

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

« Génie Électronique »

Session 2002 SEPTEMBRE

Épreuve : **PHYSIQUE APPLIQUÉE**

Durée de l'épreuve : **4 heures - Coefficient : 5**

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies, Toute réponse devra être justifiée.

SPEEDOMÈTRE :

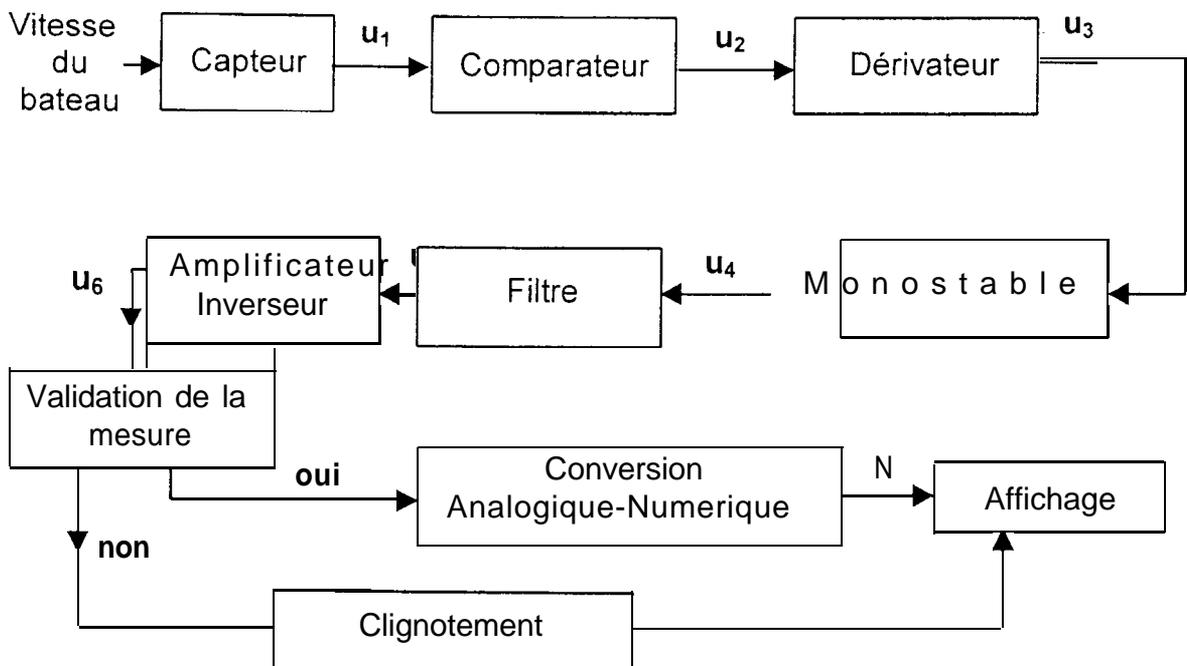
mesure de la vitesse d'un bateau

Un speedomètre, aussi appelé loch, est un instrument de mesure donnant la vitesse d'un bateau, mesurée en nœuds.

Le nœud équivaut à un mille nautique (environ 1852 mètres) parcouru en une heure.

Le speedomètre étudié ici est utilisable dans une plage de vitesse allant de 0 nœuds à 20 nœuds.

Le synoptique du speedomètre est donné ci-dessous :



AVERTISSEMENT :

Les parties 1 à 7 sont indépendantes.

Les Feuilles-Réponses n°1, n°2 et n°3, pages 10, 11 et 72 sont à rendre avec la copie.

Les amplificateurs différentiels intégrés (A. D.I.), considérés comme idéaux, sont alimentés sous les tensions $\pm V_{CC} = \pm 72\text{ V}$. Les tensions de saturation sont $+V_{CC}$ et $-V_{CC}$.

Les diodes sont considérées comme idéales.

1 Étude du capteur

Le capteur est plongé dans l'eau sous le bateau. Il est constitué d'une hélice entraînant un aimant en rotation. Lorsque le bateau se déplace, l'aimant tourne avec l'hélice. Sa rotation devant une bobine fixe induit une tension alternative $u_1(t)$ aux bornes de celle-ci.

