

Partie B = Traitement du signal issu du capteur

1. Méthode n°1 = utilisation d'un filtre sélectif

11. le filtre sélectif a pour but d'extraire le signal utile $s(t)$ de fréquence $1,25 \text{ kHz}$ et d'atténuer au maximum le bruit (ici à la fréquence $1,35 \text{ kHz}$ pour simplifier). La fréquence centrale du filtre sélectif doit donc être égale à $f_0 = 1,25 \text{ kHz}$.
12. Q est le facteur de qualité ou de sélectif. Si Q augmente, le bruit sera d'autant plus atténué.
13. $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$ donc $\Delta f = \frac{f_0}{Q} = 42 \text{ Hz}$.
14. à $f = f_0$, $|A| = 1$
- à $f = f_b$, $A = \frac{1}{1 + jQ\left(\frac{f_b}{f_0} - \frac{f_0}{f_b}\right)} = \frac{1}{1 + j \cdot 30\left(\frac{1350}{1250} - \frac{1250}{1350}\right)} = \frac{1}{1 + j 4,62}$
- $|A| = \frac{1}{\sqrt{1 + 4,62^2}} = 0,211$.
15. $\hat{U}_0 = \hat{S}$ $\hat{U}_b = 0,211 \times \hat{B}$
161. $P_s = \frac{S_{\text{eff}}^2}{R_n} = \frac{\hat{S}^2}{2R_n}$ $P_b = \frac{\hat{B}^2}{2R_n}$
162. en entrée $\left(\frac{S}{N}\right)_e = 10 \log \frac{\hat{S}^2}{\hat{B}^2} = 20 \log \frac{\hat{S}}{\hat{B}} = 0 \text{ dB}$.
163. en sortie $\left(\frac{S}{N}\right)_s = 10 \log \frac{\hat{S}^2}{(0,211 \times \hat{B})^2} = 20 \log \frac{\hat{S}}{0,211 \times \hat{B}} = 20 \log \frac{1}{0,211} = -20 \log(0,211) = 13,5 \text{ dB}$.
164. le filtre sélectif permet d'améliorer le rapport signal/bruit (parce que l'on atténue le bruit tout simplement!!)
165. pour améliorer le rapport S/N, il faut augmenter le facteur de qualité Q du filtre (filtre plus sélectif)
166. le facteur de qualité Q d'un filtre analogique est limité!
- 17.1. l'amplitude de $u(t)$ donne une information sur la turbidité: plus U_{MAX} est élevée, plus la turbidité est faible.
- 17.2. on peut détecter U_{MAX} avec un circuit diode + résistance + condensateur (extracteur de maximum)

Méthode n° 2 = utilisation d'une détection synchrone

21. $u'(t) = K \cdot v(t) \cdot v_c(t) = K [a(t) + b(t)] \cdot v_c(t)$

22. $u'(t) = K \hat{S} \cos(\omega_0 t) \cdot \hat{V}_c \cos(\omega_0 t) + K \hat{B} \cos(\omega_b t) \cdot \hat{V}_c \cos(\omega_0 t)$

$u'(t) = \frac{1}{2} K \hat{S} \hat{V}_c [\cos(2\omega_0 t) + 1] + \frac{1}{2} K \hat{B} \hat{V}_c (\cos[(\omega_b - \omega_0)t] + \cos[(\omega_b + \omega_0)t])$

- composante continue $U'_0 = \frac{1}{2} K \hat{S} \hat{V}_c$
- composante de fréquence $f_1 = \frac{\omega_b - \omega_0}{2\pi} = f_b - f_0$ d'amplitude $U'_1 = \frac{1}{2} K \hat{B} \hat{V}_c$
- composante de fréquence $f_2 = 2f_0$ d'amplitude $U'_2 = \frac{1}{2} K \hat{S} \hat{V}_c$
- composante de fréquence $f_3 = \frac{\omega_b + \omega_0}{2\pi} = f_b + f_0$ d'amplitude $U'_3 = \frac{1}{2} K \hat{B} \hat{V}_c$

23. $U'_0 = \frac{1}{2} \cdot 1 \times 0,3 \times 1 = 0,15V$

$f_1 = 0,1kHz \quad U'_1 = 0,15V \quad \cdot \quad f_2 = 2,50kHz \quad U'_2 = 0,15V \quad f_3 = 2,60kHz \quad U'_3 = 0,15V$

24. \hat{S} est présent dans la composante continue et la composante de fréquence 2,5kHz
Le bruit ne joue pas sur ces deux composantes, mais sur les deux autres à 100Hz et 2600Hz.

