

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

### « Génie Électronique »

Session 2005

## Épreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient : 5

*L'usage d'une calculatrice est autorisé.*

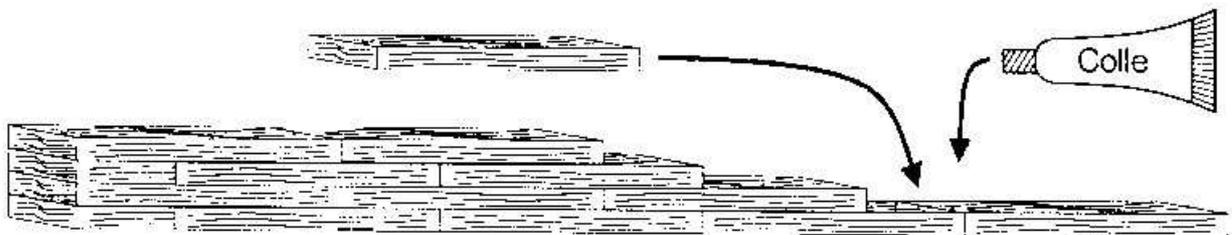
**Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.**

**Les documents réponses 1 à 4 sont à rendre avec la copie.**

*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.*

## Tri de lamelles de bois dans l'industrie du lamellé-collé

Les poutres en **lamellé-collé**, utilisées dans la construction de grands édifices (gymnases, salles de conférences, hangars de stockage, ateliers industriels), sont constituées d'une grande quantité de lamelles de bois assemblées entre elles par une colle polyuréthane comme le montre la figure ci-dessous :



Afin d'assurer un bon assemblage des différentes lamelles, celles-ci doivent présenter des caractéristiques hygrométrique et mécanique proches. A cette fin, on effectue deux types de tri au début de la chaîne d'assemblage :

- un premier tri permet de déterminer si le taux d'hygrométrie relatif est satisfaisant ;
- un deuxième tri permet de juger si le module d'élasticité est satisfaisant.

Aucune connaissance particulière sur ces deux grandeurs n'est exigée.

Les lamelles de bois ne répondant pas aux critères de tri sont éliminées de la chaîne d'assemblage et recyclées dans d'autres productions.

### Indications :

- Les valeurs instantanées des grandeurs variables au cours du temps sont notées  $v$  pour  $v(t)$ ,  $i$  pour  $i(t)$ , ...
- Tous les composants sont considérés comme parfaits :
  - les circuits intégrés ont une impédance d'entrée infinie et une impédance de sortie nulle ;
  - les tensions de saturation des amplificateurs opérationnels sont confondues avec les tensions d'alimentation.
- Les tensions d'alimentation sont les suivantes :

Pour les amplificateurs opérationnels :  $+V_{DD} = \pm 12 \text{ V}$ .

Pour les circuits logiques :  $V_{DD} = 12 \text{ V}$ .

Les documents réponses 1 à 4 sont à rendre avec la copie.

## 1<sup>re</sup> Partie : Tri par détermination du taux d'hygrométrie des lamelles de bois

Le taux d'hygrométrie relatif **HR** est le rapport entre la masse d'eau contenue dans du bois et la masse du bois anhydre (lorsque le bois ne contient pas d'eau). Ce taux d'hygrométrie s'exprime en %.

Pour l'assemblage des lamelles, il doit être compris entre **12 %** et **16 %**.

Le tri des lamelles en fonction du taux d'hygrométrie relatif s'effectue suivant le principe de la **Figure 1**.

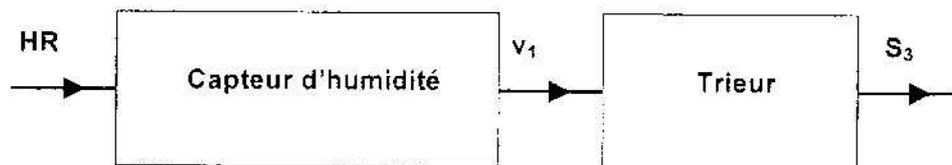


Figure 1

### 1. Étude du capteur

La conductance du bois dépend du taux d'hygrométrie **HR**. Afin de déterminer ce taux d'hygrométrie, on mesure l'intensité du courant qui circule entre deux électrodes (aiguilles en acier espacées de **3 cm**) plantées dans la lamelle (voir **Figure 2**).

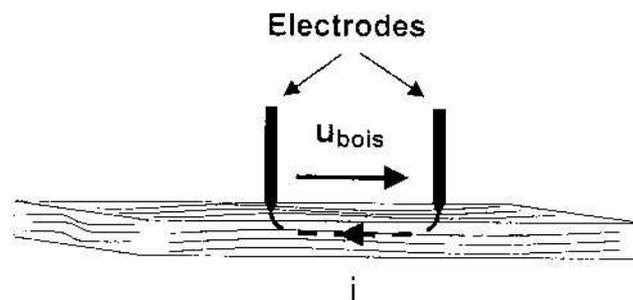


Figure 2

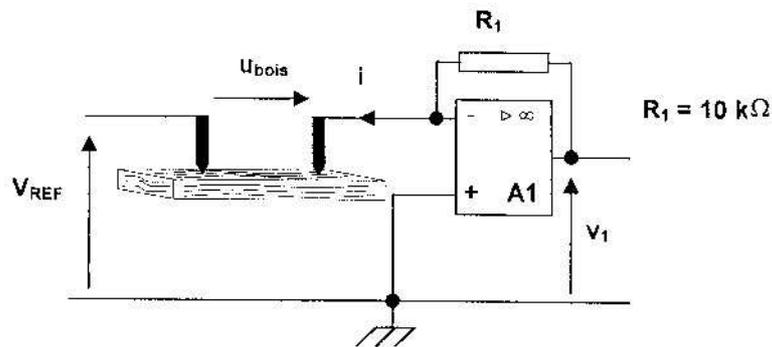
La courbe donnant la conductance **G** (en  $\Omega^{-1}$ ) pour **3 cm** de bois en fonction du taux d'hygrométrie relatif **HR** (en %) est donnée sur le **Document réponse 1 page 11**.