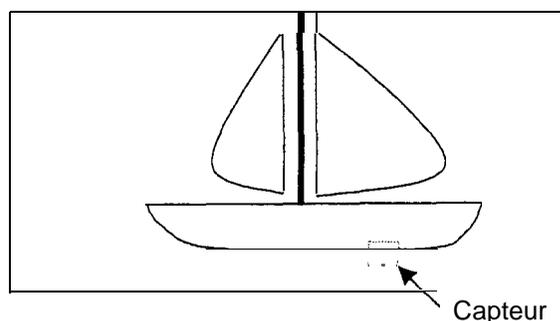


Figure 1

Schéma de principe :

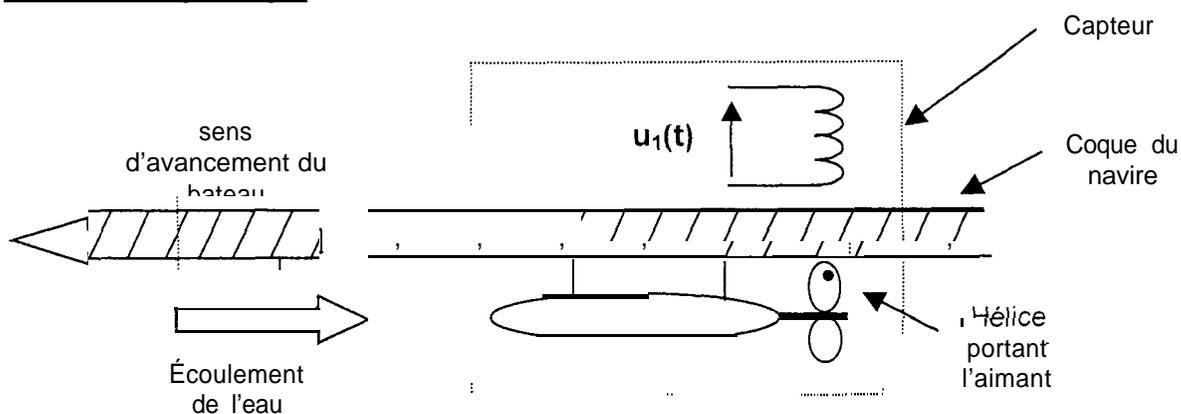


Figure 2

Le chronogramme de la tension $u_1(t)$ aux bornes de la bobine, relevé à la fréquence de rotation de l'hélice $n = 83,3 \text{ tr.s}^{-1}$, est donné ci-dessous.

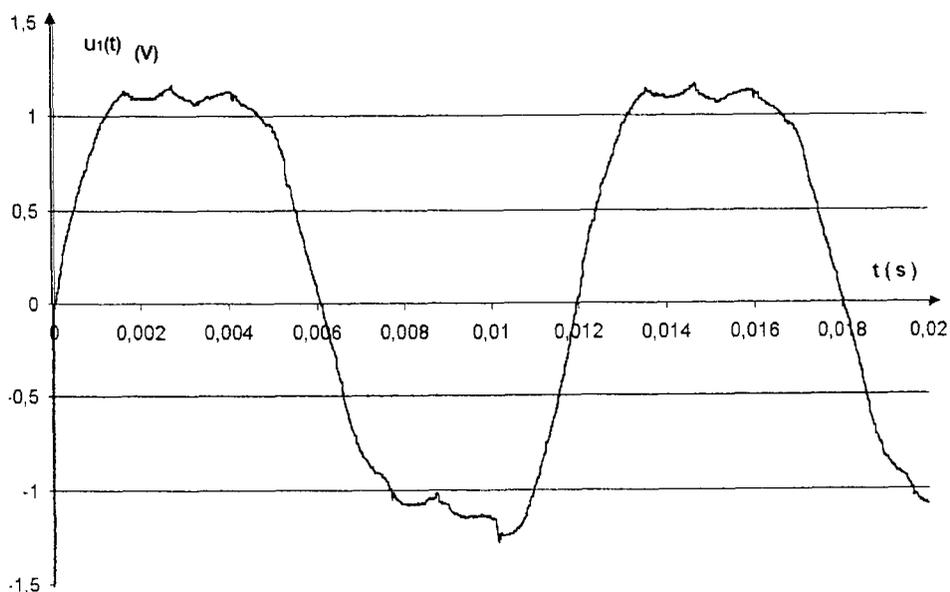
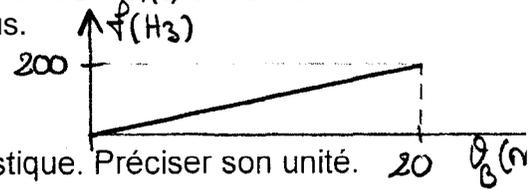


Figure 3

- 1.1 Déterminer la période T de la tension $u_1(t)$. En déduire sa fréquence f .
- 1.2 Donner la relation entre la fréquence f et la fréquence de rotation n de l'aimant. Interpréter physiquement ce résultat.
- 1.3 La caractéristique donnant la fréquence f de la tension $u_1(t)$ en fonction de la vitesse du bateau v_B est représentée ci-dessous.



