

CORRIGÉ

Partie A : Couche physique du réseau CAN

1. Mesure de l'atténuation d'une paire différentielle torsadée

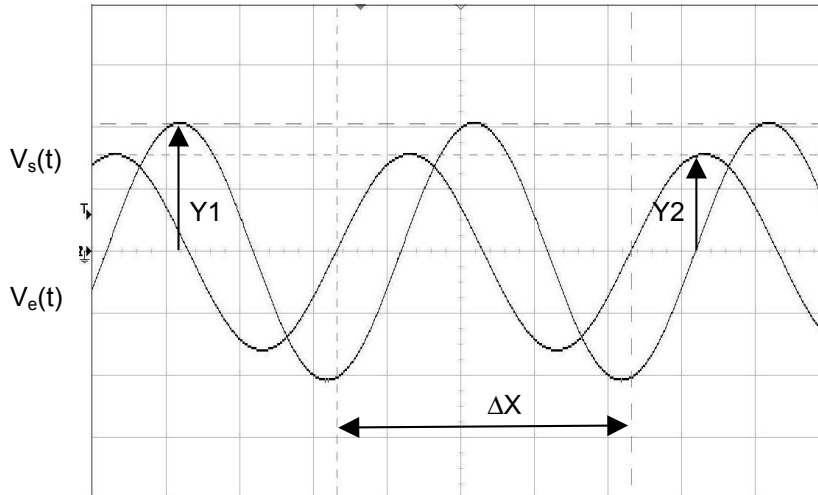
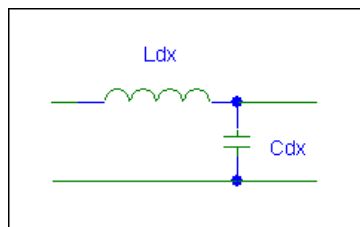


Figure 2

- 1.1. Déterminer la fréquence des signaux sinusoïdaux représentés à la figure 2. $T = \Delta X$; $f = 1/T = 500$ kHz.
- 1.2. Calculer l'atténuation introduite par la paire différentielle en dB à cette fréquence.
$$A = \frac{V_{S_{\max}}}{V_{e_{\max}}} = \frac{775 \cdot 10^{-3}}{1,025} = 0,756$$
 d'où $G_A = 20 \cdot \log(A) = -2,4$ dB.
- 1.3. Placer ce point de mesure nommé A sur le document réponse 1.
- 1.4. Déterminer l'atténuation de la ligne de transmission à la fréquence 5MHz. $G_B = -8,0$ dB.
- 1.5. Indiquer comment se comporte la paire différentielle torsadée de 100m. **Filtre passe bas.**

2. Impédance caractéristique et résistances de terminaison

- 2.1. Citer les éléments de la ligne qui provoquent des pertes et donc une atténuation du signal. **R et G.**
- 2.2. Donner leur valeur dans le cas d'une ligne sans perte. **$R = 0 \Omega$ et $G = 0 S$.**
- 2.3. Donner le schéma d'une ligne idéale sur une longueur dx.



- 2.4. Montrer que l'impédance caractéristique d'une ligne sans perte est purement résistive : **$R = 0 \Omega$ et $G = 0 S$, on simplifie par $j\omega$ puis :**

$$\underline{Z}_C = R_C = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Session 2010	BTS Système Électronique Épreuve U4.2- Physique appliquée	Page C1 sur 7
10SEE4PA1	Corrigé	

- 2.5. Calculer la valeur numérique de cette résistance caractéristique R_c . $R_c = 120 \Omega$
- 2.6. Donner la valeur de la résistance de charge R_{CH} pour annuler les réflexions. $\Gamma_s = 0$ et $R_{CH} = Z_c$.
- 2.7. Justifier l'intérêt des résistances de terminaison R_T et donner leur valeur numérique dans le cas du bus CAN .

Les extrémités des lignes de transmission doivent être reliées à une résistance de valeur égale à l'impédance caractéristique pour éviter les réflexions. $R_T = R_c = 120 \Omega$.

3. Comportement d'une paire différentielle torsadée en régime impulsionnel

- 3.1 Condition de mesure A car l'onde émise à l'entrée de la ligne se retrouve en sortie avec la même amplitude. La ligne est adaptée. Il n'y a donc pas d'onde réfléchie. $\Gamma_1 = 0$.
- 3.2 $t_p = 30 \text{ ns}$. $t_{pl} = 30 \cdot 10^{-9} / 5 = 6 \text{ ns/m}$.
- 3.3 Condition de mesure B. Aucune onde n'est transmise en sortie puisqu'elle est court-circuitée. L'onde réfléchie s'observe dans le plan du générateur 60 ns après l'émission de l'onde incidente, soit la durée d'un aller et retour. $\Gamma_2 = -1$.
- 3.4 Voir document réponse 2. $V_{rM} = -V_{iM} = -2,5 \text{ V}$.

