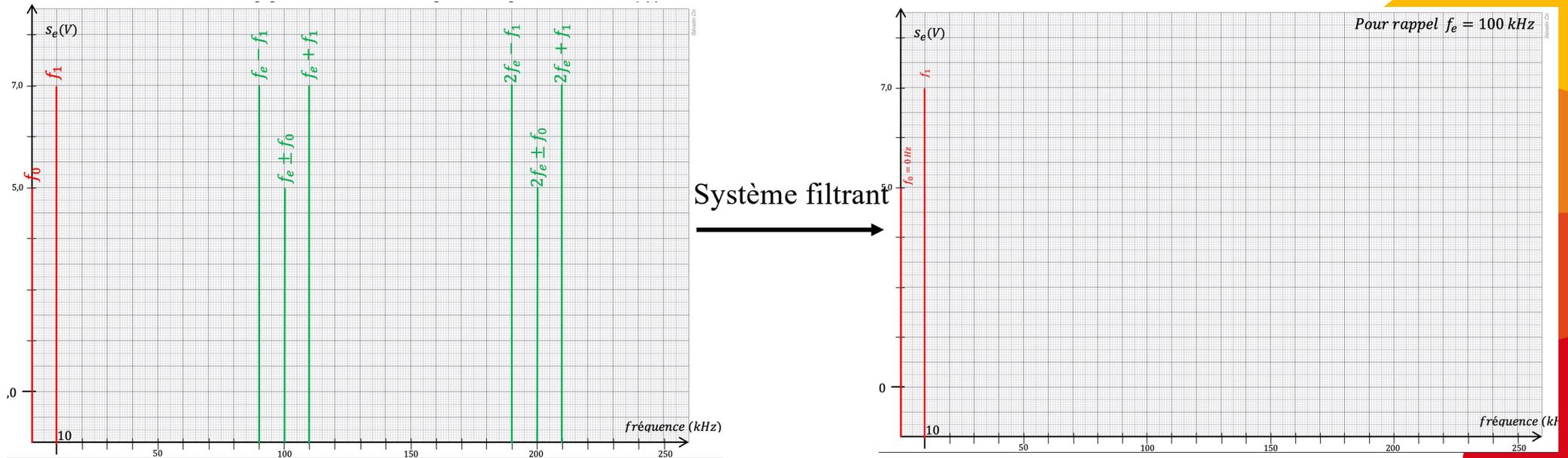
Système filtrant



TD C06 - Exercice 01

A partir du signal échantillonné, on souhaite restituer le signal analogique :

8. Quel type de filtre doit-on utiliser ? Proposer une valeur pour sa fréquence de coupure.

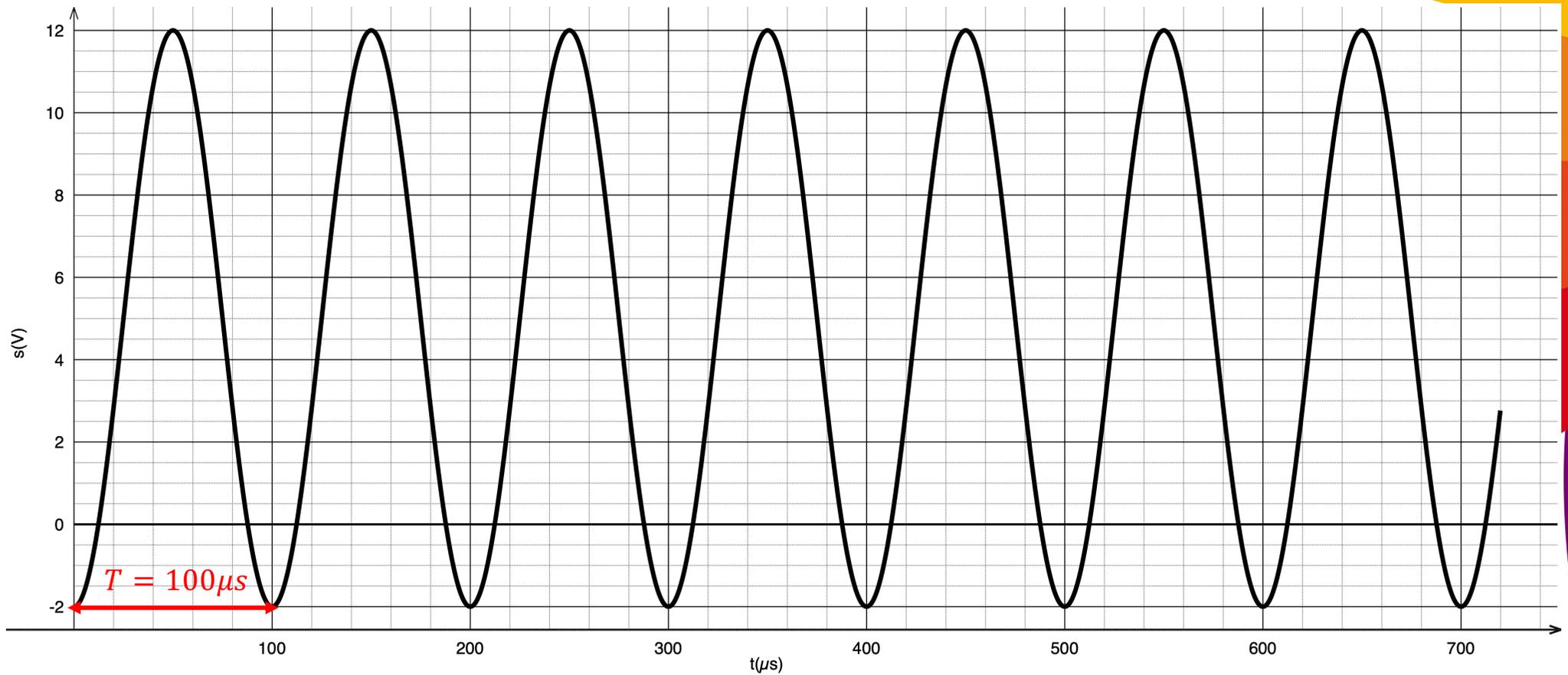


On utilise un filtre **passé-bas**, dont la fréquence de coupure est par exemple, **50,0 kHz** (toutes les valeurs entre 10,0 kHz et 90,0 kHz sont acceptées).

TD C06 - Exercice 01

Afin de diminuer le nombre d'échantillons et donc le nombre d'informations stockées, on échantillonne le signal $s_e(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e' = 80,0 \mu s$:

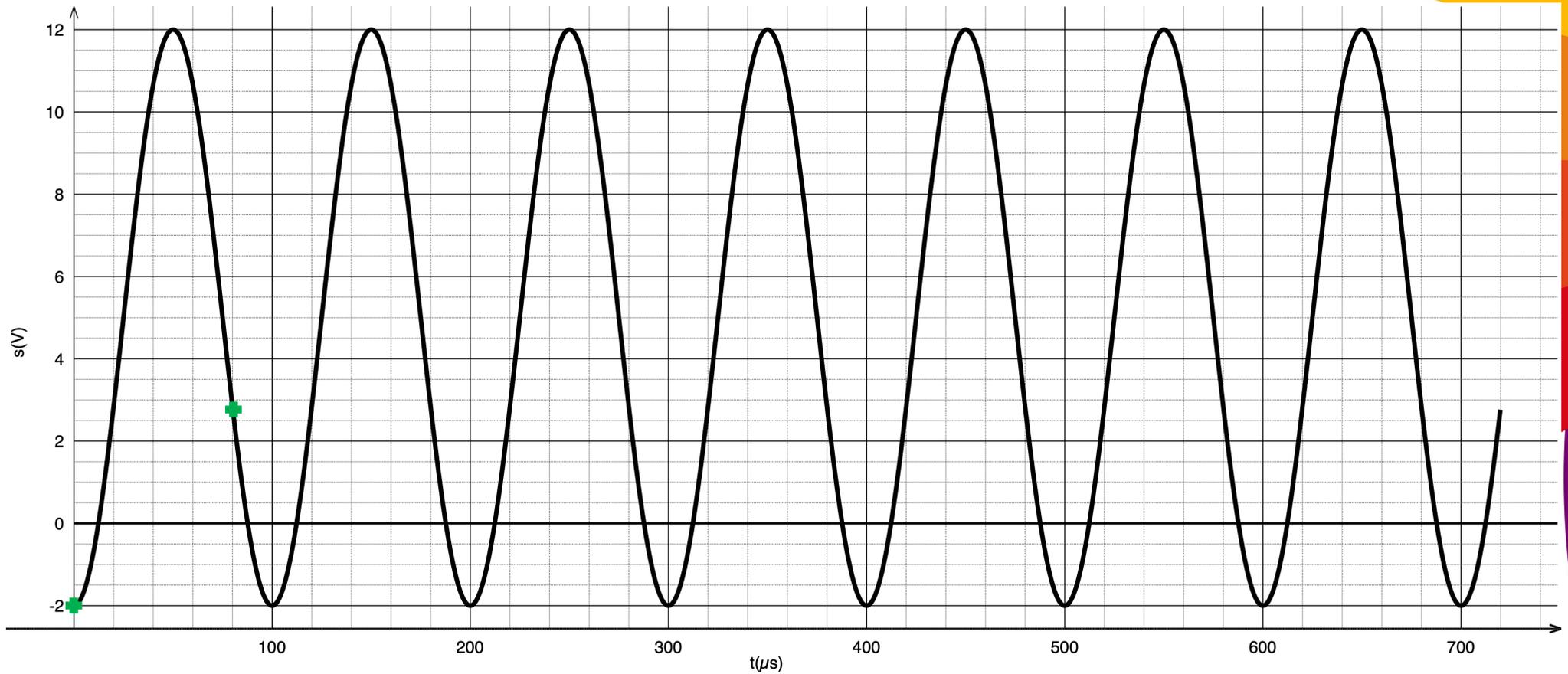
9. Tracer en vert, sur le graphe ci-dessous, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



TD C06 - Exercice 01

Afin de diminuer le nombre d'échantillons et donc le nombre d'informations stockées, on échantillonne le signal $s_e(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e' = 80,0 \mu s$:

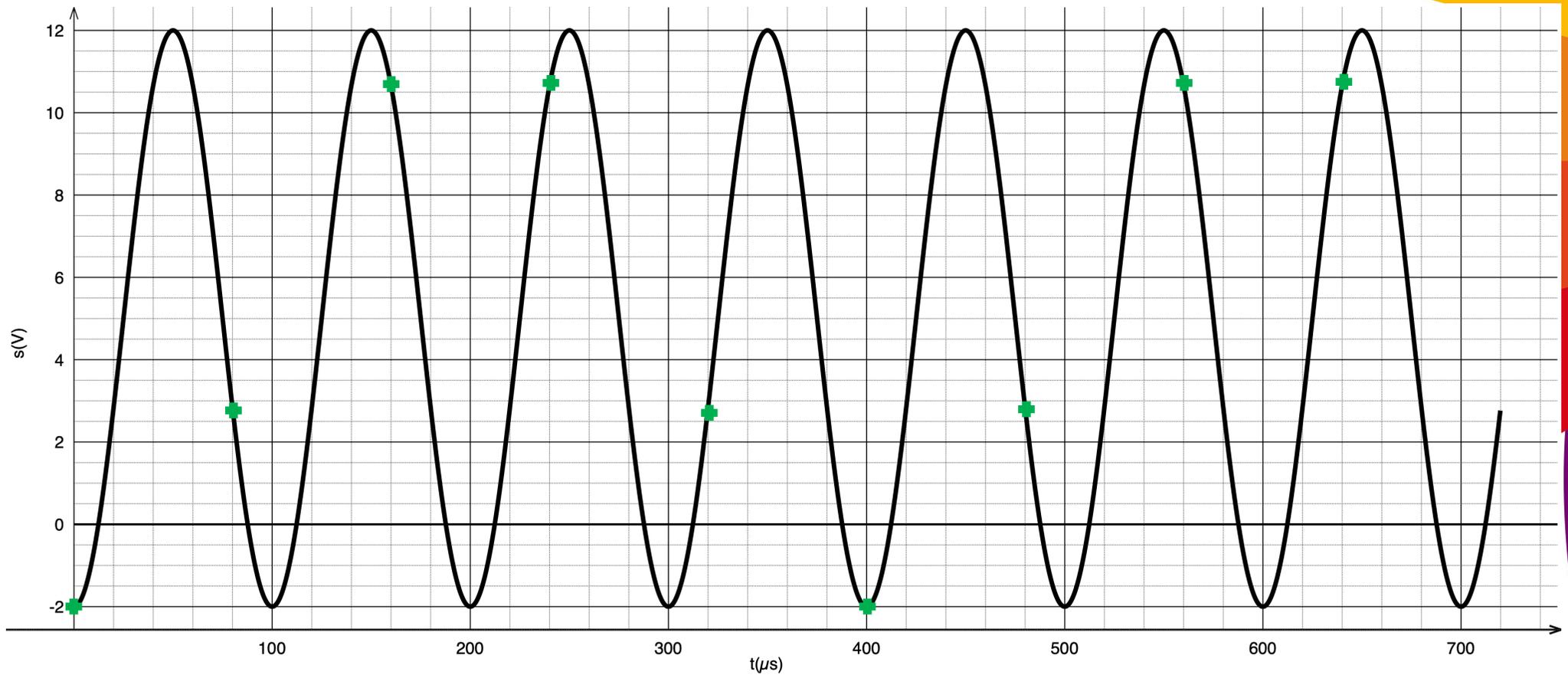
9. Tracer en vert, sur le graphe ci-dessous, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



TD C06 - Exercice 01

Afin de diminuer le nombre d'échantillons et donc le nombre d'informations stockées, on échantillonne le signal $s_e(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e' = 80,0 \mu s$:

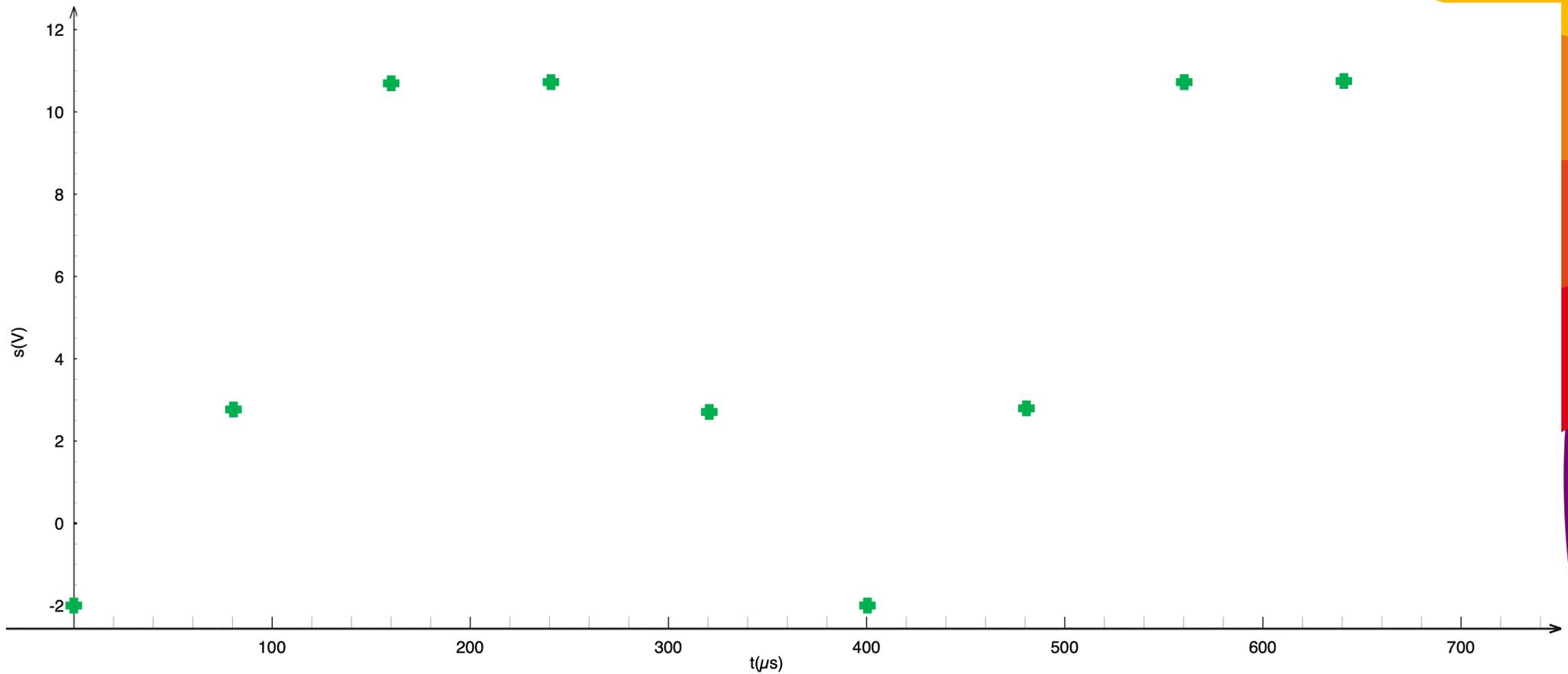
9. Tracer en vert, sur le graphe ci-dessous, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



TD C06 - Exercice 01

Afin de diminuer le nombre d'échantillons et donc le nombre d'informations stockées, on échantillonne le signal $s_e(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e' = 80,0 \mu s$:

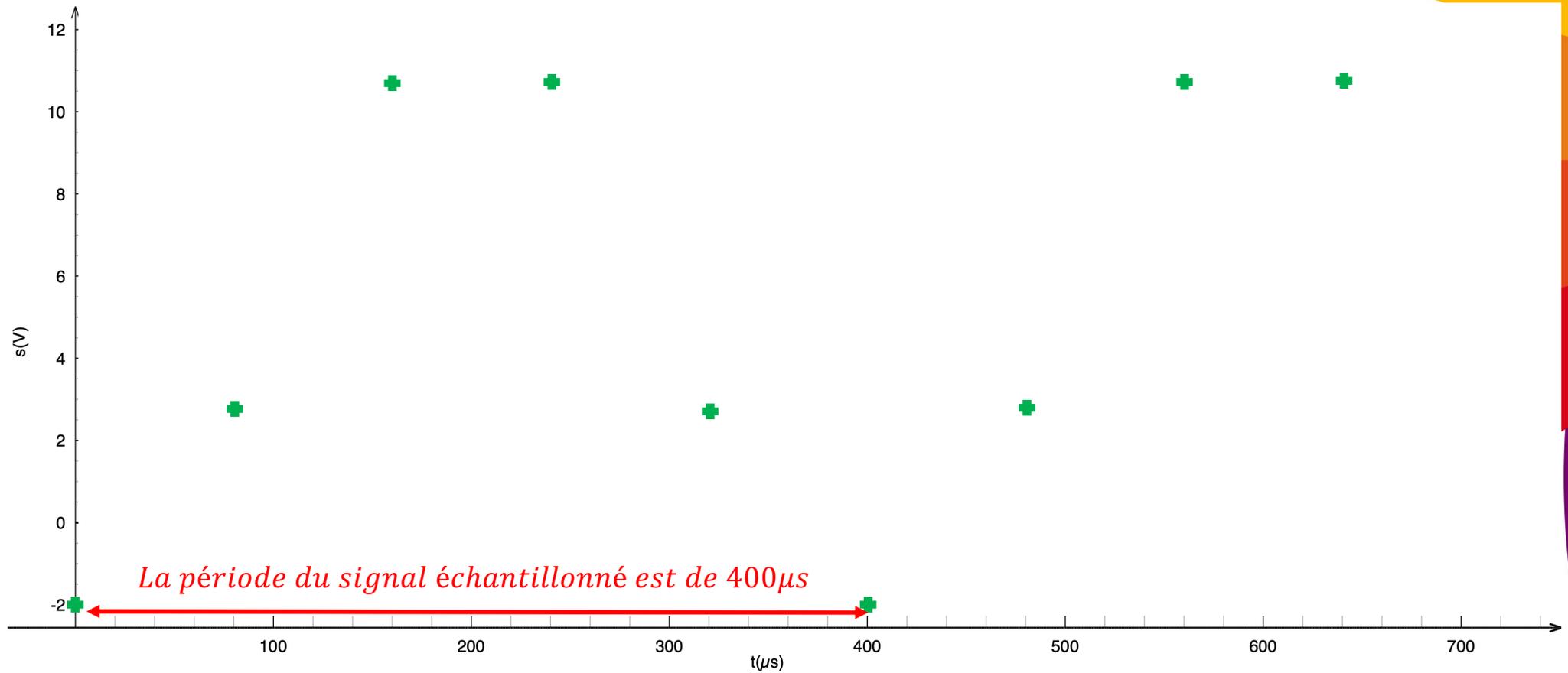
9. Tracer en vert, sur le graphe ci-dessous, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



TD C06 - Exercice 01

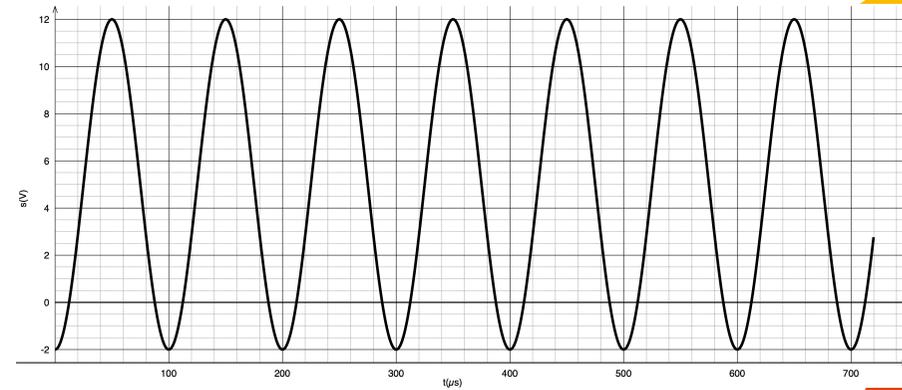
Afin de diminuer le nombre d'échantillons et donc le nombre d'informations stockées, on échantillonne le signal $s_e(t)$ avec une période d'échantillonnage de $T_e' = 80,0 \mu s$:

9. Tracer en vert, sur le graphe ci-dessous, les valeurs échantillonnées du signal (la première valeur échantillonnée est à $t = 0s$)



TD C06 - Exercice 01

10. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N'_{tot} : a-t-elle évolué ?



11. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

TD C06 - Exercice 01

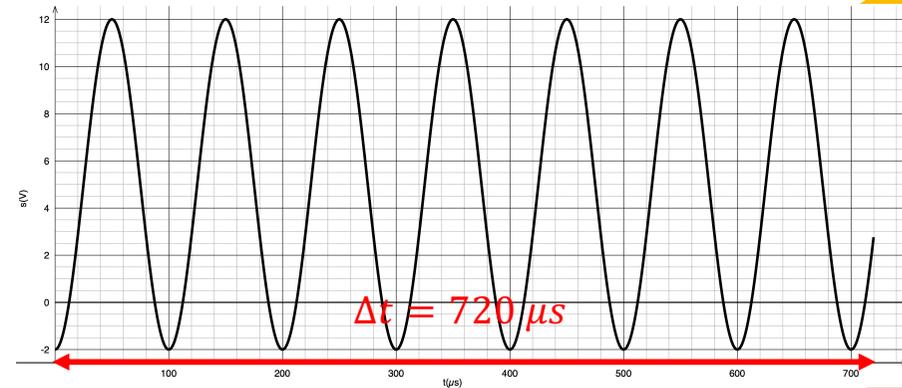
10. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N'_{tot} : a-t-elle évolué ?

$$N'_{tot} = \Delta t' \times f'_e \text{ avec } f'_e = \frac{1}{T'_e} = \frac{1}{80,0 \times 10^{-6}} = 12,5 \text{ kHz}$$

$$N'_{tot} = 720 \times 10^{-6} \times 12,5 \times 10^3 = 9,00 \text{ points}$$

La valeur de la profondeur de mémoire est plus faible que précédemment.

11. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.



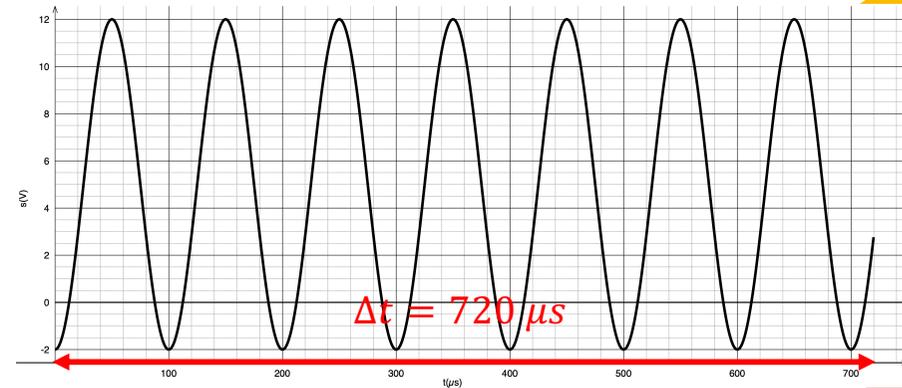
TD C06 - Exercice 01

10. Déterminer la valeur de la profondeur de mémoire de ce système, notée N'_{tot} : a-t-elle évolué ?

$$N'_{tot} = \Delta t' \times f'_e \text{ avec } f'_e = \frac{1}{T'_e} = \frac{1}{80,0 \times 10^{-6}} = 12,5 \text{ kHz}$$

$$N'_{tot} = 720 \times 10^{-6} \times 12,5 \times 10^3 = 9 \text{ points}$$

La valeur de la profondeur de mémoire est plus faible que précédemment.



11. La condition de Shannon est-elle respectée ici ? Justifier.

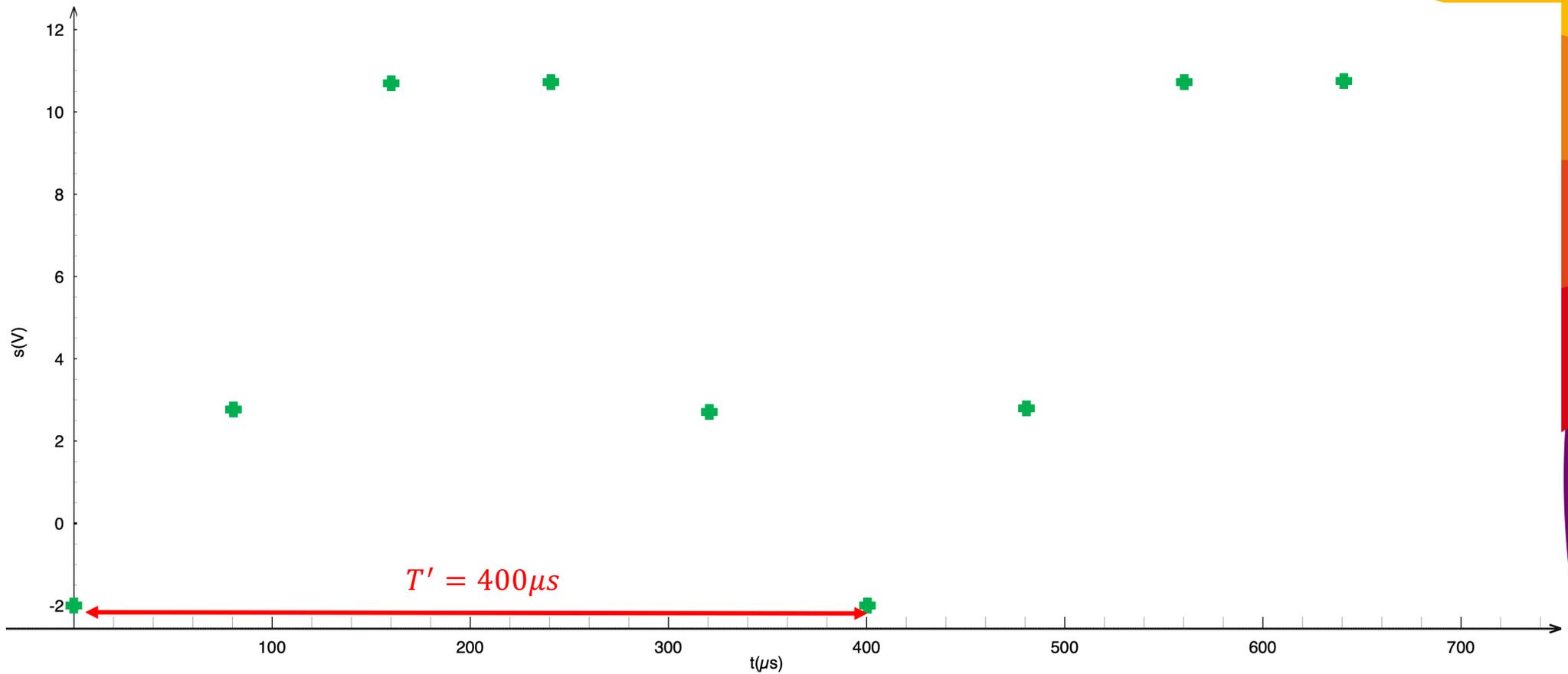
Ici, $f_{max} = 10,0 \text{ kHz}$ et $f_e = 12,5 \text{ kHz}$. On calcule :

$$2 \times f_{max} = 20,0 \text{ kHz}$$

La condition de Shannon n'est donc pas respectée car $f_e < 2 \times f_{max}$

TD C06 - Exercice 01

12. Déterminer alors graphiquement la période T' du signal échantillonné. En déduire la valeur de la fréquence f' du signal échantillonné : est-elle égale à la valeur de la fréquence f du signal analogique ?



TD C06 - Exercice 01

12. Déterminer alors graphiquement la période T' du signal échantillonné. En déduire la valeur de la fréquence f' du signal échantillonné : est-elle égale à la valeur de la fréquence f du signal analogique ?

$$f' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{400 \times 10^{-6}} = 2500 \text{ Hz} \quad \text{soit } 2,50 \text{ kHz}$$

Le signal échantillonné n'a pas la même valeur de période temporelle que le signal analogique. L'échantillonnage n'a pas été réalisé correctement.

13. Quel lien mathématique existe-il entre f' , f et f'_e ?



TD C06 - Exercice 01

12. Déterminer alors graphiquement la période T' du signal échantillonné. En déduire la valeur de la fréquence f' du signal échantillonné : est-elle égale à la valeur de la fréquence f du signal analogique ?

$$f' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{400 \times 10^{-6}} = 2500 \text{ Hz} \quad \text{soit } 2,50 \text{ kHz}$$

Le signal échantillonné n'a pas la même valeur de période temporelle que le signal analogique. L'échantillonnage n'a pas été réalisé correctement.