Pour **HR = 12 %** et **HR = 16 %** :

1.1. Déterminer les valeurs **G(12%)** et **G(16%)**.

1.2. En déduire les valeurs correspondantes de l'intensité du courant **i** si une tension constante de **9 V** est appliquée entre les deux électrodes.

Le circuit permettant de mesurer le taux d'hygrométrie de la lamelle de bois est représenté **Figure 3**.

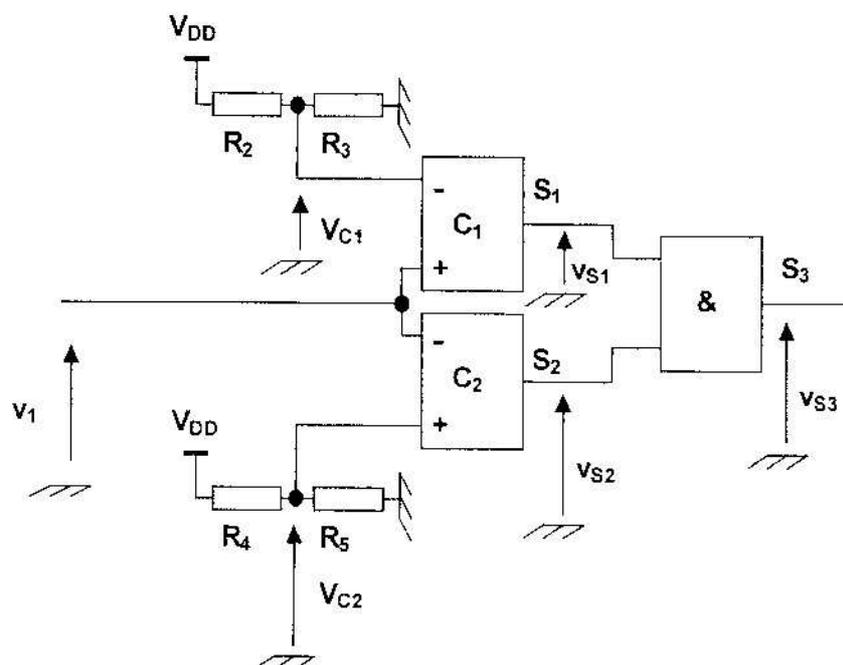


**Figure 3**

- 1.3. Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel A1 représenté sur la **Figure 3** ? Justifier la réponse.
- 1.4. Etablir la relation entre  $V_{REF}$  et  $u_{bois}$  (**Figure 3**).
- 1.5. Etablir la relation entre  $v_1$  et  $i$  (**Figure 3**).
- 1.6. On donne  $V_{REF} = -9\text{ V}$ .  
Calculer  $V_1(12\%)$  et  $V_1(16\%)$  les valeurs respectives de  $v_1$  pour  $HR = 12\%$  et  $HR = 16\%$ .
- 1.7. Comparer la valeur de  $v_1$  à  $V_1(12\%)$  pour  $HR < 12\%$ .  
Comparer la valeur de  $v_1$  à  $V_1(16\%)$  pour  $HR > 16\%$ .

## 2. Étude du trieur

La tension  $v_1$  est appliquée au circuit **Figure 4**.



**Figure 4**

Les circuits  $C_1$  et  $C_2$  sont des comparateurs alimentés entre 0 et  $V_{DD}$ .

### 2.1. Seuils de basculement

- 2.1.1 Exprimer  $V_{C1}$  puis  $V_{C2}$  en fonction de  $V_{DD}$  et des résistances du montage.
- 2.1.2 On souhaite obtenir  $V_{C1} = 0,25 \text{ V}$ . On donne  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ . Calculer la valeur de  $R_2$ .
- 2.1.3 Tracer la caractéristique de transfert  $v_{s1} = f(v_1)$  du comparateur  $C_1$  sur le **Document réponse 1 page 11**. En déduire si ce comparateur fonctionne en inverseur ou non.
- 2.1.4 On donne  $R_4 = 38 \text{ k}\Omega$  et  $R_5 = 10 \text{ k}\Omega$ . Calculer la valeur de  $V_{C2}$ .
- 2.1.5 Tracer la caractéristique de transfert  $v_{s2} = f(v_1)$  du comparateur  $C_2$  sur le **Document réponse 1 page 11**. En déduire dans ce cas si le comparateur fonctionne en inverseur ou non.

### 2.2. Etude de la variable logique $S_3$

On adopte pour toute la suite  $V_{C1} = 0,25 \text{ V}$  et  $V_{C2} = 2,50 \text{ V}$ .

À  $v_{S3} = 0 \text{ V}$ , on associe le niveau logique  $S_3 = 0$ , et à  $v_{S3} = 12 \text{ V}$ , le niveau logique  $S_3 = 1$ .

- 2.2.1 Pour  $v_1 < 0,25 \text{ V}$ , donner la valeur de  $S_3$ .
- 2.2.2 Pour  $v_1 > 2,5 \text{ V}$ , donner la valeur de  $S_3$ .
- 2.2.3 Pour  $0,25 \text{ V} < v_1 < 2,5 \text{ V}$ , donner la valeur de  $S_3$ .
- 2.2.4 Tracer la caractéristique de transfert du montage trieur  $S_3 = f(v_1)$  sur le **Document réponse 1 page 11**.
- 2.2.5 En déduire la valeur de  $S_3$  lorsqu'une lamelle est sélectionnée.