Partie B : Boîtier d'Etat de Charge de Batterie

1. Filtrage et adaptation du niveau de tension

- 1.1 C'est un suiveur de tension qui permet d'éviter de charger le réseau $R_f C_f$ par le pont de résistance. $v_1 = v_2$.
- 1.2 $\underline{T} = \frac{1}{1 + jR_f C_f \omega}$ avec $\omega_0 = 1/R_f C_f$.
- 1.3 Passe-bas. Il évite que le spectre ne se replie.
- 1.4 $f_0 = 72,3 \text{ Hz}$.
- 1.5 $v_d = v_2 / 24$ et $v_{adapt} = v_d = v_2 / 24$.
- 1.6 $v_2 = v_{Batt}$ car le passe-bas laisse passer le signal continu ($\underline{T} = 1$). $v_{adapt} = v_{Batt} / 24$.
- 1.7 La tension de référence correspond à la tension pleine échelle, par conséquent l'acquisition de la tension de batterie maximale 28,8 V doit correspondre à une tension $v_{adapt} = 1,2 \text{ V}$. Soit $v_{adapt} = 28,8 / 24 = 1,2 \text{ V}$.

2. Principe de la modulation delta.

2.1 Voir chronogrammes document réponse 3.

2.2 Fonctionnement correct du modulateur

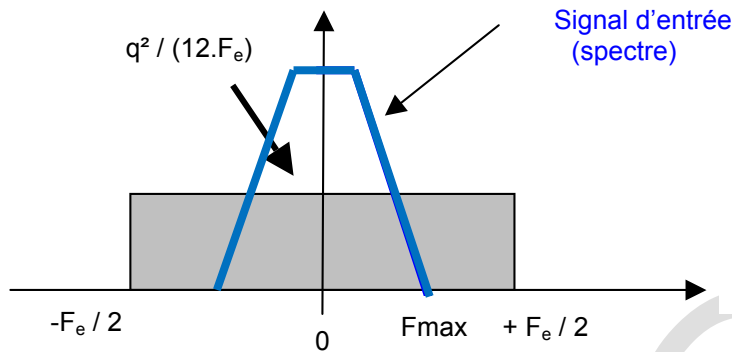
2.2.1 La pente du signal $e'(t)$ doit être supérieure à la pente du signal $e(t)$ sinon la « poursuite » ne peut ne pas se faire correctement.

$$\text{Donc } \frac{\Delta}{T_e} > \left(\frac{de(t)}{dt} \right)_{MAX}$$

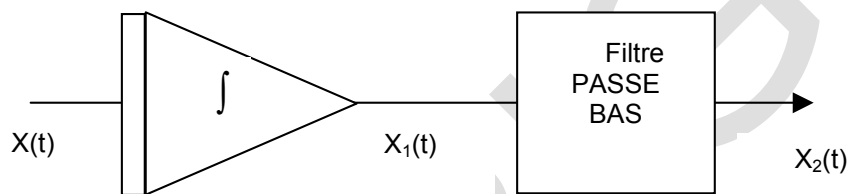
Session 2010	BTS Système Électronique Épreuve U4.2- Physique appliquée	Page C2 sur 7
10SEE4PA1	Corrigé	

2.2.2 Il faut satisfaire la condition de Shannon Nyquist : $\frac{1}{T_e} > 2 F_{MAX}$, F_{MAX} étant la fréquence la plus grande contenue dans $e(t)$. En combinant ; T_e découle de la Shannon-Nyquist puis Δ découle la condition 2.2.1.

2.3 Bruit de quantification



2.4 Démodulation



INTEGRATEUR puis FILTRE PASSE BAS : $X_2(t)$ est la « valeur moyenne » de $X_1(t)$

Cf. chronogrammes document réponse 3

3. Modulateur sigma-delta

3.1 $\frac{1}{1-z^{-1}}$ integration et z^{-1} retard pur d'une période d'échantillonnage.