- 1.3.1 Donner la relation entre f et v_B ?
- 1.3.2 Déterminer la pente a de la caractéristique. Préciser son unité.
- 1.4 Déterminer la valeur de la vitesse du bateau dans le cas du relevé de la courbe $u_1(t)$ donné figure 3 **page 2**, en expliquant la démarche.

2 Montage comparateur

Le capteur génère la tension u_1 . Pour qu'il fonctionne dans de bonnes conditions, le capteur ne doit délivrer qu'un courant de très faible intensité.

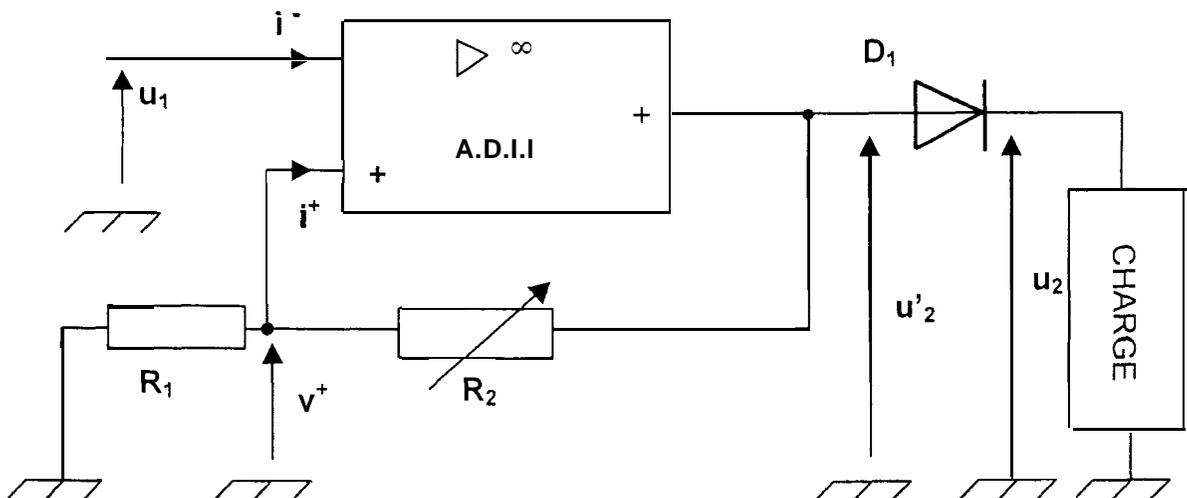


Figure 5

- 2.1 L' A.D.I.1 de la **figure 5** étant considéré comme parfait :
- 2.1.1 Préciser les valeurs numériques des grandeurs suivantes
- Intensité du courant i^+
 - Intensité du courant i^-
 - Tensions de saturation en sortie $\pm V_{SAT}$
- 2.1.2 La condition de bon fonctionnement du capteur est-elle vérifiée ? Justifier.
- 2.2 Que vaut v^- , tension entre l'entrée inverseuse et la masse ?

Une étude expérimentale a permis d'obtenir la caractéristique de transfert $u'_2 = f(u_1)$; son allure est donnée ci-dessous.

Attention, /es proportions *ne sont pas respectées* !

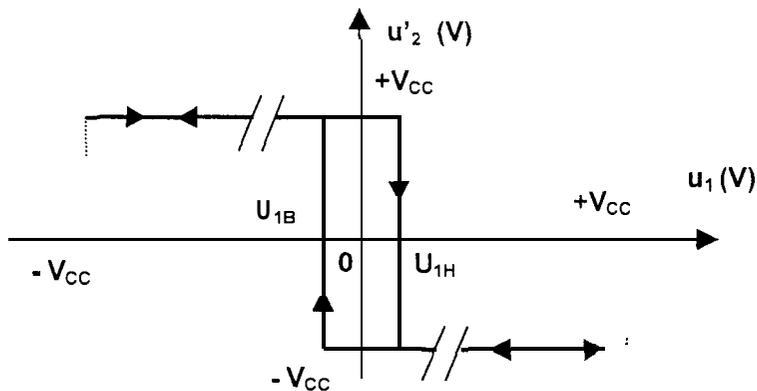


Figure 6

- 2.3 Quel est le nom complet du montage utilisé ici ?
- 2.4 Étude du montage de la figure 5 page 3.
- 2.4.1 Indiquer le mode de fonctionnement de l'A.D.I.1, en le justifiant.
- 2.4.2 Exprimer v^+ en fonction de R_1, R_2 et u'_2 .
- 2.4.3 Après avoir rappelé la condition de basculement d'un comparateur, exprimer les valeurs de U_{1B} et U_{1H} , en fonction de V_{CC}, R_1 et R_2
- 2.4.4 On donne $R_1 = 1 \text{ k}\Omega, U_{1H} = 200 \text{ mV}, U_{1B} = -200 \text{ mV}$. A quelle valeur faut-il ajuster R_2 ?
- 2.5 Tracer $u'_2(t)$ sur le DOCUMENT N°1, page 10.
- 2.6 Quel est le rôle de la diode D_1 , supposée parfaite ? Donner alors le graphe de la tension $u_2(t)$ sur le DOCUMENT N°1, page 10.