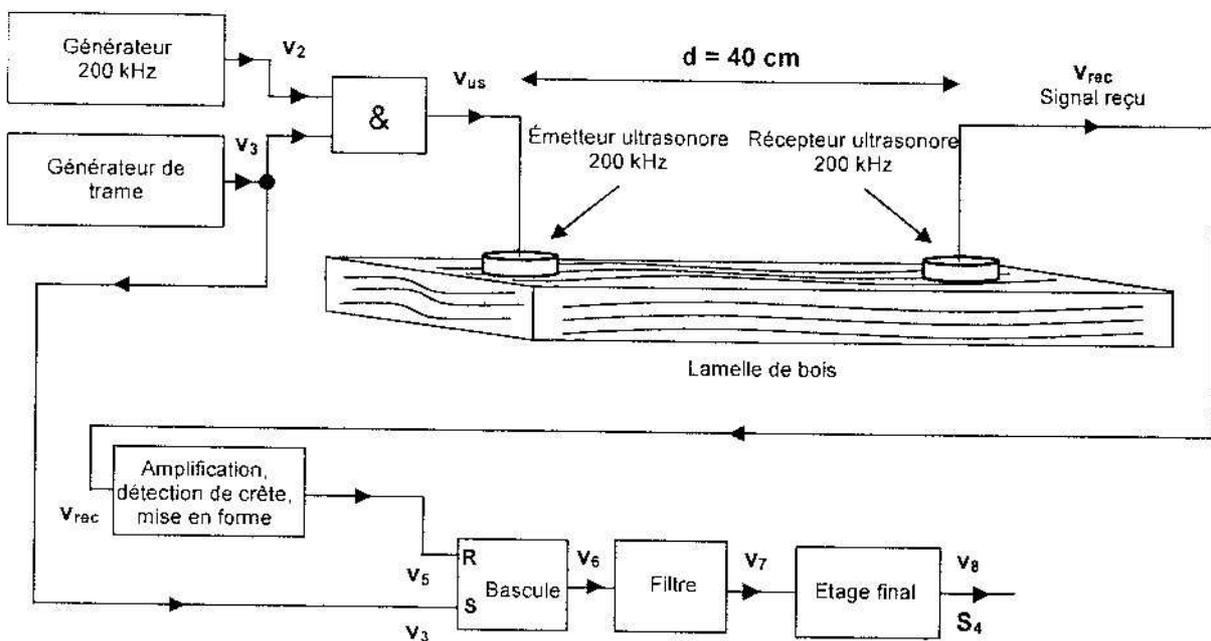
## 2<sup>e</sup> Partie : Tri par détermination du module d'élasticité des lamelles de bois

Un bois peut présenter des micro fissures de manière naturelle. Celles-ci réduisent ses qualités mécaniques.

Pour déterminer si les qualités mécaniques (module d'élasticité) conviennent, on mesure la vitesse de propagation d'une onde acoustique dans une lamelle de bois. Pour la fabrication de lamellé-collé en épicéa, cette vitesse  $V$  doit être supérieure à 4000 m/s.

### 1. Étude générale

Le synoptique de la fonction tri est représenté **Figure 5**.



**Figure 5**

200

L'onde acoustique est produite par un émetteur d'ultrasons à  $200 \text{ kHz}$ .

L'émetteur et le récepteur sont placés à une distance  $d = 40 \text{ cm}$  l'un de l'autre, sur la lamelle à tester.

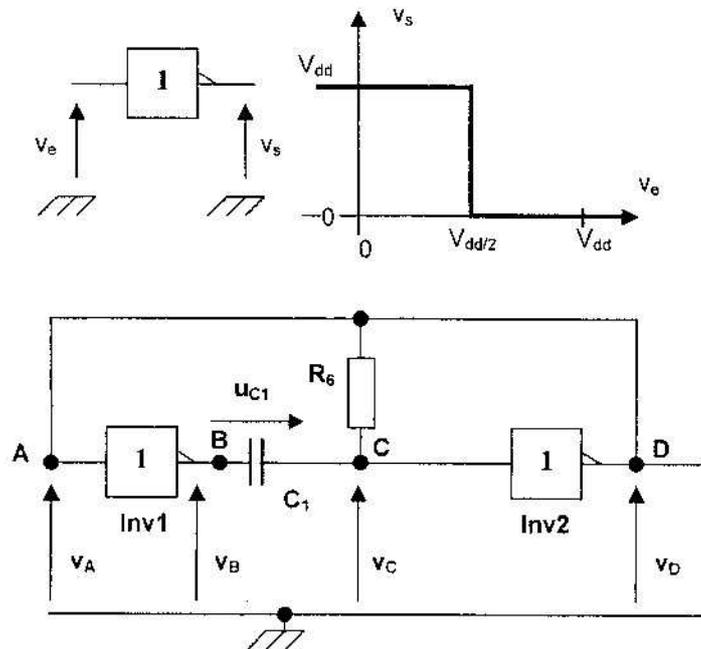
On suppose que l'onde ultrasonore se propage en ligne droite de l'émetteur au récepteur.

- 1.1. Calculer le temps de propagation  $t_{plim}$  de l'onde acoustique entre l'émetteur et le récepteur pour la vitesse limite  $V_{lim} = 4000 \text{ m/s}$ .
- 1.2. Comparer le temps de propagation  $t_p$  de l'onde à la valeur  $t_{plim}$  précédente pour une lamelle jugée apte (vitesse de propagation supérieure à  $4000 \text{ m/s}$ ).

## 2. Étude de l'oscillateur 200 kHz

Le schéma de l'oscillateur 200 kHz est donné **Figure 6**.

Le montage utilise des portes inverseuses dont la caractéristique de transfert est donnée ci-dessous.