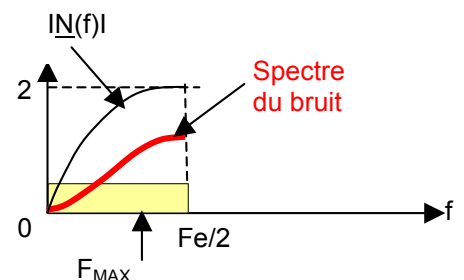
3.2 $S_1(z) = T(z) \cdot E(z) + N(z) \cdot B_q(z)$ $T(z) = 1$ et $N(z) = 1 - z^{-1}$ résultats obtenus après simplification des fonctions de transfert en boucle fermée.

3.3 $N(z) = 1 - z^{-1}$ $\underline{N}(j\omega) = 1 - e^{-j\omega T_e}$.

3.4 $\underline{N}(j\omega) = 1 - e^{-j2\pi f / F_e} = 2 \cdot j \cdot e^{-j\pi \frac{f}{F_e}} \left(\frac{e^{+j\pi \frac{f}{F_e}} - e^{-j\pi \frac{f}{F_e}}}{2j} \right) = 2 \cdot j \cdot e^{-j\pi \frac{f}{F_e}} \sin\left(\pi \frac{f}{F_e}\right)$.

3.5 $N(f) = 2 \left| \sin\left(\pi \frac{f}{F_e}\right) \right|$.

3.6 $N(0) = 2 \left| \sin\left(\pi \frac{0}{F_e}\right) \right| = 0$ et $N(F_e/2) = 2 \left| \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \right| = 2$



Session 2010	BTS Système Électronique Épreuve U4.2- Physique appliquée	Page C3 sur 7
10SEE4PA1	Corrigé	

3.7 Le filtre est un « passe haut » : il atténue les basses fréquences et relève les hautes fréquences (celles proches de $F_e/2$).

Conséquences : le bruit dû à la quantification est très atténué dans la bande utile (signal) et rejeté vers les hautes fréquences $> F_{MAX}$.

$$3.8 P_{bs} = \int_{-F_e/2}^{+F_e/2} S(f) |N(f)|^2 df = \int_{-F_e/2}^{+F_e/2} \frac{q^2}{12F_e} \left| 2 \sin\left(\pi \frac{f}{F_e}\right) \right|^2 df$$

Comme la bande utile est très inférieure à F_e , on peut simplifier :

$$P_{bs} \approx \int_{-F_e/2}^{+F_e/2} \frac{q^2}{12F_e} \left| 2 \left(\pi \frac{f}{F_e}\right) \right|^2 df = 4\pi^2 \frac{q^2}{12F_e} \int_{-F_e/2}^{+F_e/2} \left(\frac{f}{F_e}\right)^2 df = 4\pi^2 \frac{q^2}{12F_e^3} \left[\frac{f^3}{3} \right]_{-F_e/2}^{+F_e/2} = \frac{\pi^2 q^2}{36}$$

Si on échantillonne à $F'_e = KF_e$, on aura : $D'_{bq} = \frac{q^2}{12KF_e}$ et $|N'(f)| = 2 \left| \sin\left(\pi \frac{f}{KF_e}\right) \right|$ d'où

$$P'_{bs} \equiv \frac{\pi^2 q^2}{36K^3}$$

En passant de $K=1$ à $K=10$, on diminue de 30 dB la puissance du bruit de quantification.

Toutes choses restant égales par ailleurs sur le signal, on augmente de 30 dB le rapport signal sur bruit de quantification. C'est l'intérêt du sur-échantillonnage.

On pourra encore augmenter ce rapport avec des modulateurs sigma-delta d'ordre 2, 3.

4. Filtre décimateur

4.1 Le bruit de quantification est éliminé par un filtre numérique supposé idéal de fréquence de coupure 100Hz. Donner la nature de ce filtre. **Voir Figure 14 : filtre passe bas.**

4.2 Exprimer l'algorithme de d_n en fonction de $s_{1,n}$, $s_{1,n-1}$ et $s_{1,n-2}$.

$$d_n = b_0 \cdot s_{1,n} + b_1 \cdot s_{1,n-1} + b_2 \cdot s_{1,n-2}$$

4.3 Exprimer l'algorithme de s_n en fonction de d_n , s_{n-1} et s_{n-2} .

$$s_n = d_n - a_1 \cdot s_{n-1} - a_2 \cdot s_{n-2}$$

4.4 En déduire que $s_n = b_0 \cdot s_{1,n} + b_1 \cdot s_{1,n-1} + b_2 \cdot s_{1,n-2} - a_1 \cdot s_{n-1} - a_2 \cdot s_{n-2}$.

On remplace d_n dans s_n .