252. la fréquence de coupure doit être égale à $\frac{f_b - f_0}{1000}$ soit 0,1Hz.

261. $\left(\frac{S}{N}\right)' = 20 \log \frac{V'_{S0}}{\frac{V'_{S0}}{10^3}} = 20 \log 10^3 = 60dB.$

262. le rapport signal/bruit est nettement supérieur avec la détection synchrone
On gagne $60 - 13,5 = 46,5dB$. (soit 200 fois environ).

263. pour augmenter ce rapport S/N, il faut diminuer encore f_c donc augmenter le temps de réponse.

27. Etude du multiplieur à découpage:

271. théorème de Millman $v^- = \frac{1}{2}(v + u')$

272. a) $v_c = 1V$ H est ouvert

b) $v^+ = v$

c) $v^- = v^+$ entraîne $v = \frac{1}{2}(v + u')$ soit $u' = v$

273. a) $v_c = -1V$ H est fermé

b) $v^+ = 0$

c) $v^- = v^+$ entraîne $v^- = 0$ soit $u' = -v$

$$\begin{array}{l}
 275. \quad \Delta i \quad v_c = 1V \quad u' = v \\
 \quad \quad \Delta i \quad v_c = -1V \quad u' = -v
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 275. \\ \Delta i \quad v_c = 1V \\ \Delta i \quad v_c = -1V \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 u'(t) = K \cdot v_c \cdot v \\
 \text{avec } K = 1V^{-1}
 \end{array}$$

$$276. \quad \langle u'(t) \rangle = 2 \frac{\hat{V}}{\pi}$$

$$277. \quad v_s'(t) = \frac{2\hat{V}}{\pi} \quad \text{les harmoniques } 100\text{Hz}, 2500\text{Hz}, 2600\text{Hz} \text{ étant tr\`es fortement att\`enu\`es.}$$

PARTIE C : Etude du filtre \`a moyenne glissante

1. Etude de la r\`esolution :

$$11. \quad q = \frac{5V}{2^{10}} = 4,88\text{mV}$$

$$12. \quad n = q \times \frac{\Delta Tu}{\Delta V} = 4,88 \cdot 10^{-3} \text{ NTU} \quad \text{non conforme \`a la r\`esolution souhait\`ee de } 1 \cdot 10^{-3} \text{ NTU.}$$

13. La plus petite valeur non nulle d'un \`echantillon y_n correspond \`a 8 \`echantillons x_n dont 7 sont nuls et 1 \`egal \`a q soit

$$y_n \text{ mini} = \frac{4,88\text{mV}}{8} = 0,61\text{mV}$$

14. l'ensemble CAN + filtre num\`erique travaille sur une plage de 0 \`a 5V avec une r\`esolution \`egale \`a la valeur minimale de y_n soit $q' = 0,61\text{mV}$.

15. n' vaut alors $0,61\text{mV} \times \frac{5\text{NTU}}{5V} = 0,61 \cdot 10^{-3} \text{ NTU}$. ; c'est bien conforme au cahier des charges.

2. Bruit de quantification :

21. le rapport S/N passe de 62 dB (10bits) \`a 80dB (13bits) soit une am\`elioration de 18dB.

22. pour diminuer la densit\`e spectrale de bruit, il faut augmenter la fr\`equence d'\`echantillonnage.

3. Etude des caract\`eristiques du filtre num\`erique :

31. c'est un filtre non r\`ecursif = les \`echantillons y_n en sortie du filtre ne d\`ependent que des \`echantillons x_n en entr\`ee.

32. 2. l'impulsion parasite est fortement att\`enu\`ee par le filtrage num\`erique de type passe-bas.

3. apr\`es 8 p\`eriodes d'\`echantillonnage, la sortie du filtre retrouve sa situation d'avant l'impulsion parasite = le filtre est donc stable, comme tous les filtres non r\`ecursifs.