**Figure 6**

- 2.1. Quelles sont les valeurs possibles pour les tensions  $v_A$  et  $v_B$  ?
- 2.2. Ecrire la relation entre les tensions  $v_B$ ,  $v_C$  et  $u_{C1}$ .
- 2.3. À l'instant  $t = 0$ , la tension de sortie de la porte **Inv2** bascule de 0 à  $+V_{DD}$ .
  - 2.3.1 En déduire les valeurs de  $v_C$  et  $v_B$  à l'instant  $t = 0^-$  ( $t = 0^-$  correspondant à l'instant juste avant le basculement de la porte **Inv2**).  
Montrer que la valeur de  $u_{C1}$  à  $t = 0^-$  est  $u_{C1} = -6 \text{ V}$ .
  - 2.3.2 Donner la valeur de  $u_{C1}$  à  $t = 0^+$  ( $t = 0^+$  correspondant à l'instant juste après le basculement de la porte **Inv2**). Justifier la réponse.
  - 2.3.3 Déterminer les valeurs de  $v_A$  et  $v_B$  à l'instant  $t = 0^+$ .
  - 2.3.4 Déduire des questions précédentes la valeur de  $v_C$  à l'instant  $t = 0^+$ .
  - 2.3.5 Représenter le circuit de charge du condensateur à l'instant  $t = 0^+$  en indiquant les tensions  $u_{C1}$ ,  $v_C$  et les valeurs prises par  $v_A$  et  $v_B$ .

- 2.3.6 Vers quelle valeur tend alors la tension  $u_{C1}$  ? Cette valeur est-elle atteinte ? Pourquoi ?
- 2.3.7 Représenter les tensions  $v_A$ ,  $v_B$ ,  $u_{C1}$  et  $v_C$  pour  $0 < t < T/2$  sur le Document réponse 2 page 12.

À l'instant  $t = T/2$ , la tension  $v_D$  bascule à 0 V.

- 2.4. Compléter les chronogrammes des tensions  $v_A$  et  $v_B$  pour  $T/2 < t < T$  sur le Document réponse 2 page 12.  
En s'aidant de la question 2.2, tracer aussi le chronogramme de la tension  $v_C$ .
- 2.5. La fréquence de l'oscillateur étant de 200 kHz, déterminer la valeur de la période  $T$ .
- 2.6. La période est donnée par la formule :  $T = 2.R_6.C_1.\ln(3)$ .  
La résistance  $R_6$  ajustable est réglée à la valeur 2275  $\Omega$ . Calculer la valeur de la capacité du condensateur  $C_1$ .

### 3. Étude de l'émission

L'émetteur d'onde ultrasonore est alimenté par la tension  $v_{US}$  (voir Figure 5 page 5). La représentation des tensions  $v_2$  et  $v_3$  est donnée sur le Document réponse 3 page 13.

- 3.1. Déterminer la fréquence de la tension  $v_3$  du générateur de trame.
- 3.2. Représenter la tension  $v_{US}$  appliquée à l'émetteur ultrasonore sur le Document réponse 3 page 13.

### 4. Étude de la réception

La réception de la tension  $v_{rec}$  est assurée par un amplificateur associé à un détecteur de crête.

#### 4.1. Amplificateur

Son schéma est donné Figure 7.

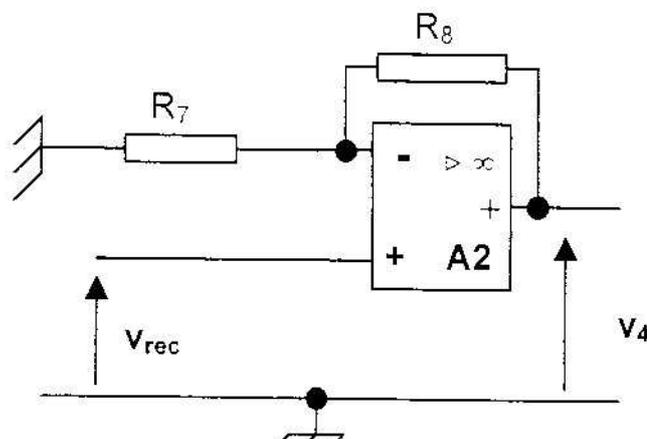


Figure 7

- 4.1.1 Déterminer l'expression de  $v_4$  en fonction de  $v_{rec}$ ,  $R_7$  et  $R_8$ .
- 4.1.2 Le coefficient d'amplification de ce montage est  $A_v = \frac{v_4}{v_{rec}} = 200$ .  
En déduire la valeur de  $R_8$ , sachant que  $R_7 = 1,2 \text{ k}\Omega$ .
- 4.1.3 Définir la résistance d'entrée de cet étage. Que peut-on dire de sa valeur ?

Le chronogramme de  $v_{rec}$  est donné sur le **Document réponse 3 page 13** pour une lamelle. On admet que cette tension est sinusoïdale quelque soit l'onde émise.

- 4.1.4 En déduire dans ce cas le chronogramme de  $v_4$  sur le **Document réponse 3 page 13**.  
Indiquer sur le chronogramme les valeurs extrêmes de  $v_4$ .

#### 4.2. Détecteur de crête

Son schéma est donné **Figure 8**.

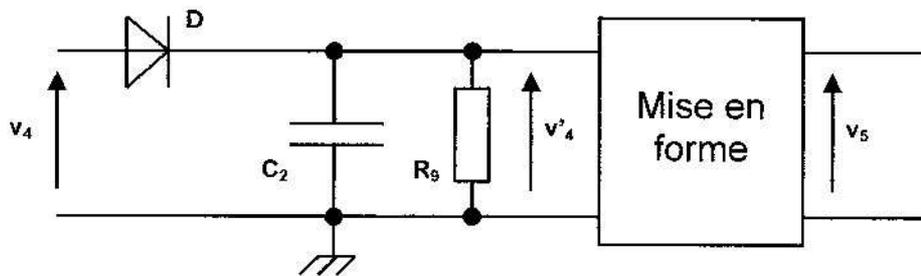


Figure 8

La diode **D** est supposée idéale et assimilable à un interrupteur parfait.  
Les tensions  $v_4$  et  $v'_4$  sont représentées sur le **Document réponse 4 page 14**.