3 Étude du dérivateur

3.1 Étude d'une première solution :

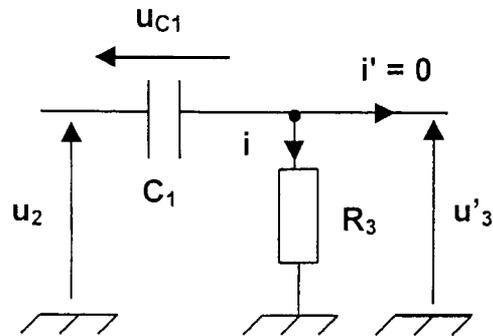


Figure 7

$$R_3 = 100 \text{ k}\Omega ; C_1 = 1 \text{ nF} ; V_{CC} = 12 \text{ V}$$

On prend comme origine des temps ($t = 0$) l'instant où u_2 bascule de 0 V à V_{CC} .

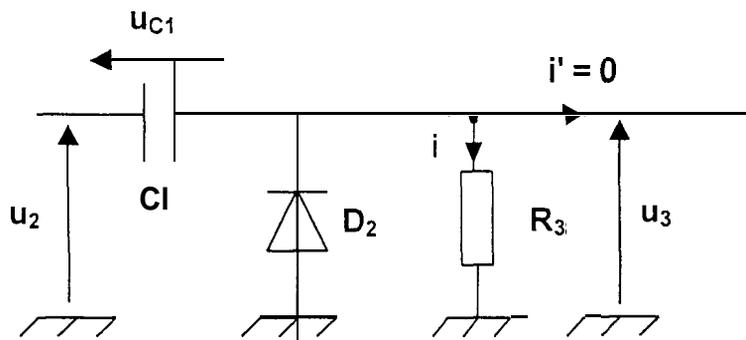
Avant cet instant, le circuit est à l'état de repos : $i = 0 \text{ A}$ et $u_2 = 0 \text{ V}$.

- 3.1.1 Donner les valeurs $u'_3(0)$ et $u_{C1}(0)$, considérées comme valeurs initiales.
- 3.1.2 Donner les valeurs $u_{C1}(0')$ et $u'_3(0')$ prises par ces deux tensions, juste après que $u_2(t)$ ait basculé.
- 3.1.3 Calculer numériquement la valeur de la constante de temps τ de ce montage. Au bout de combien de temps peut-on considérer que le condensateur est chargé ?
- 3.1.4 Quelles sont les valeurs de $u'_3(t)$ et $u_{C1}(t)$ quand le condensateur est totalement chargé ?

À $t = T/2$, le condensateur est considéré totalement chargé. $u_2(t)$ repasse à 0V.

- 3.1.5 Écrire la relation existant alors entre $u'_3(t)$ et $u_{C1}(t)$. En déduire la valeur de $u'_3\left(\frac{T}{2}^+\right)$, valeur prise par $u'_3(t)$ juste après $\frac{T}{2}$.
- 3.1.6 Vers quelle valeur finale tend la tension $u_{C1}(t)$?
En déduire la valeur finale de $u'_3(t)$.
- 3.1.7 En rappelant que T est la période de $u_1(t)$, le choix de R_3 et C_1 est-il compatible avec des charges et des décharges complètes de C_1 ?
- 3.1.8 Représentez $u'_3(t)$ sur le DOCUMENT- N°2, page 11.

3.2 Étude d'une solution avec diode :

**Figure 8**

La diode D_2 est supposée parfaite.

3.2.1 Quelle est l'action de D_2 ?

3.2.2 Représenter $u_3(t)$ sur le **DOCUMENT N°2, page 11**.

4 Étude de la fonction monostable

Le signal $u_3(t)$ précédemment étudié est maintenant utilisé pour déclencher un montage monostable. La tension de sortie de ce bloc fonctionnel s'appelle $u_4(t)$. On donne l'allure de la tension $u_4(t)$, de période $T = 5$ ms, sur le **DOCUMENT N°3, page II**.