4.5 Indiquer s'il s'agit d'un filtre récursif ou non récursif. Justifier votre réponse. Récursif car s_{n-i} **dans l'algorithme.**

4.6 A partir de la réponse indicielle figure 16 du filtre numérique, déterminer le temps de réponse à 5 % noté t_r **$t_r = 4,5$ ms car la réponse indicielle ne dépasse pas 1,05.**

Session 2010	BTS Système Électronique Épreuve U4.2- Physique appliquée	Page C4 sur 7
10SEE4PA1	Corrigé	

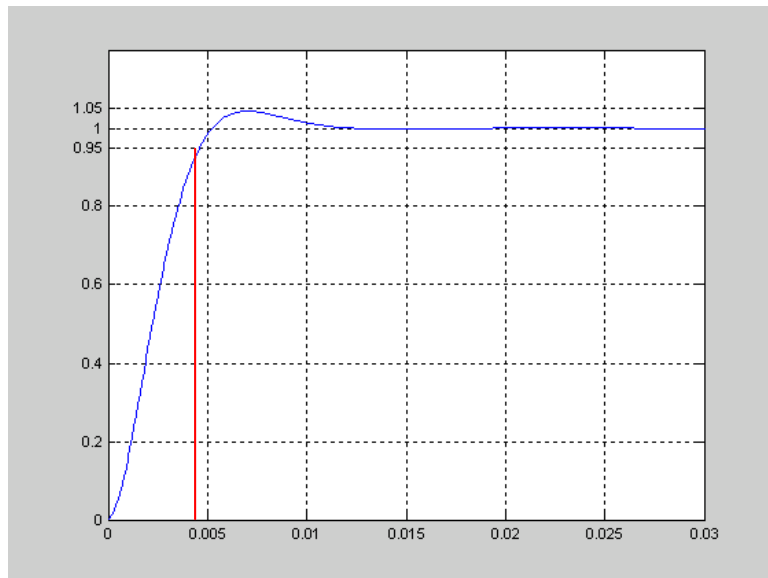


Figure 16

4.7 Déterminer la transmittance $H(z)$ du filtre numérique.

$$S(z) = b_0.S_1(z) + b_1.z^{-1}.S_1(z) + b_2.z^{-2}.S_1(z) - a_1.z^{-1}.S(z) - a_2.z^{-2}.S(z)$$

Avec $H(z) = S(z) / S_1(z)$.

$$\text{D'où : } H(z) = \frac{b_0 + b_1.z^{-1} + b_2.z^{-2}}{1 + a_1.z^{-1} + a_2.z^{-2}} = \frac{b_0.z^2 + b_1.z + b_2}{z^2 + a_1.z + a_2}$$