4. on r\`eduirait encore l'influence de l'impulsion parasite en augmentant le nombre de termes dans l'\`equation de r\`ecurrence du filtre. On augmenterait alors le temps de r\`eponse.

3.3. réponse en fréquence du filtre numérique

1. l'équation de récurrence conduit à $Y(z) = \frac{1}{8} [X(z) + z^{-1}X(z) + z^{-2}X(z) + \dots + z^{-7}X(z)]$

soit $H(z) = \frac{1}{8} (1 + z^{-1} + z^{-2} + \dots + z^{-7})$

suite géométrique de raison z^{-1} ; d'où $H(z) = \frac{1}{8} \left(\frac{1-z^{-8}}{1-z^{-1}} \right)$

2.
$$\underline{H}(jf) = \frac{1}{8} \times \frac{1 - e^{-j8\omega T_e}}{1 - e^{-j\omega T_e}} = \frac{1}{8} \times \frac{1 - e^{-j16\pi f/F_e}}{1 - e^{-j2\pi f/F_e}}$$

3.
$$H'(f) = \frac{|\sin(8\pi f/F_e)|}{8\pi f/F_e}$$

4. le filtre est un filtre passe-bas.

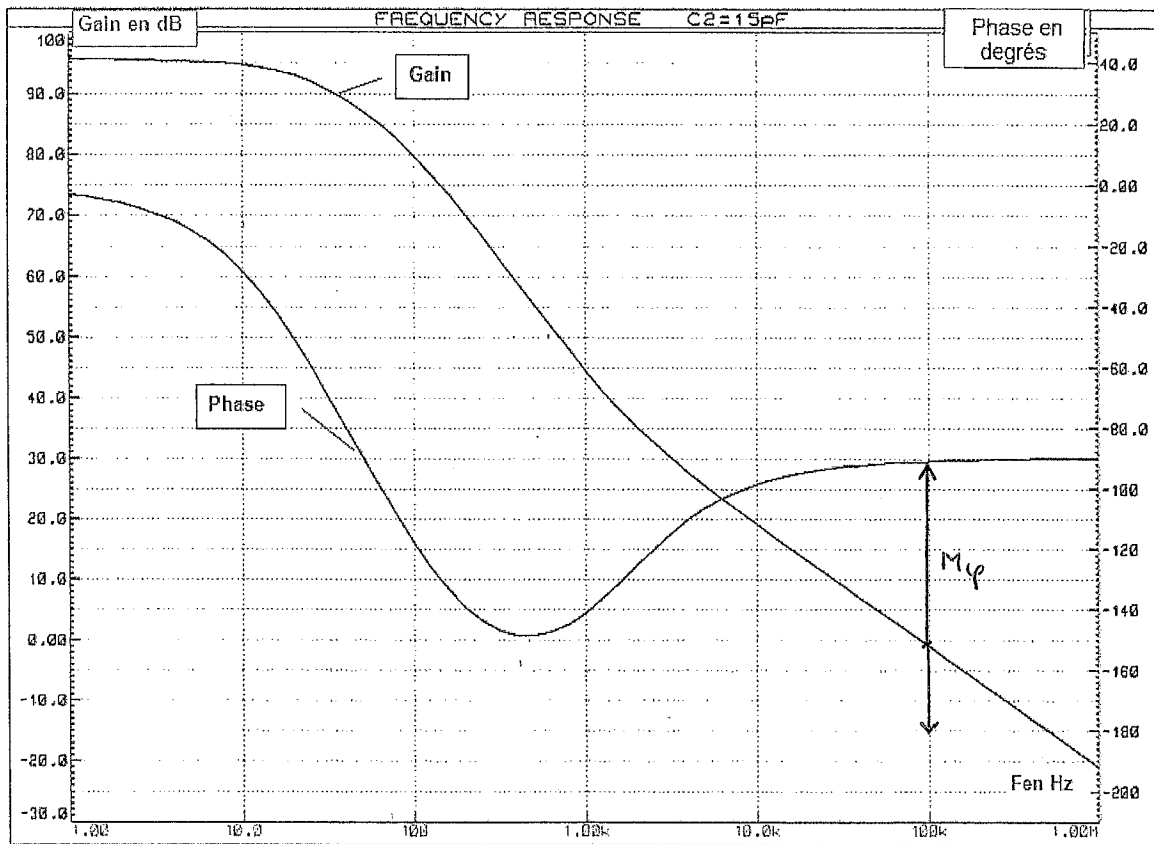
6. $f_c/F_e = 0,055$ donc $F_e = \frac{f_c}{0,055} = \frac{1,4}{0,055} = 25 \text{ Hz}$.