- 4.2.1 Quel est l'état de la diode quand  $v_4 = v'_4$  ?
- 4.2.2 Comparer  $v_4$  et  $v'_4$  entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ , indiqués sur le document réponse 4 page 14. En déduire l'état de la diode.
- 4.2.3 Justifier brièvement l'allure de  $v'_4$  dans l'intervalle de temps  $[t_1 ; t_2]$ .
- 4.2.4 Indiquer sur le **Document réponse 4 page 14** les différents états de la diode dans l'intervalle de temps  $[t_0 ; t_4]$  : bloqué **B** ; passant **P**.

Un circuit de mise en forme (non étudié ici) permet de passer de  $v'_4$  à  $v_5$ .

#### 5. Mesure de la vitesse de propagation

La détermination de la vitesse de propagation de l'onde acoustique dans la lamelle de bois est réalisée grâce à une Bascule **RS** dont la table de vérité est donnée ci-après. La connaissance de la bascule **RS** n'est pas nécessaire. La ligne en gras signifie que lorsque les deux entrées **R** et **S** sont à zéro, la sortie **Q** garde l'état antérieur.

R	S	$Q_n$ (sortie à l'état actuel)
0	0	$Q_{n-1}$ (sortie à l'état antérieur)
0	1	1
1	0	0
1	1	x

On s'intéresse à la tension de sortie  $v_6$  de la bascule RS (voir Figure 5 page 5). Les chronogrammes de la tension  $v_3$  et de la tension  $v_5$  sont donnés sur le Document réponse 3 page 13 pour une vitesse de l'onde acoustique de 4000 m/s.

5.1. Représenter le chronogramme de la tension de sortie  $v_6$  pour deux périodes sur le Document réponse 3 page 13.

On note  $t_e$  l'instant d'émission de  $v_3$  et  $t_r$  l'instant de réception de  $v_5$  (voir Document réponse 3 page 13). Le temps de propagation de l'onde correspond à l'écart  $t_p = t_r - t_e$ .

5.2. Indiquer la durée  $t_p$  sur le chronogramme de  $v_6$  par une double flèche.

5.3. Exprimer la valeur moyenne  $\langle v_6 \rangle$  de la tension  $v_6$  en fonction de  $t_p$ ,  $V_{DD}$  et  $T$ .

5.4. Montrer que la valeur moyenne de la tension  $v_6$  vaut 6 V pour la vitesse limite  $V_{lim} = 4000$  m/s.

5.5. Que devient la valeur de  $\langle v_6 \rangle$  dans le cas d'une lamelle de bois jugée apte ( $V > 4000$  m/s) ?

## 6. Étude du filtre

### 6.1. Etude en régime sinusoïdal

Le schéma du filtre est donné Figure 9.

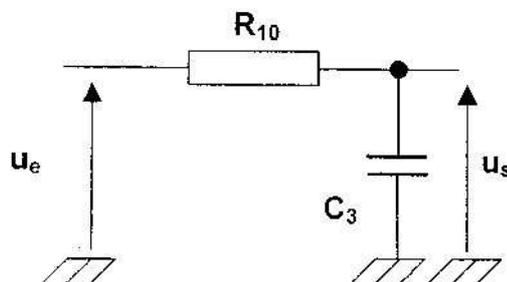


Figure 9

Son étude est d'abord menée en régime sinusoïdal de pulsation  $\omega$ . On associe les grandeurs complexes  $\underline{U}_e$  et  $\underline{U}_s$  aux tensions  $u_e$  et  $u_s$ .

6.1.1 S'agit-il d'un filtre de type passe-bas ou passe-haut ? Justifier la réponse par une analyse du comportement du montage vis-à-vis des fréquences très basses puis des fréquences très hautes.

6.1.2 Exprimer la fonction de transfert complexe  $\underline{T} = \frac{\underline{U}_s}{\underline{U}_e}$  en fonction de  $R_{10}$ ,  $C_3$  et  $\omega$ .

6.1.3 Montrer que le module de  $\underline{T}$  s'écrit  $T = \frac{1}{\sqrt{1 + (R_{10} C_3 \omega)^2}}$ .

6.1.4 Calculer les valeurs  $T_0$  et  $T_\infty$  prises par le module  $T$  quand  $\omega = 0$  et quand  $\omega \rightarrow \infty$ . Ces valeurs confirment-elles le type de filtre trouvé en 6.1.1 ?

On donne  $R_{10} = 150 \text{ k}\Omega$ . La fréquence de coupure est donnée par  $f_c = \frac{1}{2\pi R_{10} C_3}$ .

6.1.5 Définir la fréquence de coupure  $f_c$  d'un filtre.

6.1.6 Calculer la valeur à donner à  $C_3$  pour obtenir  $f_c = 10 \text{ Hz}$ .

## 6.2. Étude en régime non sinusoïdal

On applique maintenant à l'entrée du filtre la tension  $v_6$  pour une vitesse de transmission de l'onde acoustique  $V = 4000 \text{ m/s}$ .

La décomposition harmonique de  $v_6$  limitée aux quatre premiers termes est :

$$v_6 = U_m + A_1 \cdot \sin(\omega t + \phi_1) + A_3 \cdot \sin(3\omega t + \phi_3) + A_5 \cdot \sin(5\omega t + \phi_5)$$

$$\text{avec } A_1 = 2 \cdot V_{DD}/\pi, A_3 = 2 \cdot V_{DD}/3\pi \text{ et } A_5 = 2 \cdot V_{DD}/5\pi.$$

6.2.1 Que représente le terme  $U_m$  ? Quel appareil faut-il utiliser pour mesurer  $U_m$  ? Quel mode faut-il choisir (AC, AC+DC, DC) ?