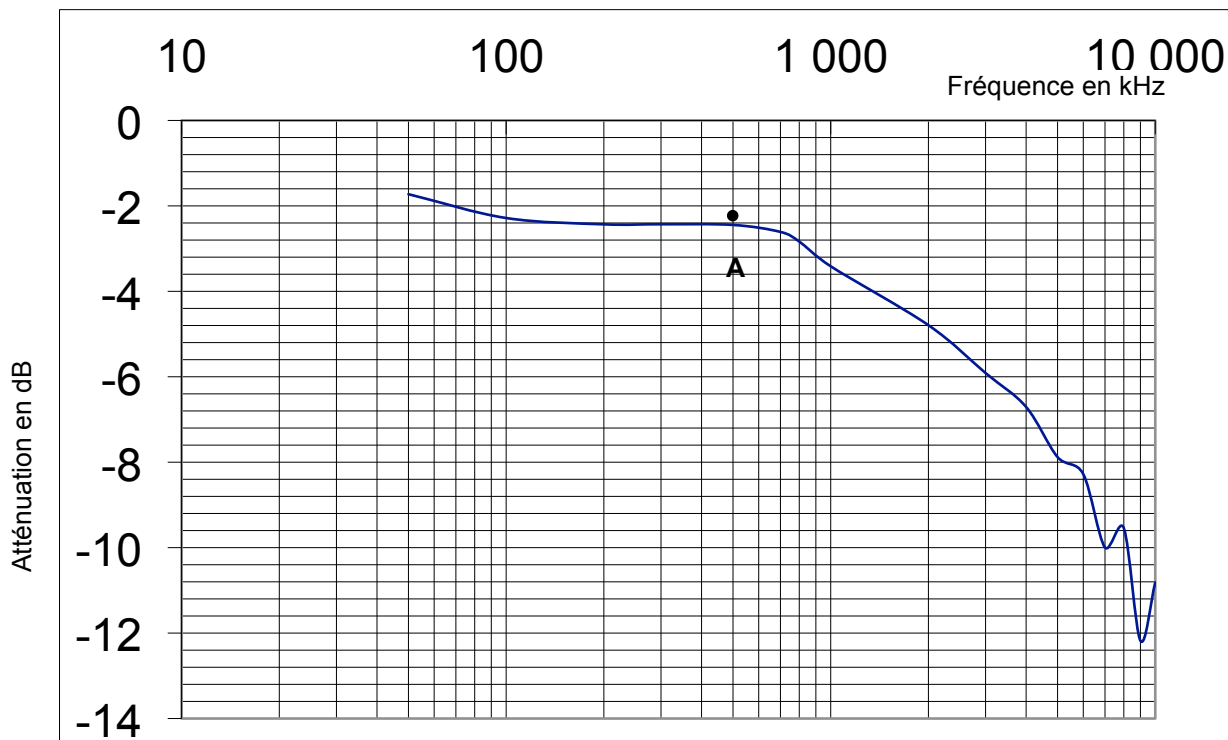
- 4.8 Valeur des pôles : $0,95 \pm 0,045j$. Le calcul du module des pôles donne $\sqrt{(0,95^2 + 0,045^2)} = 0,956$.
- 4.9 Conclure sur la stabilité de ce filtre. Justifier. Le filtre est stable : pôles à l'intérieur du cercle unité.
- 4.10 A partir des questions précédentes, indiquer si ce résultat était prévisible. Justifier. Oui réponse indicielle stable.
- 4.11 Déterminer la bande passante à -3 dB du filtre numérique. Justifier que ce filtre élimine le bruit de quantification. 100Hz. Le spectre du signal v_{Adapt} est situé à des fréquences inférieures à 100 Hz. Le bruit de quantification est éliminé car son niveau croît à partir de 1kHz et à cette fréquence le module de la transmittance du filtre numérique est quasiment nul.

5 Transmission de l'état de charge de la batterie par le bus LIN

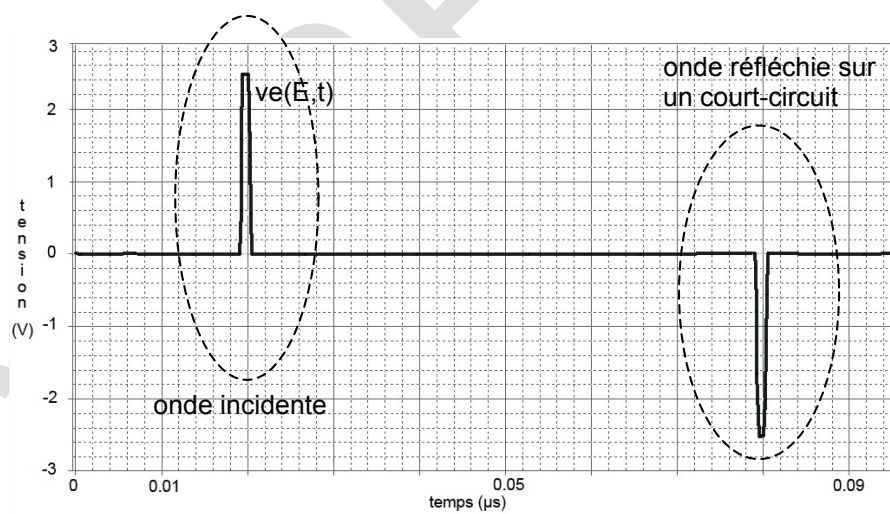
- 5.1 $V_2 = 13$ V et $V_1 = 0,7$ V.
- 5.2 Voir document réponse 4. On lit \$5D
- 5.3 Mesurer la durée d'un bit T_B . En déduire le débit binaire D des informations transmises sur le bus LIN. $T_B = 52\mu\text{s}$ et $D = 19,2$ kbit/s.
- 5.4 Exprimer en pourcentage l'état de charge de la batterie. Dire s'il est suffisant. On lit \$5D, soit 93 en décimal, d'où 73,2 %. Oui pas de délestage des gros consommateurs électriques car $> 70\%$.

Session 2010	BTS Système Électronique Épreuve U4.2- Physique appliquée	Page C5 sur 7
10SEE4PA1	Corrigé	

DOCUMENTS REPONSES



Document réponse 1



Document réponse 2

1 ^{er} octet	start	0	1	2	3	4	5	6	7	stop
	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1

Document réponse 4

Document réponse 3