On précise que la durée propre du monostable est $t_0 = 4$ ms

4.1 Remplir la ligne d'état sur le **DOCUMENT N°3 page 11**, en indiquant l'état stable (S) ou instable (I) du monostable pour :
 $0 < t < t_0$ et $t_0 < t < T$.

On souhaite avoir $\langle u_4 \rangle = k.f$, où f est la fréquence du signal $u_1(t)$.

4.2 Déterminer l'expression de la valeur moyenne $\langle u_4 \rangle$ de $u_4(t)$ en fonction de T , t_0 et V_{CC} .

4.3 En déduire son expression en fonction de t_0 , V_{CC} et f .

4.4 Calculer la valeur numérique de k , en précisant son unité.

4.5 On rappelle que les deux valeurs limites mesurables de la vitesse de ce bateau sont 0 **noeuds** et 20 **noeuds**. Donner pour ces deux limites les valeurs de la fréquence f et de la valeur moyenne $\langle u_4 \rangle$.

4.6 Peut-on prendre comme durée propre du monostable $t_0 = 6$ ms ? Pourquoi ?

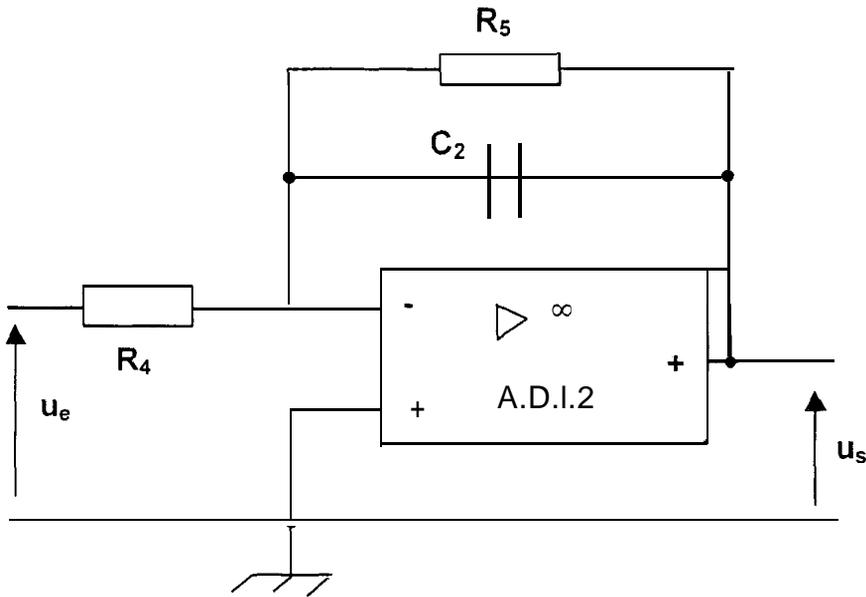


Figure 9

5 Étude du filtre actif

5.1 Quel est le mode de fonctionnement de l'A.D.I. 2 ? Justifier.

5.2 Étude en régime harmonique :

La tension d'entrée imposée $u_e(t)$ est sinusoïdale, de pulsation ω .

5.2.1 Établir la fonction de transfert, en écriture complexe, $\underline{T} = \frac{U_s}{U_e}$ en fonction de R_4 , R_5 , ω et C_2 .

5.2.2 Montrer que \underline{T} peut se mettre sous la forme :

$$\underline{T} = T_{\text{MAX}} \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}}$$

Expliciter T_{MAX} et ω_c en fonction de R_4 , R_5 et C_2 .

5.2.3 Lorsque $\omega = 0$, donner l'expression de \underline{T} . En déduire T_0 et G_0 les expressions du module de \underline{T} et du gain G en $\omega = 0$

5.2.4 On donne $R_4 = 9,6 \text{ k}\Omega$ et $R_5 = 10 \text{ k}\Omega$. Calculer les valeurs numériques de T_0 et G_0 .

5.2.5 Lorsque $\omega \rightarrow \infty$, rappeler le schéma équivalent d'un condensateur. En déduire la valeur de u_s en justifiant la réponse.

5.2.6 Quel type de filtre est réalisé par ce montage ?

5.2.7 D'après le diagramme de gain en fonction de la fréquence, fourni sur le DOCUMENT N°4 page 12, déterminer graphiquement la fréquence de coupure f_c .

- 5.3 La tension de sortie $u_4(t)$ est maintenant appliquée à l'entrée du filtre. On appelle $u_5(t)$ la tension de sortie du filtre actif étudié ci-dessus. On se reportera au synoptique de la page 1.
La décomposition harmonique de $u_4(t)$, limitée aux quatre premiers termes, peut s'écrire :

$$u_4(t) = U_m + \hat{U}_{41} \cdot \sin(\omega t + \phi_1) + \hat{U}_{42} \cdot \sin(2\omega t + \phi_2) + \hat{U}_{43} \cdot \sin(3\omega t + \phi_3)$$

5.3.1 Comment s'appelle chacun des deux premiers termes ?
Quel appareil permet de mesurer U_m ? Préciser le mode d'utilisation.