13. Quel lien mathématique existe-il entre f' , f et f'_e ?

Pour rappel: $f' = 2,50 \text{ kHz}$ $f = 10,0 \text{ kHz}$ $f'_e = 12,5 \text{ kHz}$



TD C06 - Exercice 01

12. Déterminer alors graphiquement la période T' du signal échantillonné. En déduire la valeur de la fréquence f' du signal échantillonné : est-elle égale à la valeur de la fréquence f du signal analogique ?

$$f' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{400 \times 10^{-6}} = 2500 \text{ Hz} \quad \text{soit } 2,50 \text{ kHz}$$

Le signal échantillonné n'a pas la même valeur de période temporelle que le signal analogique. L'échantillonnage n'a pas été réalisé correctement.

13. Quel lien mathématique existe-il entre f' , f et f'_e ?

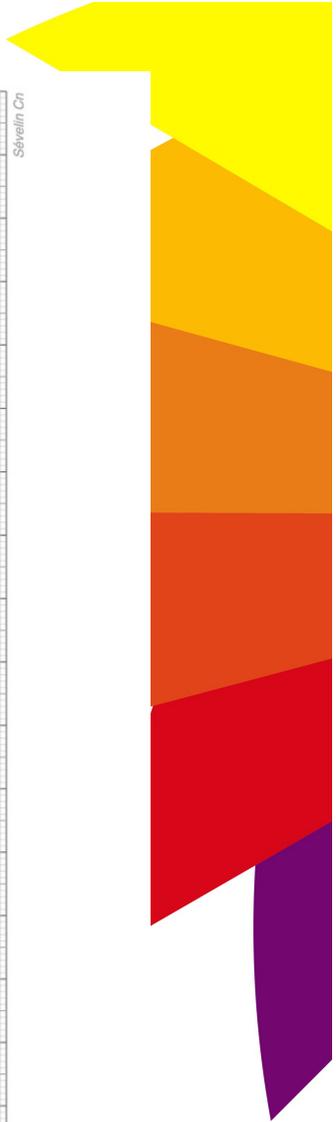
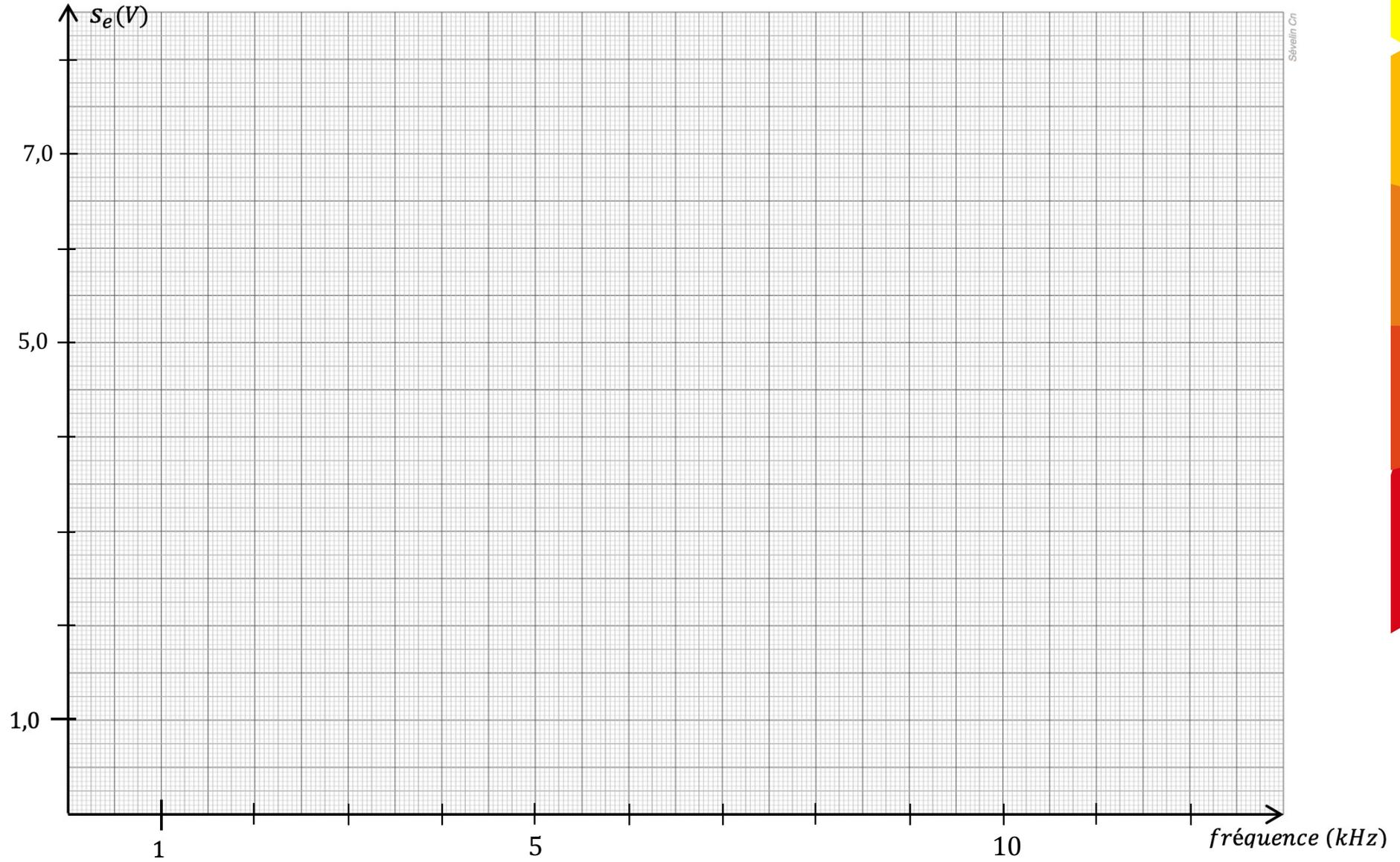
Pour rappel: $f' = 2,50 \text{ kHz}$ $f = 10,0 \text{ kHz}$ $f'_e = 12,5 \text{ kHz}$