7. le filtrage numérique ne s'effectue correctement que si la condition de Shannon est réalisée : $f < 0,5 F_e$ soit $f < 12,5 \text{ Hz}$.

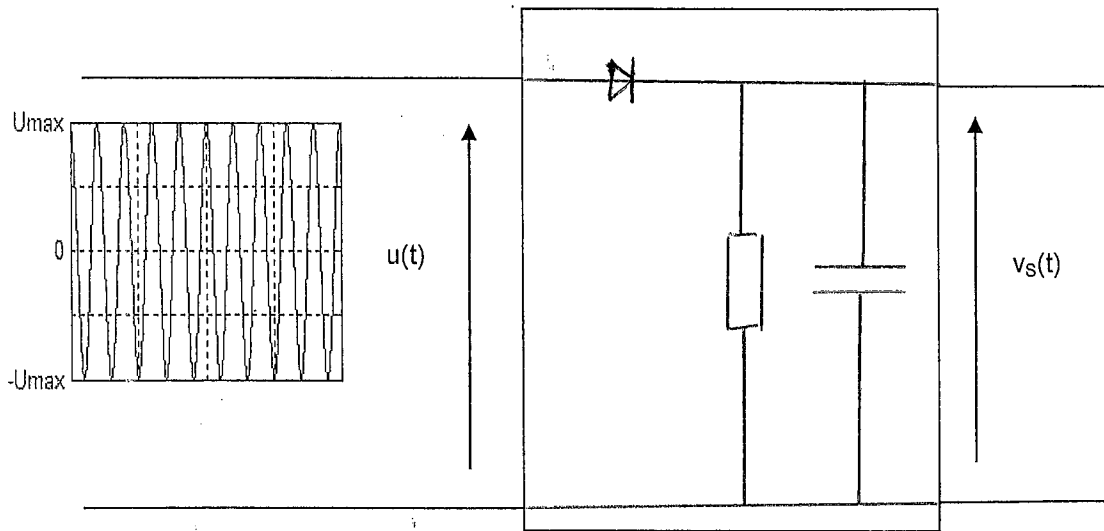
La tension analogique d'entrée du filtre provient de la sortie d'un filtre passe-bas qui coupe les fréquences supérieures à $0,1 \text{ Hz}$.

La condition de Shannon est donc respectée et la mesure de turbidité est correcte.

