

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Conception et Industrialisation en Microtechniques

ÉPREUVE E3

Mathématiques et sciences physiques appliquées

UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Documents à rendre avec la copie :

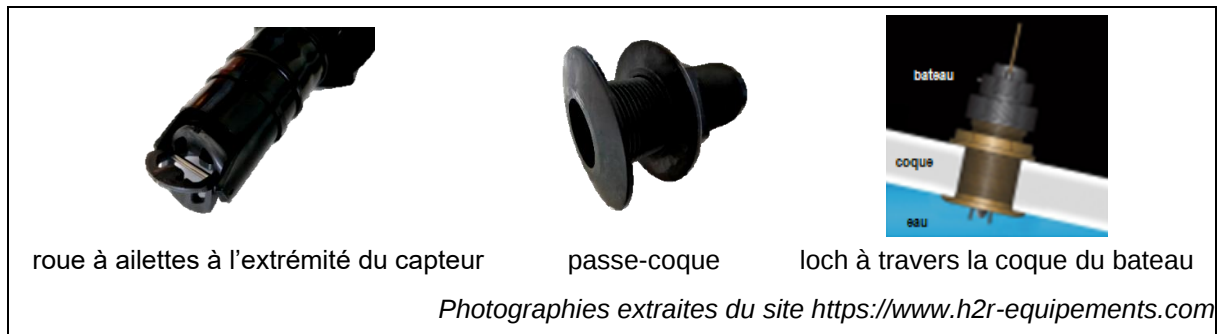
- DOCUMENT RÉPONSE DR1 page 13/14
- DOCUMENT RÉPONSE DR2 page 14/14

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet
et comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 14

Aide à la navigation : étude d'un loch

Le loch est un instrument de mesure donnant la vitesse d'un bateau, exprimée en nœuds. Le nœud correspond à un mille nautique (ou marin) (environ 1852 mètres) parcouru en une heure. Le loch étudié ici est constitué d'une roue à quatre ailettes et est plongé dans l'eau sous le bateau par l'intermédiaire d'un passe-coque rétractable.



Chacune des ailettes comporte un petit aimant noyé dans le plastique, présentant alternativement un pôle Nord et un pôle Sud à proximité d'un capteur à effet Hall. Cela produit une tension alternative $u_1(t)$ dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de rotation de la roue et donc à la vitesse du bateau par rapport à l'eau.

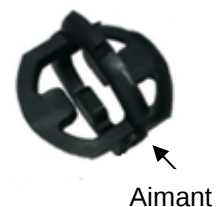
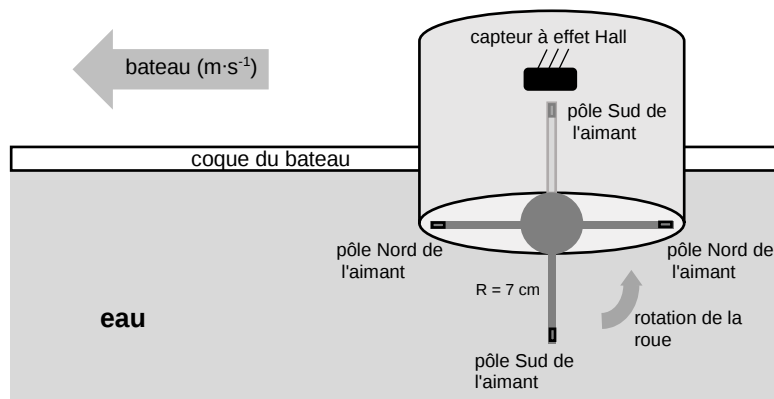
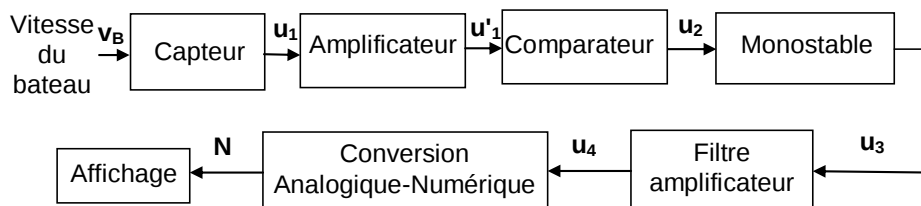


Schéma de principe :



Synoptique du loch :



BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 14

Le sujet comporte trois parties indépendantes.

Partie A : étude du système roue à ailettes et capteur (6 points)

Partie B : étude de la chaîne de traitement du signal électrique (10 points)

Partie C : étude de l'affichage (4 points)

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 14

Partie A : étude du système roue à ailettes et capteur (6 points)

Calcul de la fréquence de rotation de la roue à ailette lors du déplacement du bateau.

On considère une vitesse de déplacement du bateau de 15 nœuds.