5.3.2 Sachant que $\omega \gg \omega_c$, quel est le rôle du filtre ? En tenant compte des résultats des questions 5.2.3 et 5.2.6, donner l'expression de u_5 .

5.3.3 On rappelle que $R_4 = 9,6 \text{ k}\Omega$ et $R_5 = 10 \text{ k}\Omega$. Calculer le domaine de variation de u_5 , pour la plage de vitesse mentionnée par le constructeur.

6 Validation de la mesure

D'après le constructeur, la vitesse mesurable est comprise entre 0 et 20 noeuds.

- 6.1** Quel est le signe de la valeur moyenne $\langle u_4 \rangle$?
En déduire le signe de u_5 .

La tension u_5 est appliquée à l'entrée d'un amplificateur inverseur de facteur d'amplification -1 . Sa tension de sortie est u_6 .

- 6.2** On souhaite détecter le dépassement de u_6 à la valeur 10 V .
Proposer le schéma d'un montage réalisant cette fonction.

7 Conversion Analogique-Numérique

La tension u_6 est appliquée à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique C.A.N **8 bits**.

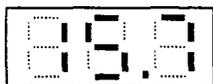
Une partie de la caractéristique de transfert de ce convertisseur est donnée
DOCUMENT N°5 page 12.

- 7.1** Quel est le nombre de valeurs distinctes pouvant être prises par la sortie **N** de ce convertisseur ? Justifier.
- 7.2** Donner la définition du quantum **q** et déterminer sa valeur. Quel intervalle de tension u_6 correspond au mot binaire 00100111 ?

8 Synthèse.

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 3 digits avec un point décimal fixe.

Exemple : pour $N = 157$;
l'utilisateur lit 15,7 noeuds.



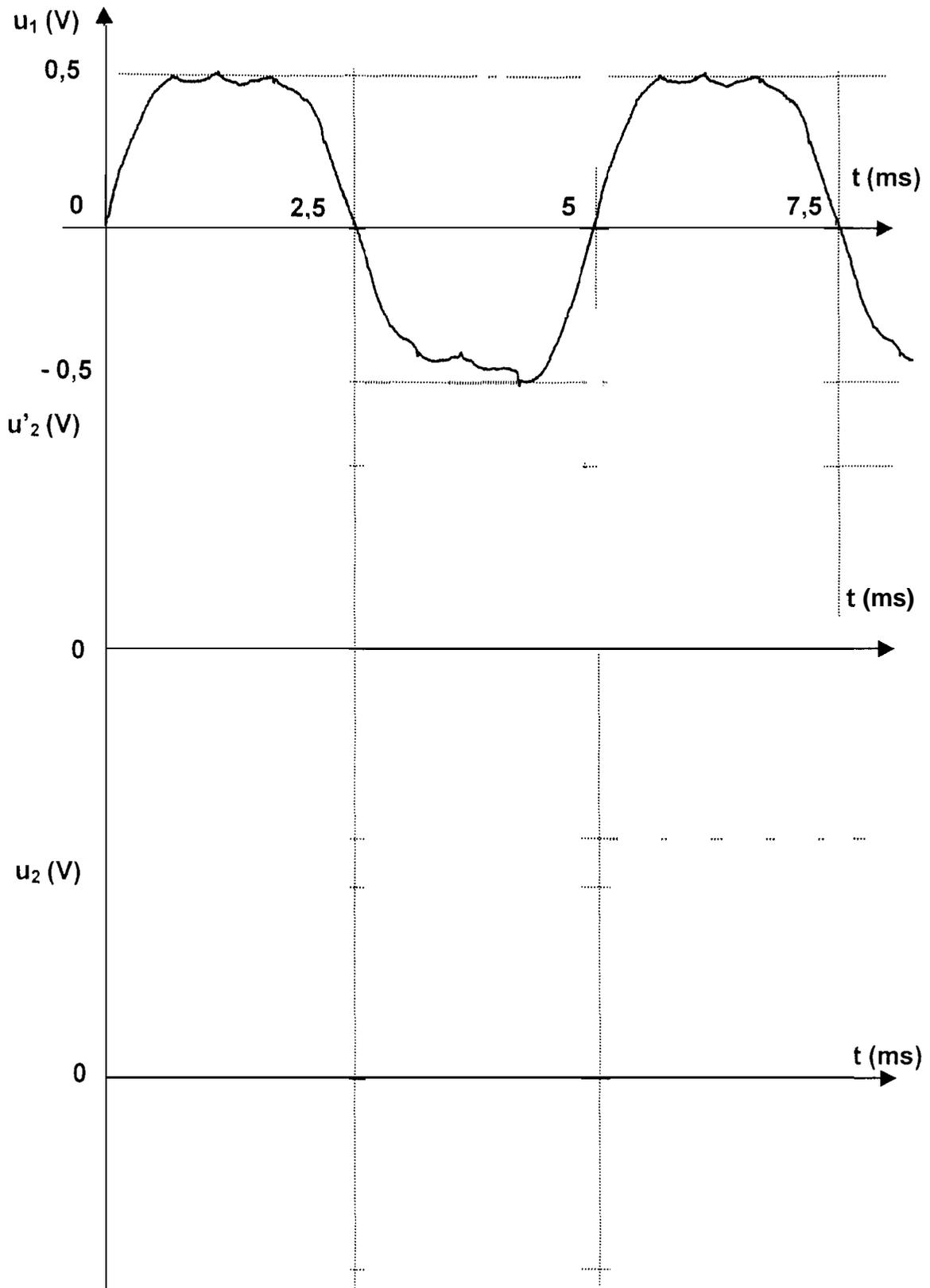
Si la mesure effectuée n'est pas compatible avec la gamme d'utilisation de l'appareil, on admettra que l'affichage se met à clignoter, ceci étant géré par une logique interne à un dispositif non étudié ici.