DOCUMENTS RÉPONSE



Document réponse n°1



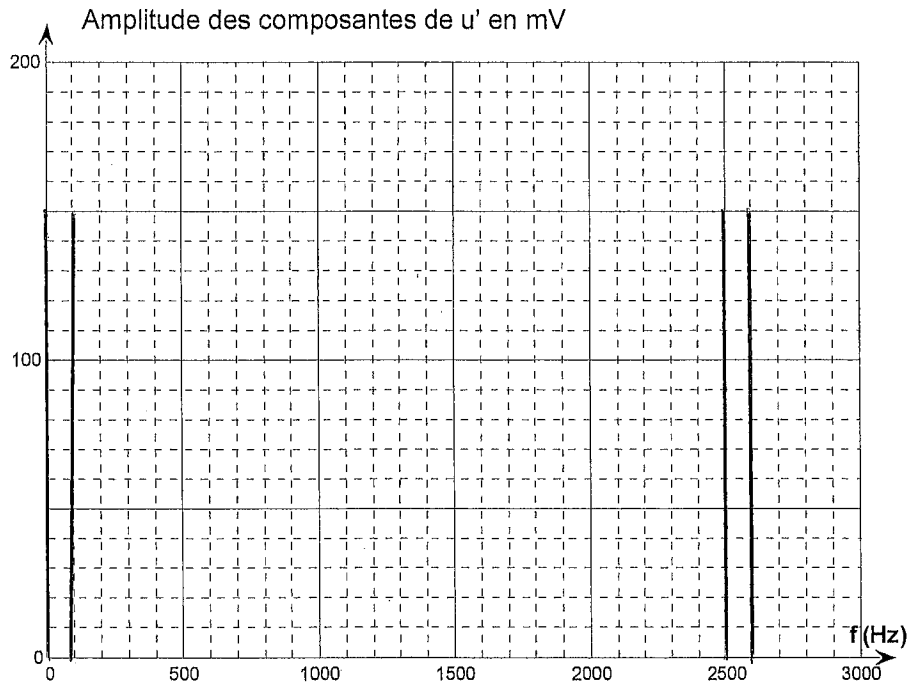
Document réponse n°2

lycée V.Hugo BESANCON

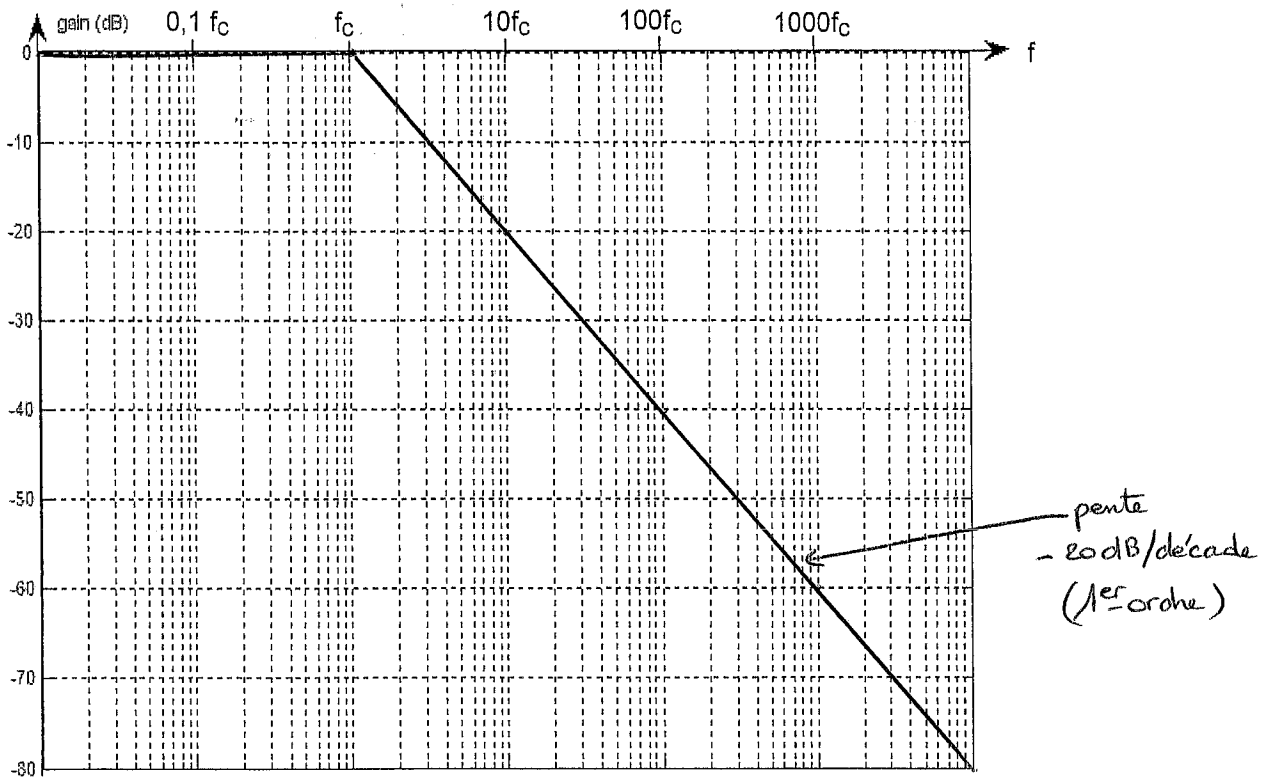
S. BONNIN

JP. MARTIN

Session 2011	BTS Systèmes Électroniques Épreuve U42- Physique Appliquée	Page BR1 sur 4
11SEE4PA1	Documents Réponse	