6.2.2 Comment s'appelle le terme  $A_1 \cdot \sin(\omega t + \phi_1)$  ?

6.2.3 Exprimer la tension de sortie  $v_7$  du filtre sachant que  $\omega \gg \omega_c$  ( $\omega_c = 2\pi f_c$ ).

## 7. Elaboration de S4

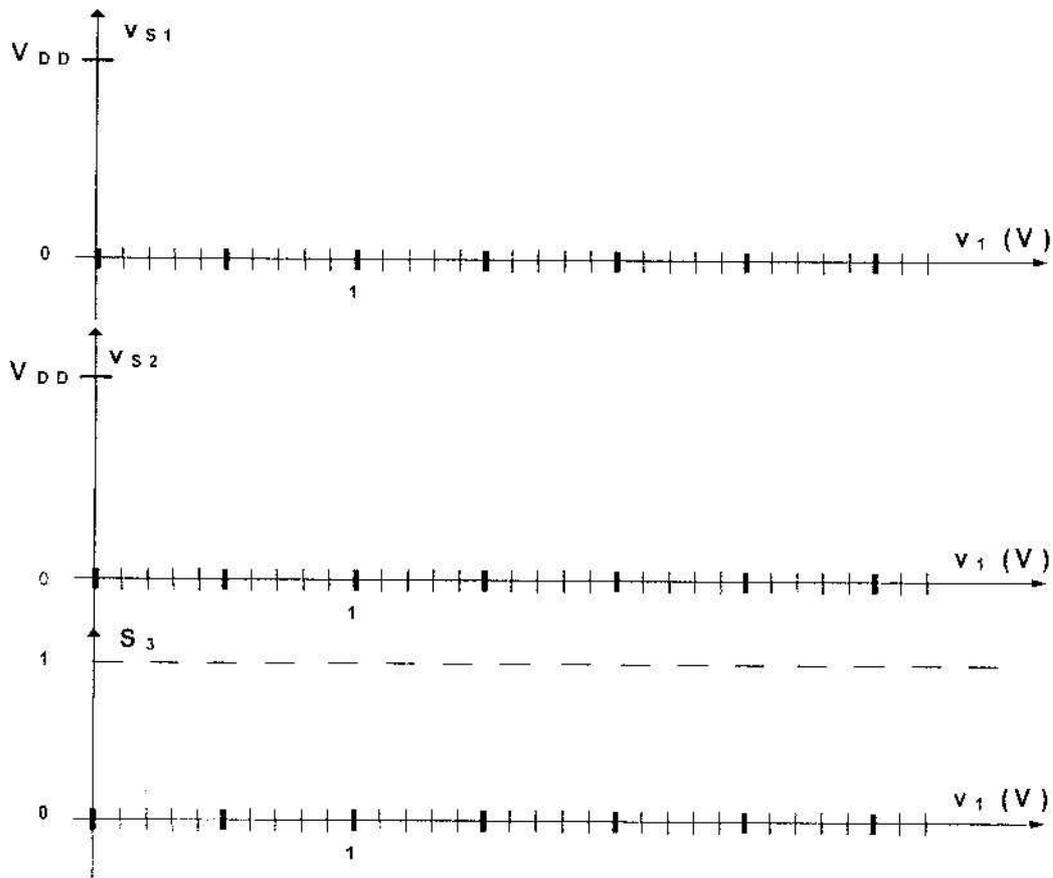
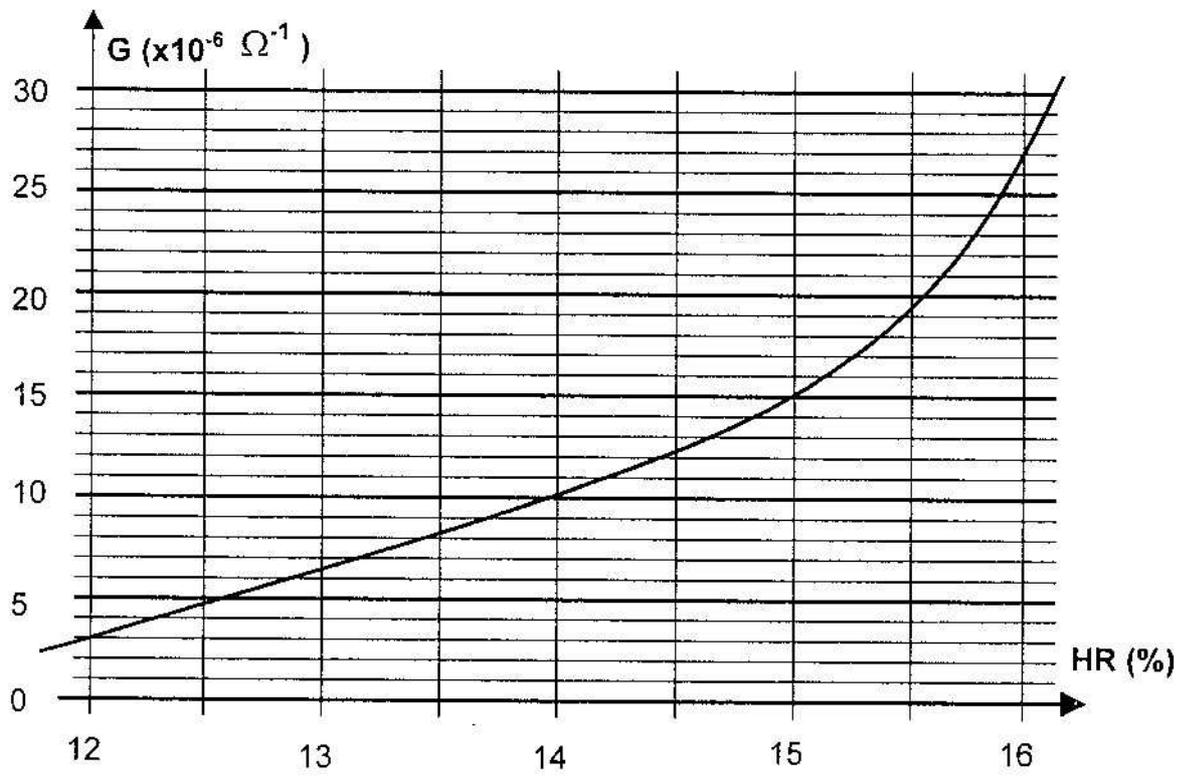
L'étage final du tri permet d'élaborer la variable logique  $S_4$ . On a  $S_4 = 1$  si le module d'élasticité est satisfaisant.