Q1. Déterminer la valeur de cette vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

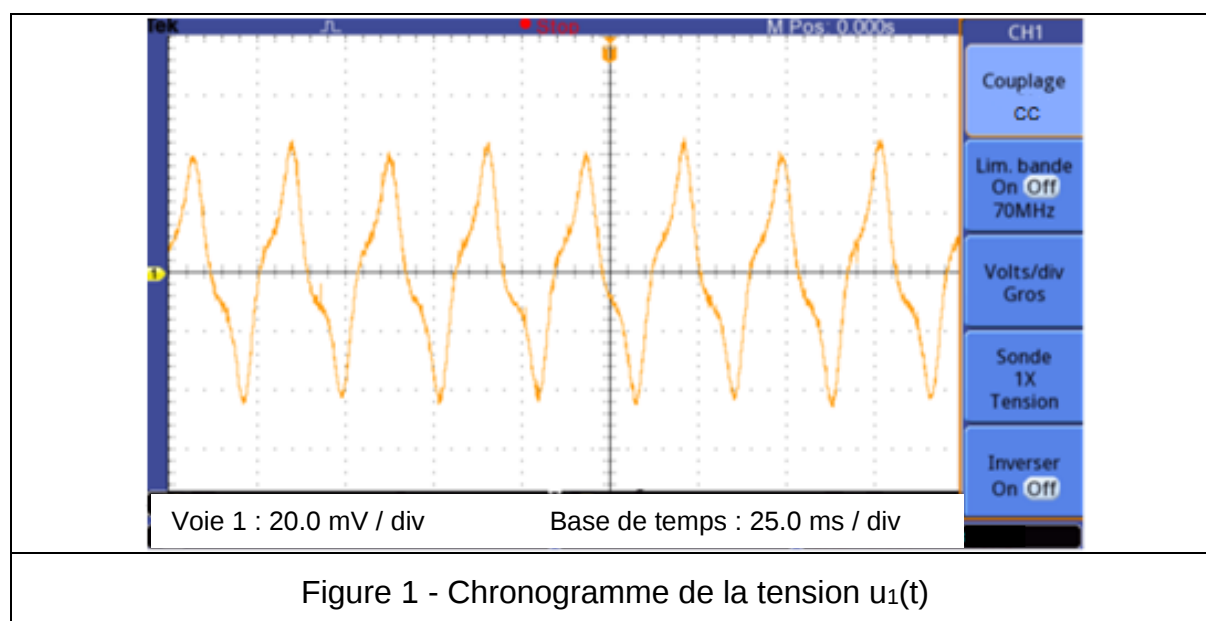
La roue à ailettes a pour rayon $R = 7 \text{ cm}$.

Q2. En déduire que la vitesse de rotation de la roue à ailettes vaut $110 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q3. Calculer la fréquence de rotation correspondante en $\text{tr}\cdot\text{s}^{-1}$.

Conversion de la vitesse de rotation de la roue à ailette du bateau en grandeur électrique.

Le chronogramme de la tension $u_1(t)$ en sortie du capteur à effet Hall, relevé à la vitesse de déplacement du bateau de 15 nœuds, est donné figure 1.



Q4. Déterminer la valeur de la période T de la tension $u_1(t)$.

Q5. En déduire la valeur de sa fréquence f .

Sur le chronogramme de la tension $u_1(t)$, une valeur maximale correspond au passage d'un pôle Sud de l'aimant fixé sur une ailette et une valeur minimale correspond au passage d'un pôle Nord d'un aimant fixé sur l'ailette suivante (deux paires de pôles pour le capteur).

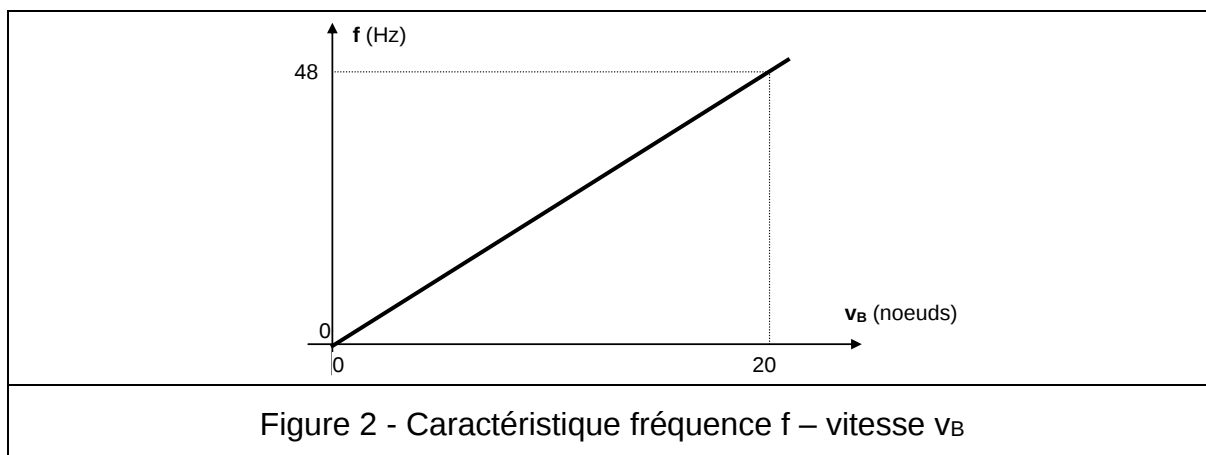
Q6. En déduire que la fréquence de rotation de la roue à ailettes est proche de la valeur déterminée à la question Q3.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 14