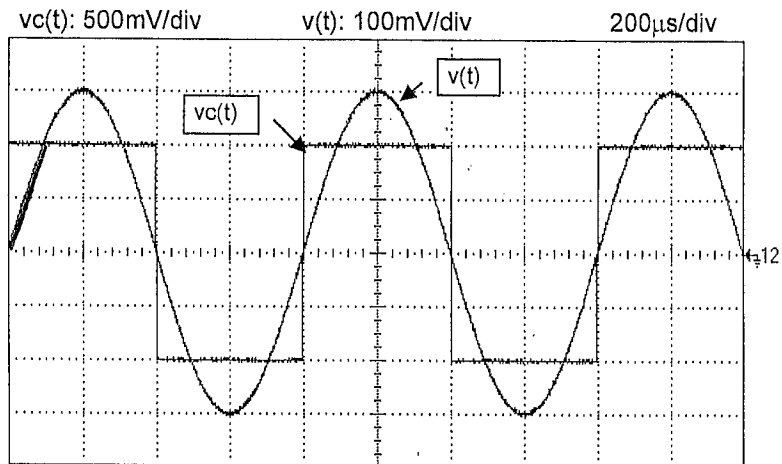


Document réponse n°3

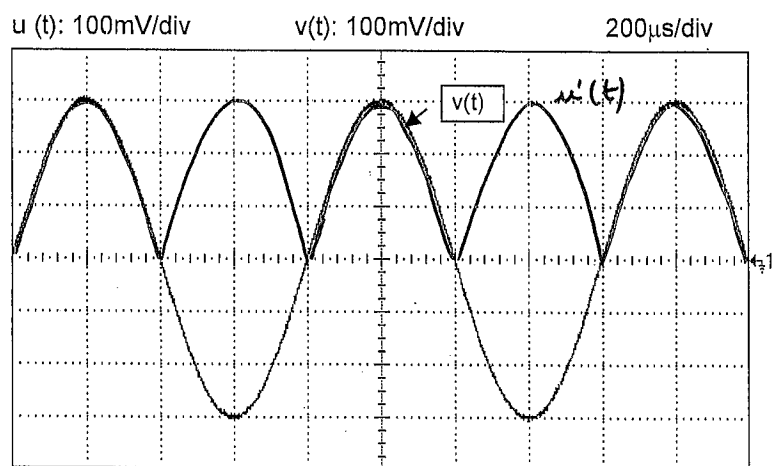


Document réponse n°4

Session 2011	BTS Systèmes Électroniques Épreuve U42- Physique Appliquée	Page BR2 sur 4
11SEE4PA1	Documents Réponse	