## 3e partie : Synthèse.

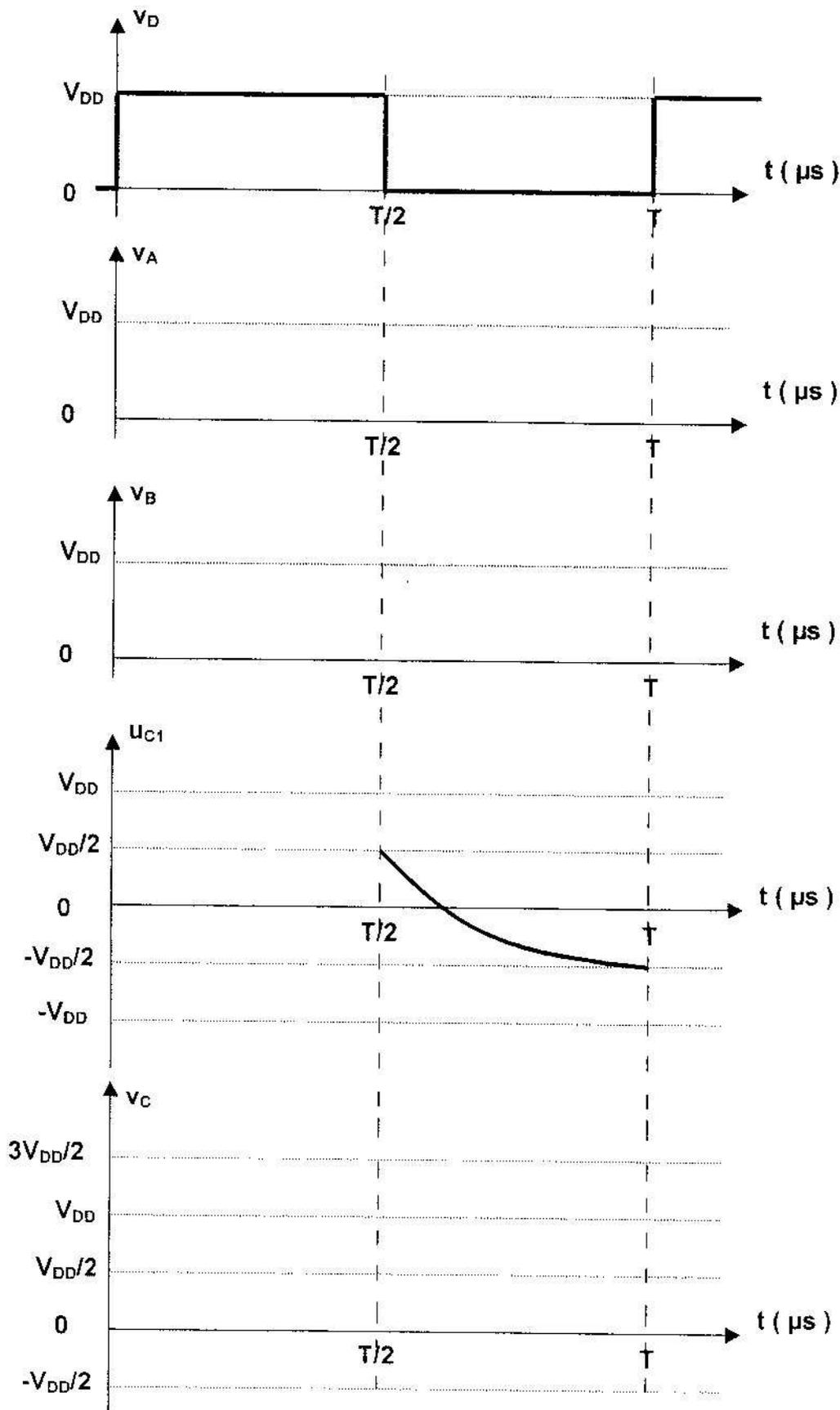
On se propose de tester plusieurs lamelles de bois. Celles-ci doivent être validées d'un point de vue hygrométrique ( $S_3 = 1$ ) et d'un point de vue mécanique ( $S_4 = 1$ ), sinon elles sont rejetées.

Compléter le tableau **Document réponse 4 page 14**.