Q7. Indiquer comment est modifié le chronogramme de la figure 1 lorsque la vitesse du bateau augmente.

Mesure de la vitesse du bateau.

La caractéristique donnant la fréquence f de la tension $u_1(t)$ en fonction de la vitesse du bateau v_B est représentée figure 2.



Q8. Dédurre de la caractéristique précédente la relation numérique entre f et v_B .

Q9. Calculer la valeur de la vitesse du bateau dans le cas du relevé de la courbe $u_1(t)$ donné figure 1.

Q10. Conclure que l'ensemble roue à ailettes / capteur à effet Hall constitue un transducteur en précisant les signaux physiques d'entrée et de sortie.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 14

Partie B : étude de la chaîne de traitement du signal électrique (10 points)

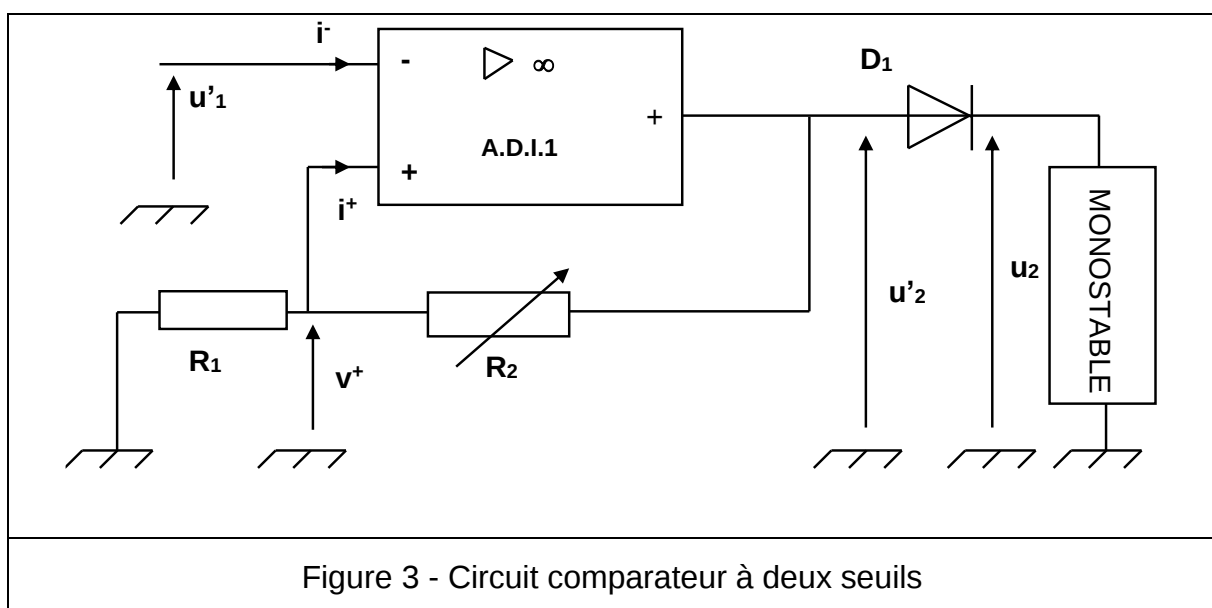
Les amplificateurs différentiels intégrés (A.D.I.) sont considérés comme idéaux et alimentés sous les tensions $\pm V_{CC} = \pm 12 \text{ V}$.

Les tensions de saturation sont $+V_{CC}$ et $-V_{CC}$.

Un circuit qui ne sera pas étudié dans ce sujet permet d'amplifier le signal $u_1(t)$ en une tension $u'_1(t)$ représentée sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1.

Circuit comparateur à 2 seuils.

On souhaite transformer le signal alternatif $u'_1(t)$ en un signal créneau $u_2(t)$, variant entre 0 et 12 V à l'aide du circuit de la figure 3.