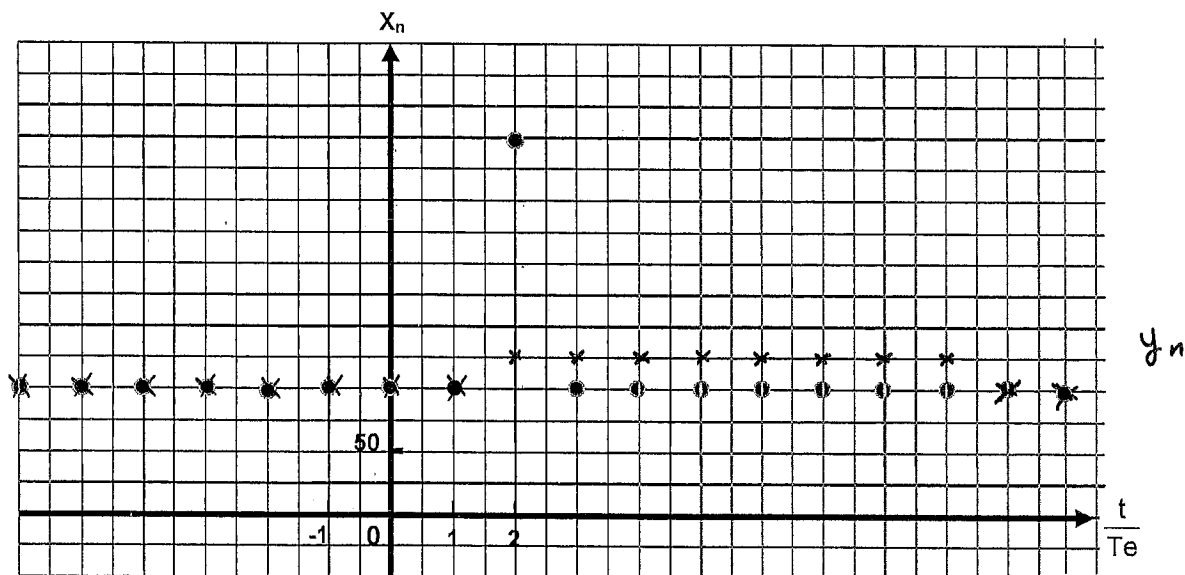


Graph 1



Graph 2

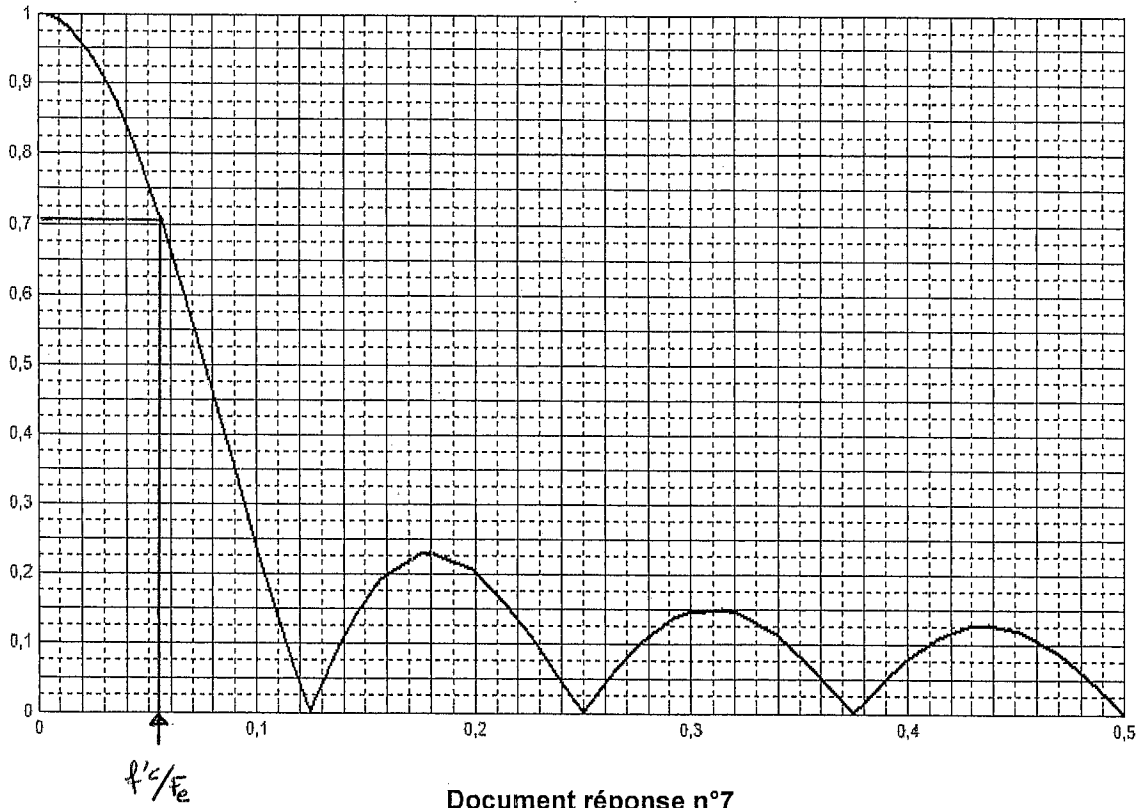
Document réponse n°5



Document réponse n°6

Session 2011	BTS Systèmes Électroniques Épreuve U42- Physique Appliquée	Page BR3 sur 4
11SEE4PA1	Documents Réponse	

H' Module du filtre numérique



Document réponse n°7

BESANCON

Lycée V. Hugo

S. PONNIN

JP MARTIN

Session 2011	BTS Systèmes Électroniques Épreuve U42- Physique Appliquée	Page BR4 sur 4
11SEE4PA1	Documents Réponse	