Reproduire sur votre copie et compléter le tableau suivant pour deux vitesses d'avancement du bateau :

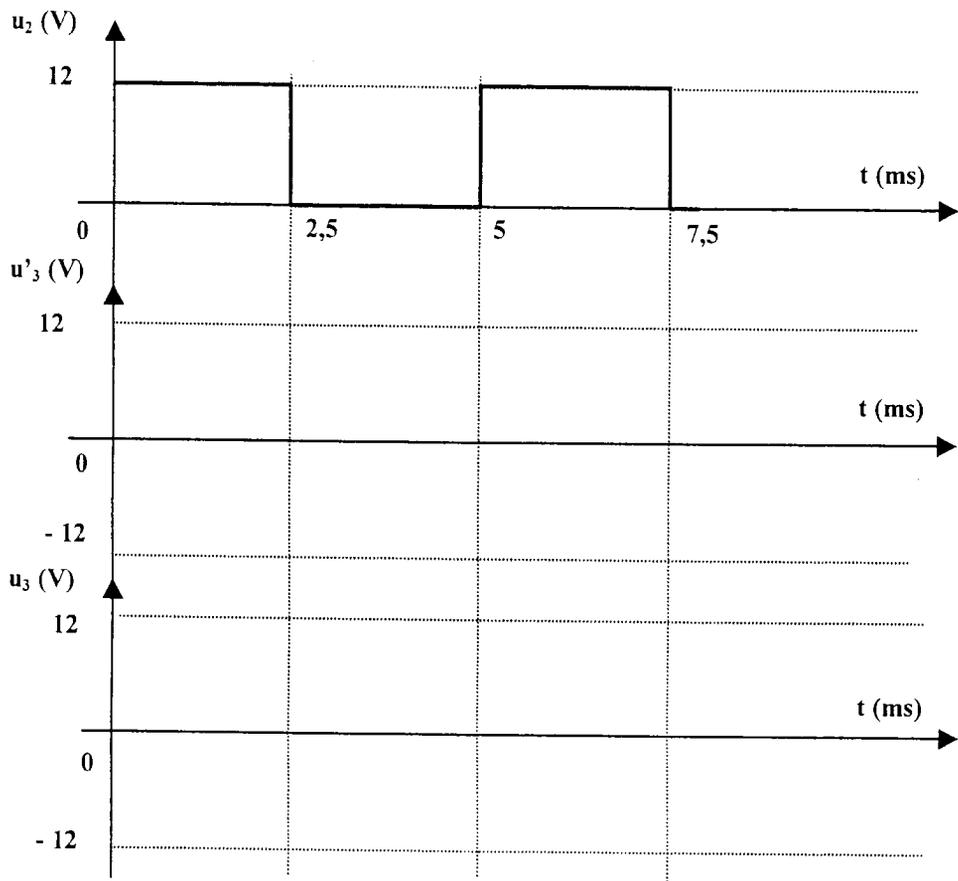
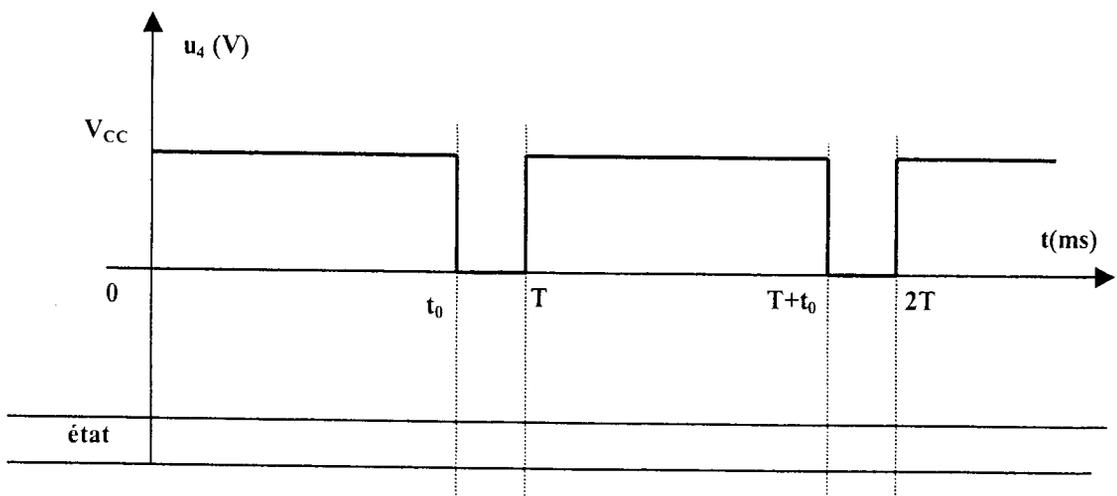
Vitesse (nœuds)	f	$\langle u_4 \rangle$	u_6	N	Affichage
8,6					
23,4					