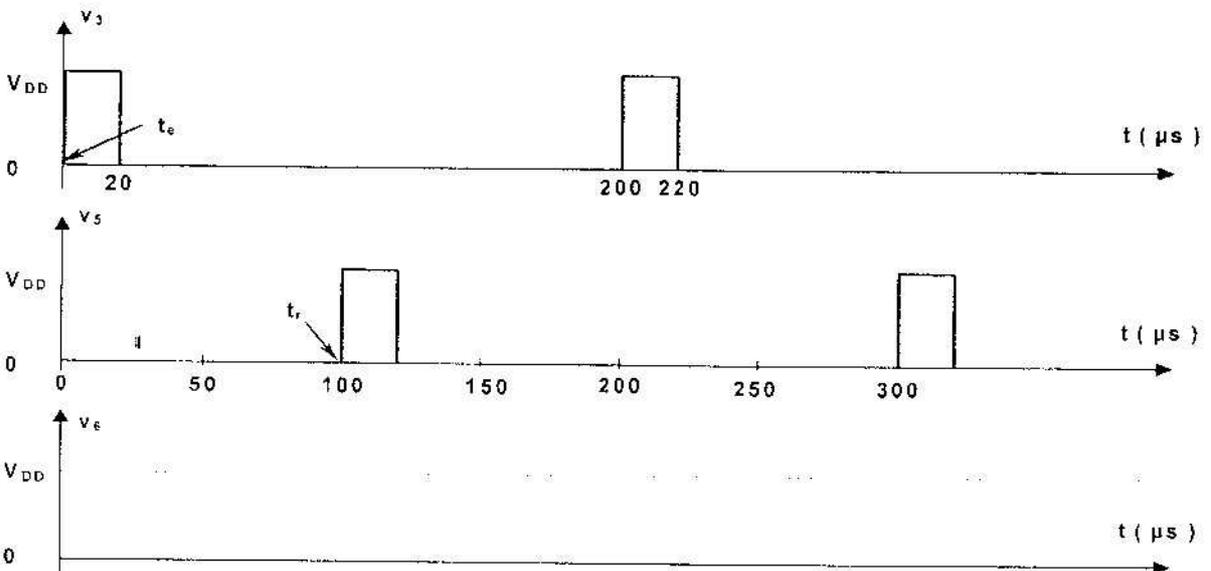
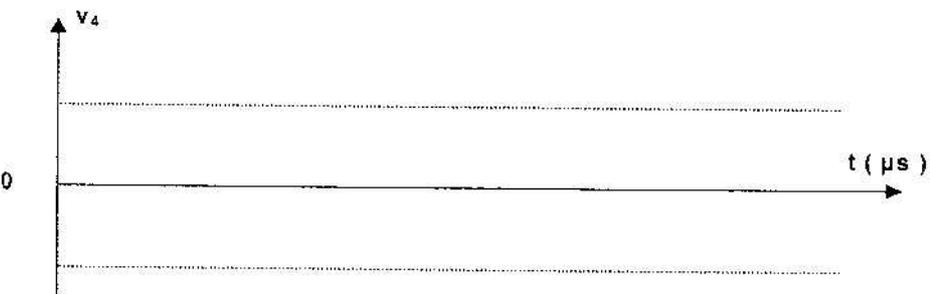
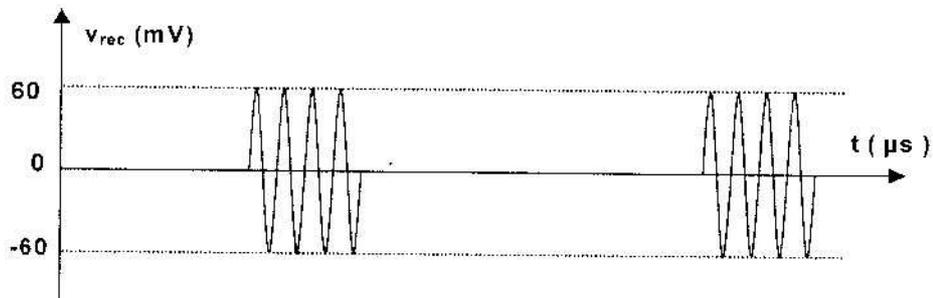
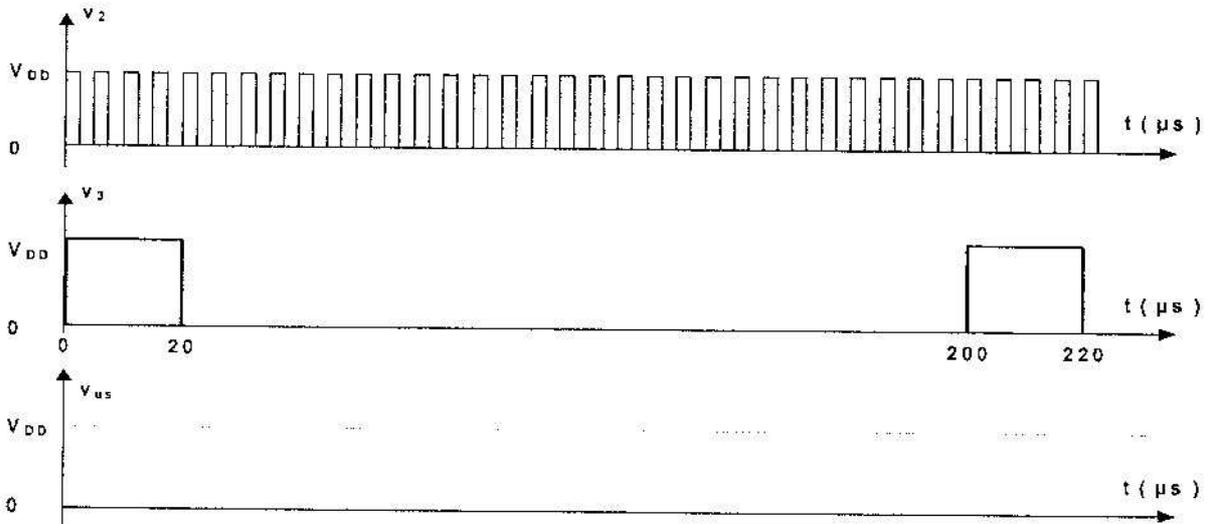
Document réponse 1



## Document réponse 2



Document réponse 3



## Document réponse 4

	$G$ ( $10^{-6} \Omega^{-1}$ )	HR valeur (%) ou < 12 % ou > 16 %	$S_3$	Vitesse (m/s)	$t_p$ ( $\mu s$ )	$V_7$ (V)	$S_4$	Admise ou rejetée
Lamelle 1	10	14	1	5000	80	4,8	1	admise
Lamelle 2	1,90			4000	100			
Lamelle 3	15			4800				
Lamelle 4	35			3200				