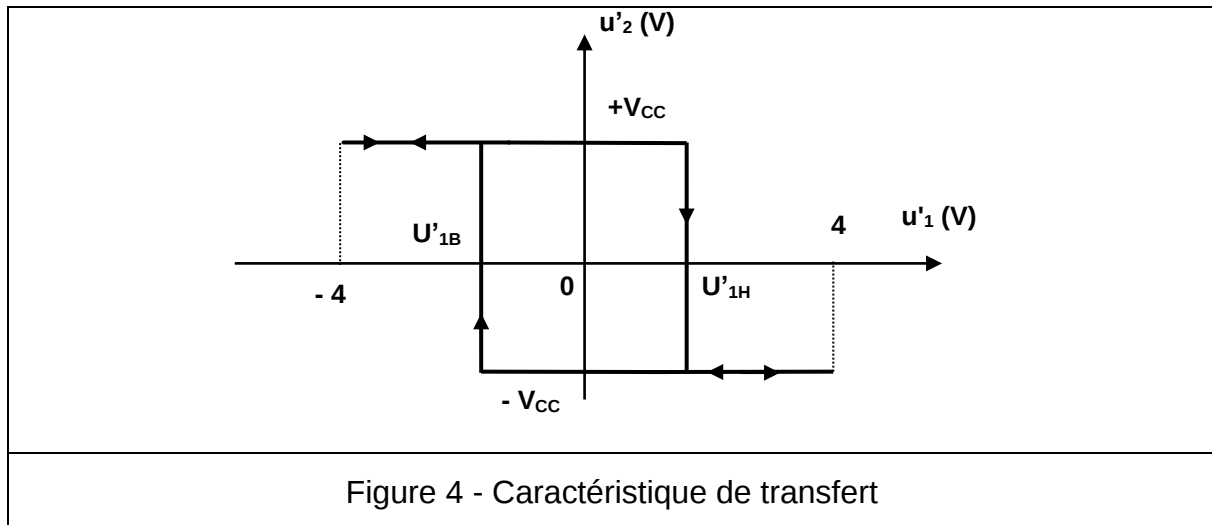


Q11. Donner la relation entre $u'_1(t)$ et v^- , tension entre l'entrée inverseuse et la masse.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 14

Une étude expérimentale a permis d'obtenir la caractéristique de transfert $u'_2 = f(u'_1)$.
Son allure est donnée figure 4.

Attention, les proportions ne sont pas respectées !



Q12. Indiquer le mode de fonctionnement de l'A.D.I.1 en le justifiant.

Q13. Exprimer v^+ en fonction de R_1 , R_2 et u'_2 .

La tension v^+ peut prendre deux valeurs U'_{1B} et U'_{1H} , appelées respectivement tension de seuil bas et tension de seuil haut :

$$U'_{1B} = -V_{CC} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{et} \quad U'_{1H} = V_{CC} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

On donne $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $U'_{1H} = 2 \text{ V}$, $U'_{1B} = -2 \text{ V}$.

Q14. Calculer alors la valeur à laquelle il faut ajuster R_2 .

Q15. Représenter $u'_2(t)$ sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1.

Q16. Indiquer le rôle de la diode D_1 , supposée parfaite.

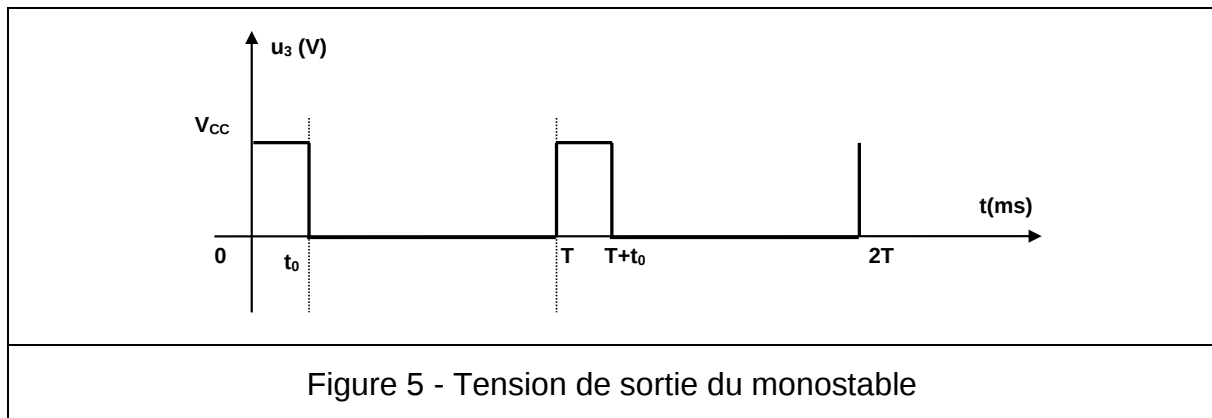
Q17. En déduire le graphe de la tension $u_2(t)$ sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 14

Étude du monostable.