FEUILLE-RÉPONSE N°1

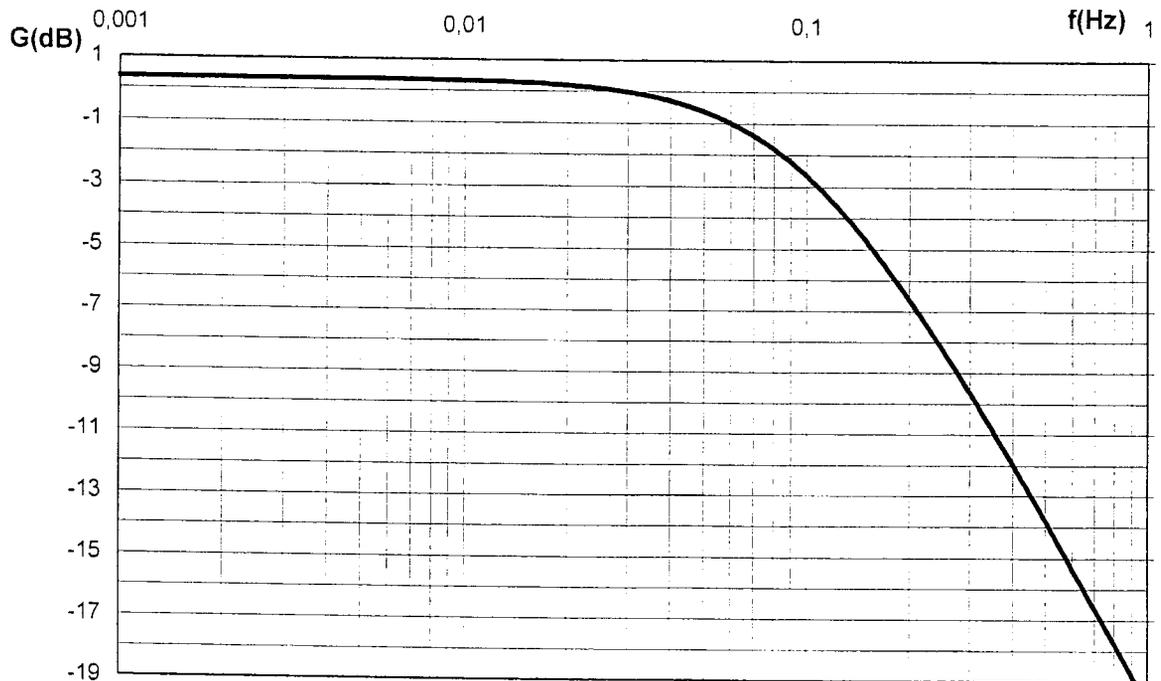
DOCUMENT N°1



FEUILLE-RÉPONSE N°2

DOCUMENT N°2DOCUMENT N°3

FEUILLE-RÉPONSE N°3

DOCUMENT N°4DOCUMENT N°5