$$f' = f'_e - f$$



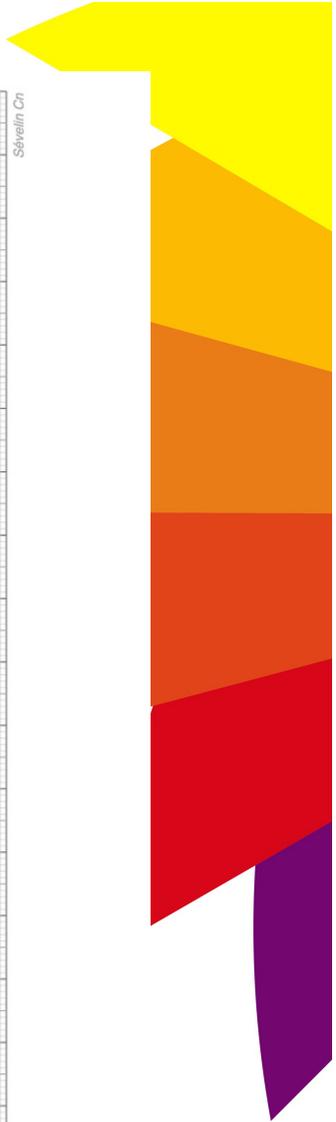
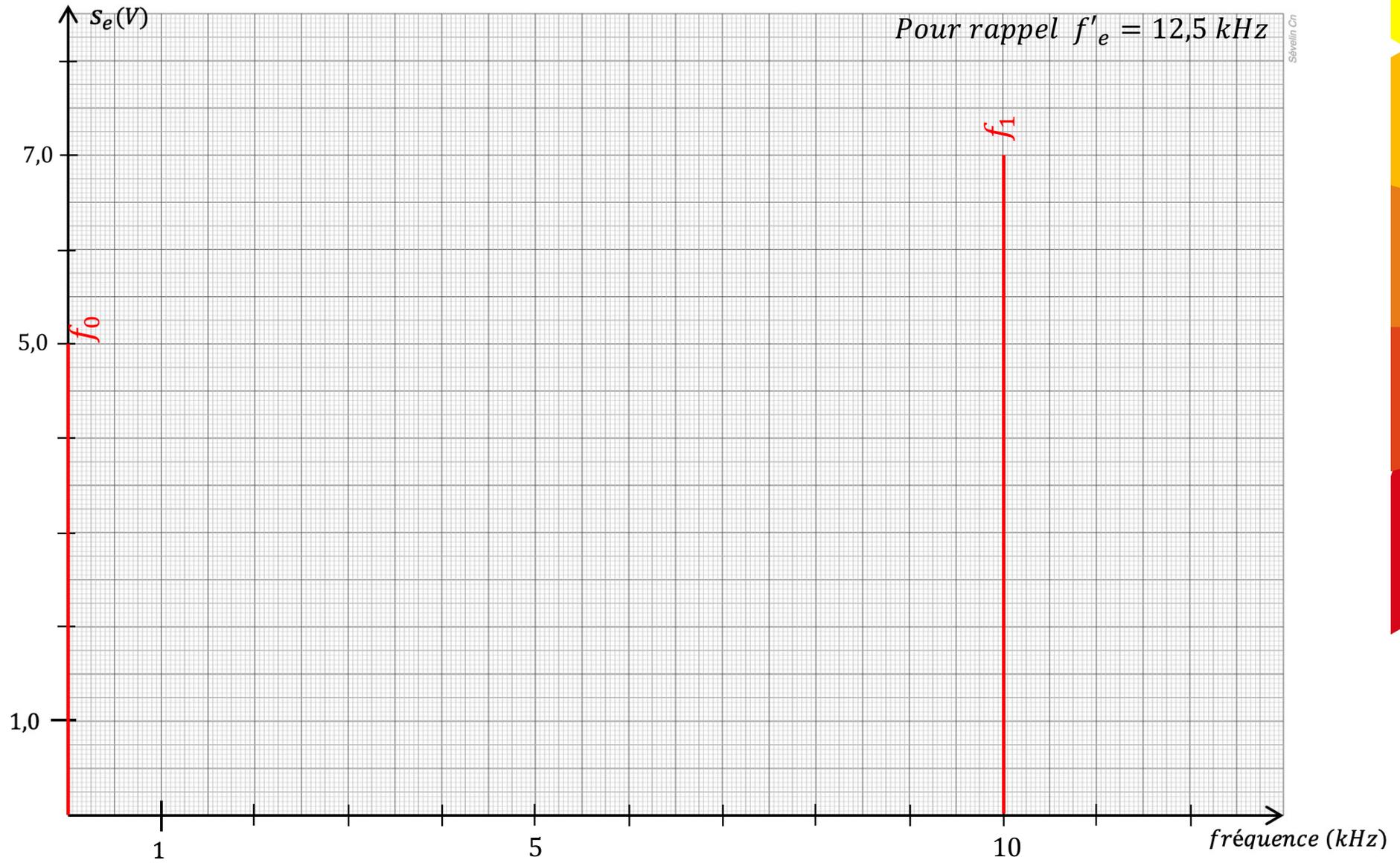
TD C06 - Exercice 01

14. Tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$ pour une plage de fréquence allant de 0 Hz à 12,5 kHz.



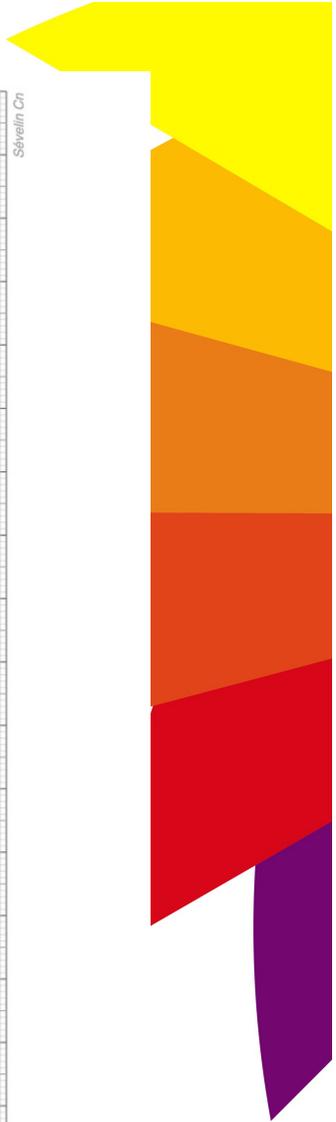
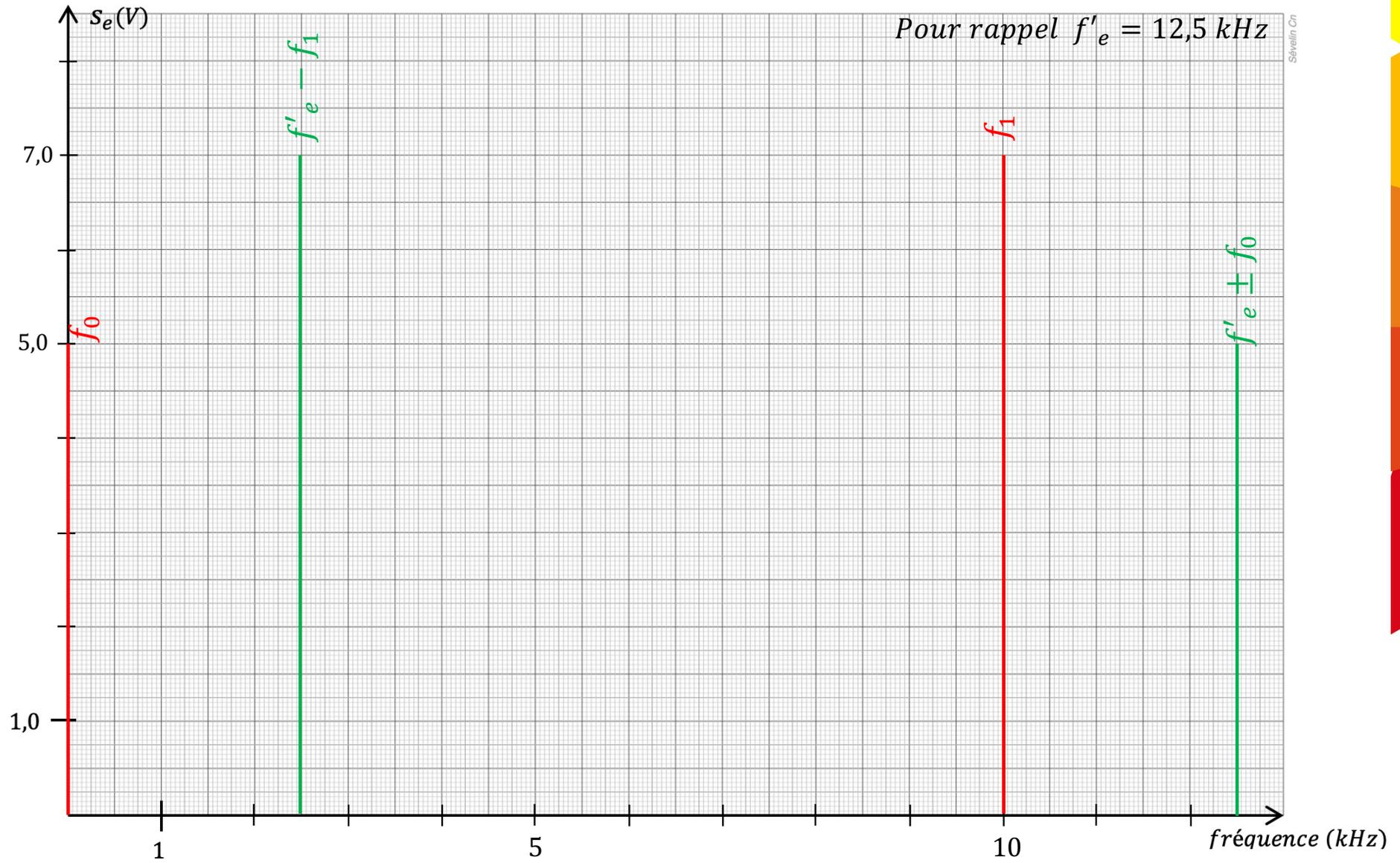
TD C06 - Exercice 01

14. Tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$ pour une plage de fréquence allant de 0 Hz à 12,5 kHz.



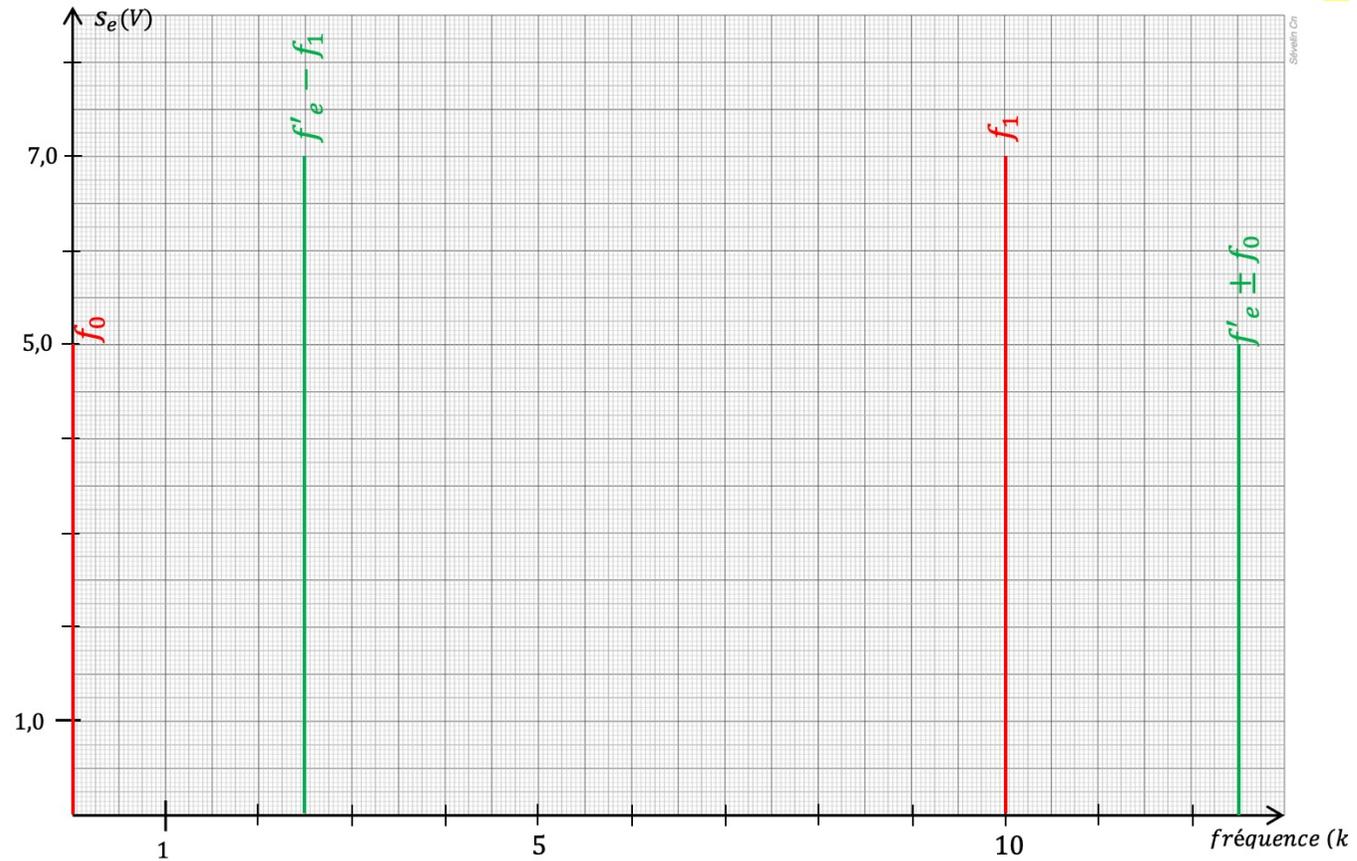
TD C06 - Exercice 01

14. Tracer le spectre du signal échantillonné $s_e(t)$ pour une plage de fréquence allant de 0 Hz à 12,5 kHz.



TD C06 - Exercice 01

15. Quel phénomène observe-t-on ici ? Peut-on restituer le signal analogique à partir du signal échantillonné avec le même type de filtre que précédemment ?



TD C06 - Exercice 01

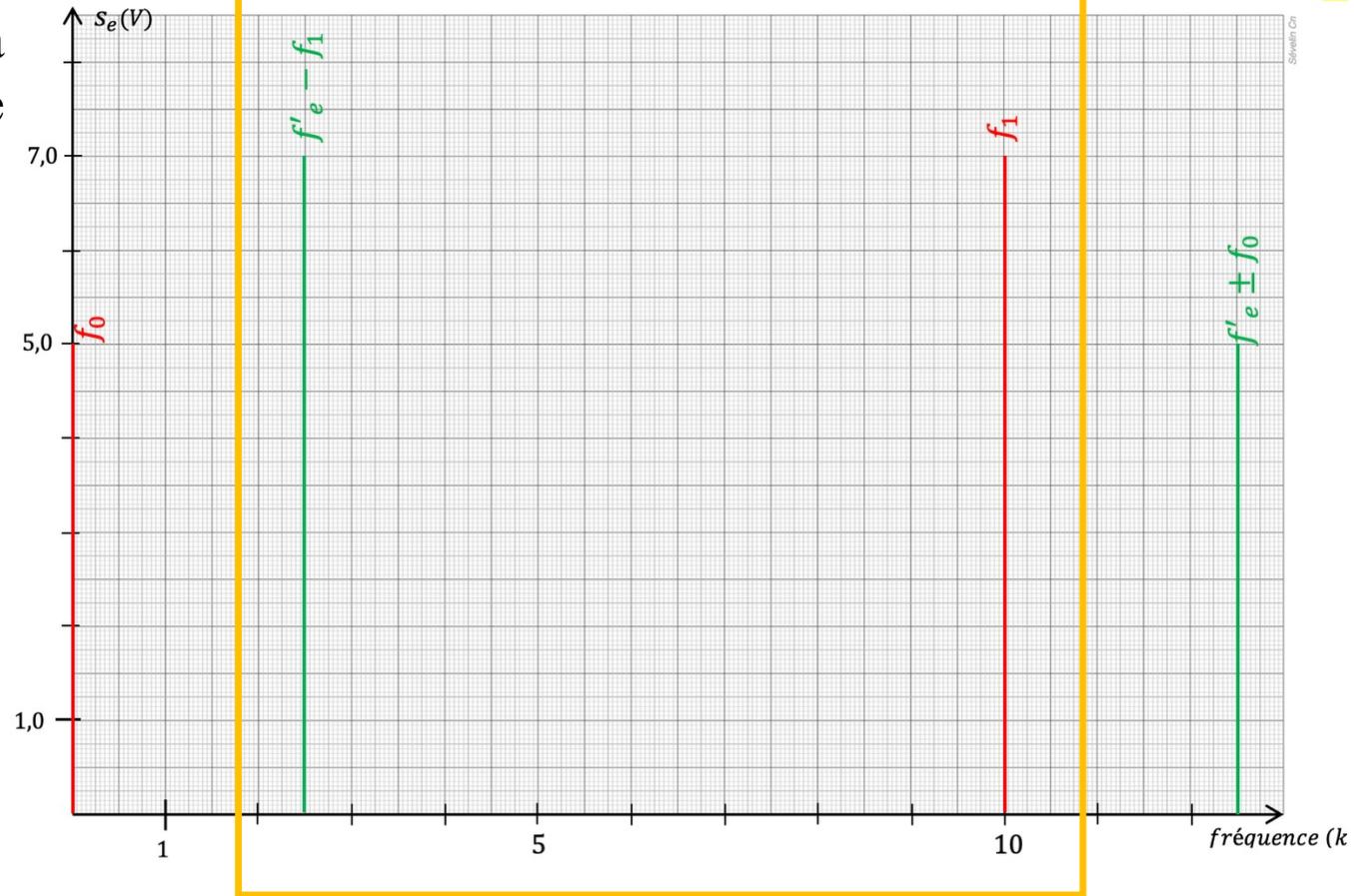
15. Quel phénomène observe-t-on ici ? Peut-on restituer le signal analogique à partir du signal échantillonné avec le même type de filtre que précédemment ?