Le signal $u_2(t)$ précédemment obtenu est maintenant utilisé pour déclencher un monostable. La tension de sortie de ce monostable s'appelle $u_3(t)$, de période T égale à celle de $u_1(t)$.

On donne l'allure de la tension $u_3(t)$ sur la figure 5.



On souhaite avoir $\langle u_3 \rangle = k \times f$, où f est la fréquence du signal $u_1(t)$ et $\langle u_3 \rangle$ la valeur moyenne de $u_3(t)$.

Q18. Déterminer l'expression de $\langle u_3 \rangle$ en fonction de T , t_0 et V_{CC} .

Q19. En déduire l'expression de $\langle u_3 \rangle$ en fonction de t_0 , V_{CC} et f .

Q20. Exprimer k en fonction de t_0 et V_{CC} et préciser son unité.

La fréquence f dépend de la vitesse du bateau v_B exprimée en nœuds selon $f = 2,4 \times v_B$. La valeur de t_0 est ajustée pour que $\langle u_3 \rangle = 0,05 \times f$.

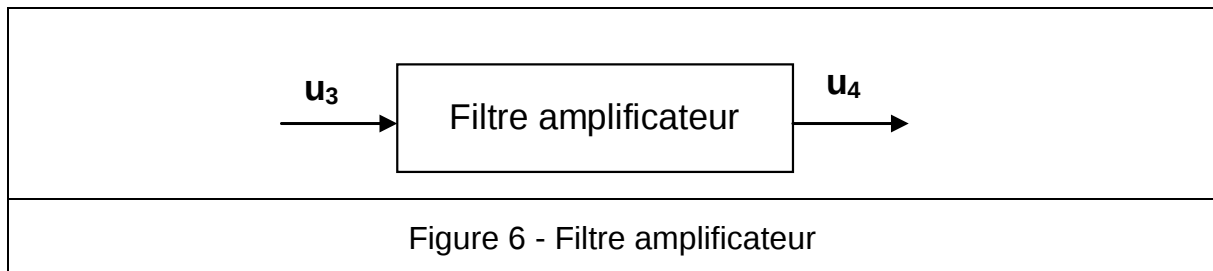
Q21. En déduire que $\langle u_3 \rangle = 0,12 \times v_B$.

Q22. Calculer la valeur moyenne $\langle u_3 \rangle$ de $u_3(t)$ pour la vitesse du bateau de 15 nœuds.

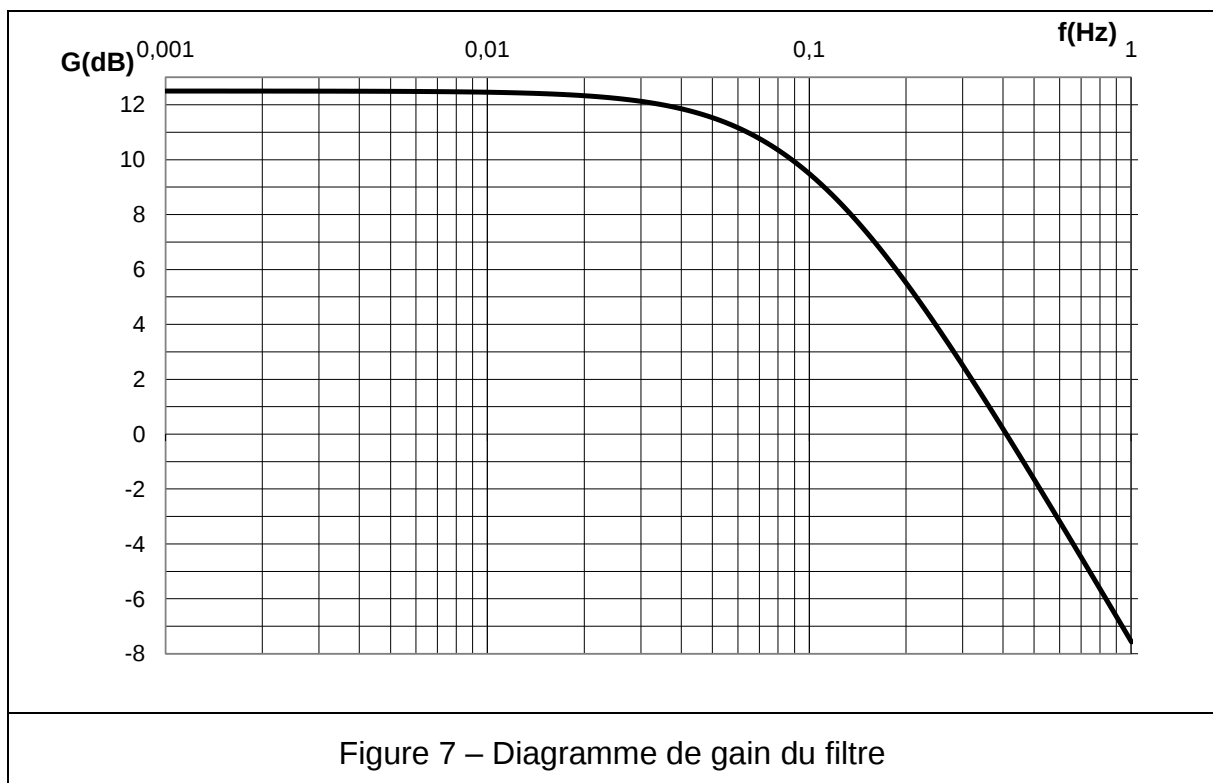
BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 14

Fonction filtrage – amplification de la tension.

Pour obtenir une tension continue u_4 image de la vitesse, la tension $u_3(t)$ est amplifiée et filtrée (figure 6).



On donne le diagramme de gain G du filtre amplificateur en fonction de la fréquence, figure 7.



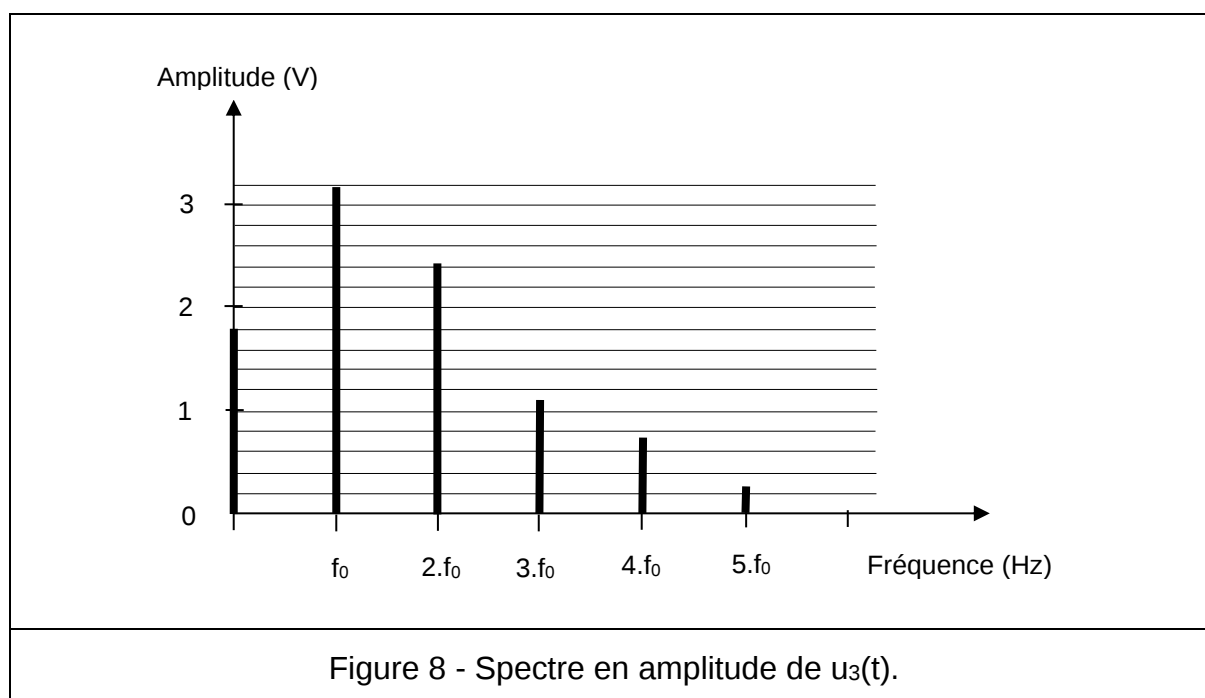
Q23. Préciser le type de filtre utilisé.

Q24. Déterminer graphiquement le gain maximal $G_{\max}$ du filtre.

Q25. Déterminer graphiquement la fréquence de coupure f_c à - 3 dB.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 14

Le spectre en amplitude de $u_3(t)$, avec $f_0 = 36 \text{ Hz}$, est donné figure 8.



Q26. Déterminer, sur le spectre d'amplitude, la valeur moyenne $\langle u_3 \rangle$ du signal $u_3(t)$.

Q27. Indiquer quel appareil permet de mesurer $\langle u_3 \rangle$, en précisant le mode (AC, DC ou AC+DC).

On rappelle que la relation entre l'amplification A et le gain G s'écrit :

$$A = 10^{\frac{G}{20}}$$

Q28. Calculer l'amplification maximale $A_{\max}$ du filtre.