TD C06 - Exercice 01

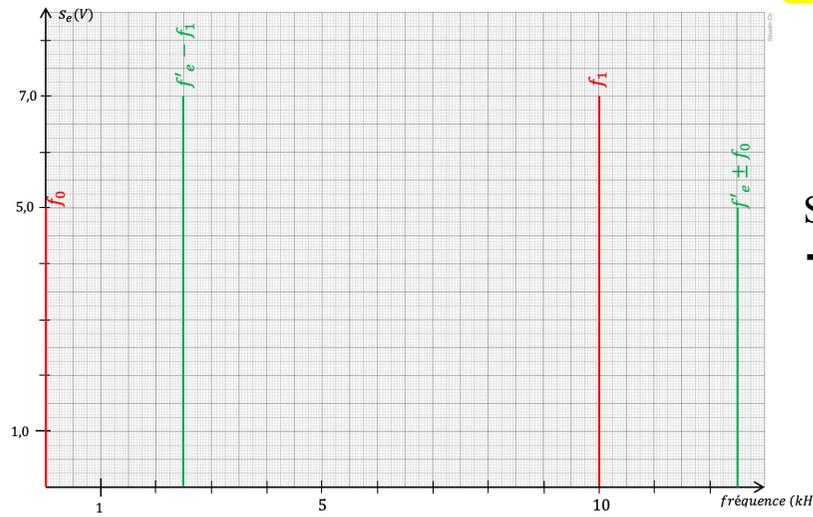
15. Quel phénomène observe-t-on ici ? Peut-on restituer le signal analogique à partir du signal échantillonné avec le même type de filtre que précédemment ?

Il y a repliement du spectre (car la condition de Shannon n'a pas été respectée)

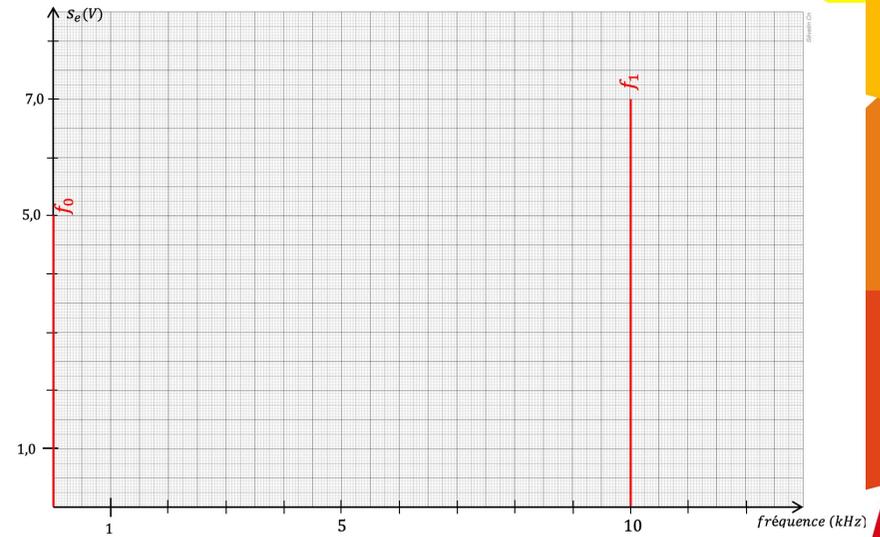


TD C06 - Exercice 01

15. Quel phénomène observe-t-on ici ? Peut-on restituer le signal analogique à partir du signal échantillonné avec le même type de filtre que précédemment ?

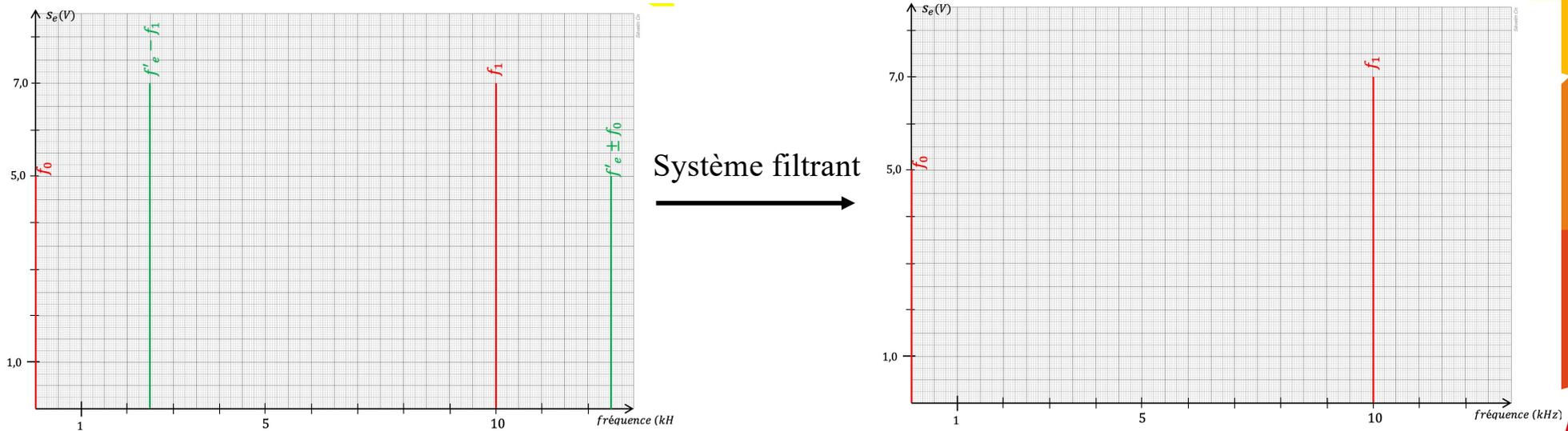


Système filtrant



TD C06 - Exercice 01

15. Quel phénomène observe-t-on ici ? Peut-on restituer le signal analogique à partir du signal échantillonné avec le même type de filtre que précédemment ?



Nous ne pouvons plus restituer le signal analogique d'origine à l'aide d'un filtre passe-bas, à cause du repliement du spectre.

TD C06 - Exercice 01



TD C06 - Exercice 01



TD C06 - Exercice 01