Q29. Préciser l'action du filtre sur la tension $u_3(t)$.

Q30. Montrer alors que la tension $u_4(t)$ est proportionnelle à la vitesse du bateau v_B exprimée en nœuds.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 10 sur 14

Partie C : étude de l'affichage (4 points)

La tension $u_4(t) = 0,5 \times v_B$ (avec v_B exprimée en nœuds) est appliquée à l'entrée d'un convertisseur analogique numérique (C.A.N.) 8 bits.

Une partie de la caractéristique de transfert de ce convertisseur est donnée figure 9.

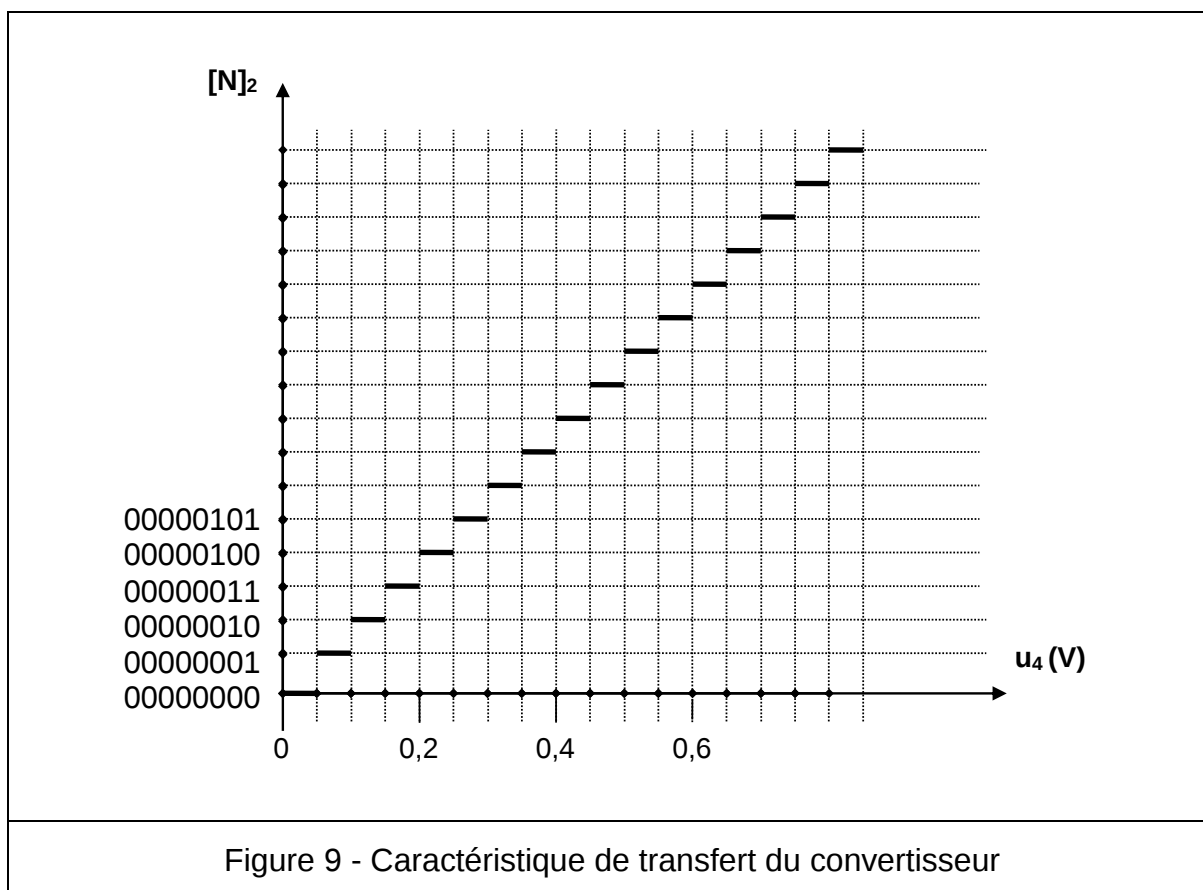


Figure 9 - Caractéristique de transfert du convertisseur

Q31. Indiquer le nombre de valeurs distinctes pouvant être prises par la sortie N de ce convertisseur.

Q32. Identifier quel intervalle de tension $u_4(t)$ correspond au mot binaire 00000101.

Q33. Donner le nom de cet intervalle.

Q34. Justifier que la plus grande valeur de la tension $u_4(t)$ que pourra convertir ce C.A.N. est 12,75 V.

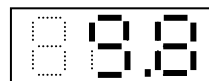
Q35. En déduire la vitesse v_B maximale que pourra convertir ce C.A.N.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 14

Fonctionnement de l'afficheur : quand la mesure de la vitesse est valide, la valeur décimale du mot numérique codé en binaire naturel s'affiche sur trois digits avec un point décimal fixe.

Exemple : pour $N = 98$;

L'utilisateur lit 9,8 nœuds.



Q36. Compléter le tableau de synthèse sur le DOCUMENT RÉPONSE DR2.

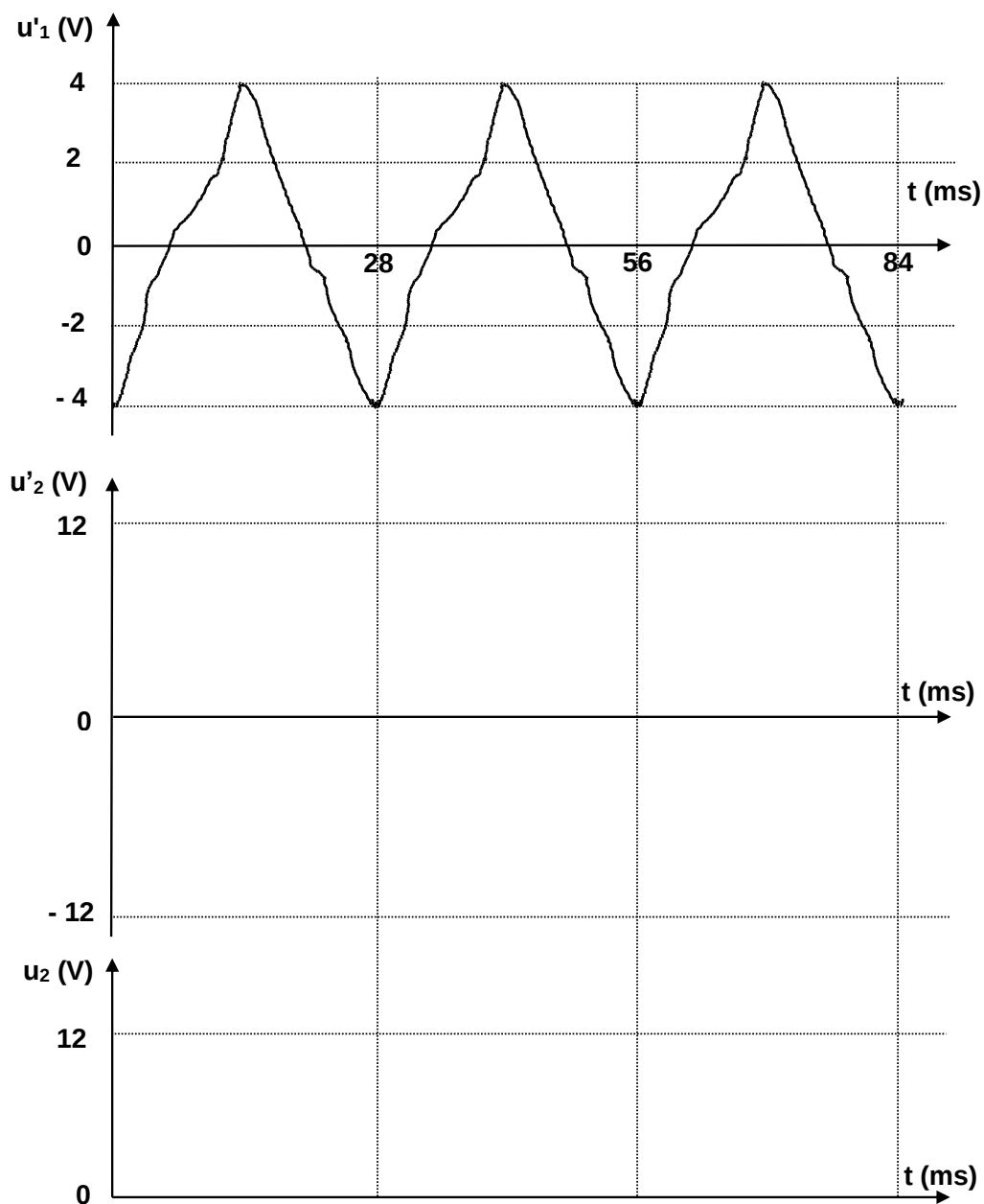
Q37. Conclure pourquoi un affichage sur trois digits est suffisant.

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 12 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE DR1

À rendre avec votre copie

RÉPONSE à Q15 et Q17.



BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 13 sur 14

DOCUMENT RÉPONSE DR2 À rendre avec votre copie
--

RÉPONSE à Q36.

Vitesse (nœuds)	f (Hz)	$\langle u_3 \rangle$ (V)	u_4 (V)	N	Affichage
15	36	1,8			

BTS CIM Unité U32 : sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2024
CODE SUJET : 24CDE3SC	Coefficient : 1,5	Page 14 sur 14

