

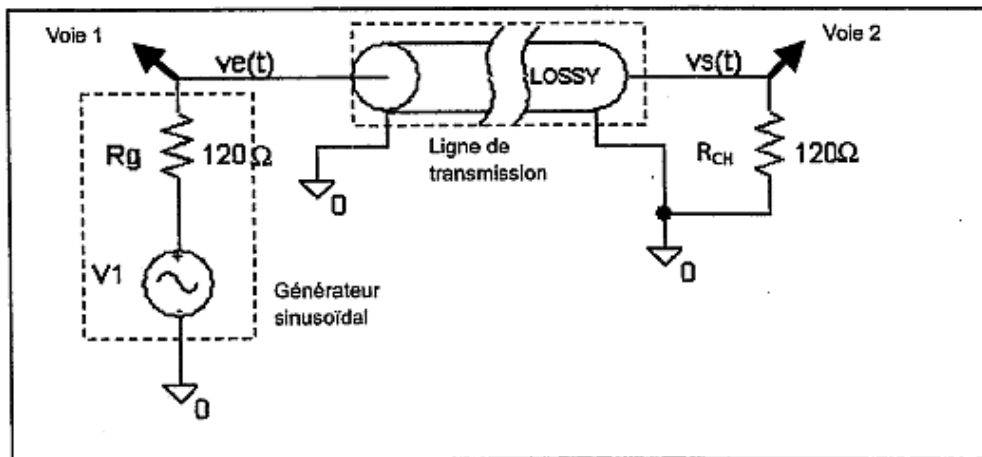
exos sur le ch 2 – 1 : lignes électriques.

PARTIE A : COUCHE PHYSIQUE DU RESEAU CAN

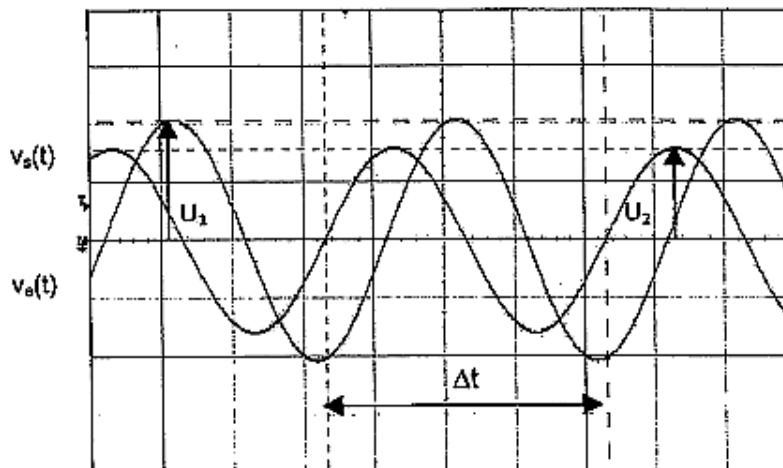
Dans un réseau CAN, les informations numériques circulent sur une paire différentielle torsadée. Nous étudions ici quelques caractéristiques de cette ligne de transmission.

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

Le montage de la **figure 1** a permis de tracer sur le **document réponse 1** l'atténuation d'une paire différentielle torsadée de 100 m de longueur en fonction de la fréquence.



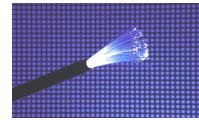
Le chronogramme de la **figure 2** représente les tensions à l'entrée et à la sortie de la ligne de transmission appelées respectivement $v_e(t)$ et $v_s(t)$.



Base de temps : 500 ns /div
Calibre Voie 1 : 500 mV/div
Calibre Voie 2 : 500 mV/div

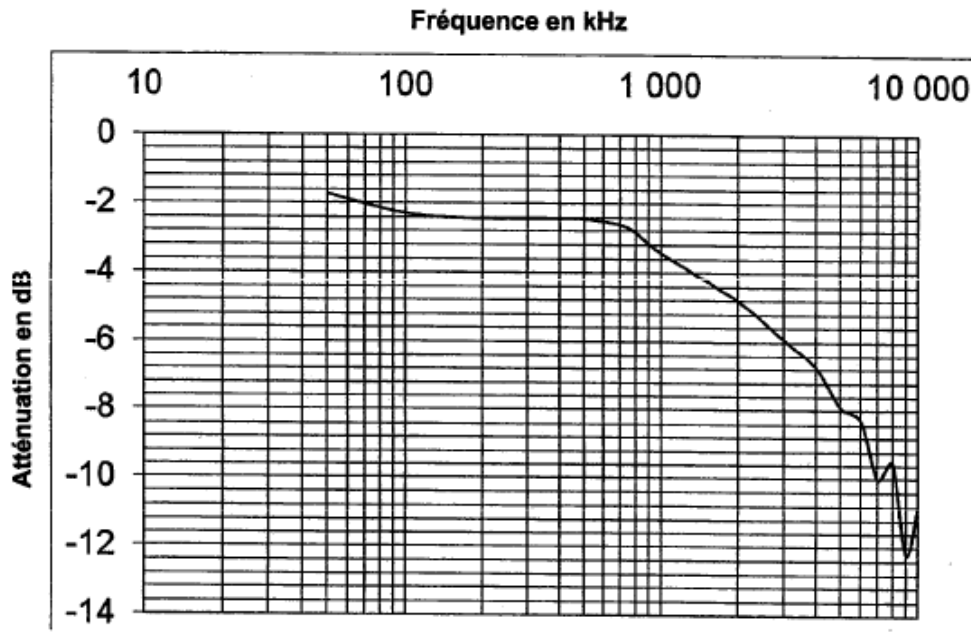
Mesures automatiques : $\Delta t = 2,00 \mu s$
 $U_1 = 1,025 V$
 $U_2 = 0,775 V$

Figure 2



Le **document réponse 1** donne l'atténuation (en dB) de la paire différentielle en fonction de la fréquence.

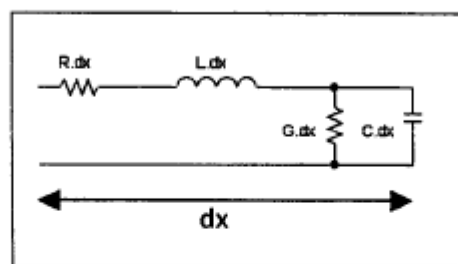
- 1.1. Déterminer la fréquence des signaux sinusoïdaux représentés à la **figure 2**.
- 1.2. Calculer l'atténuation introduite par la paire différentielle en dB à cette fréquence.
- 1.3. Placer ce point de mesure nommé **A** sur le **document réponse 1**.
- 1.4. Déterminer l'atténuation en dB de la ligne de transmission à la fréquence 5 MHz.
- 1.5. Indiquer comment se comporte la paire différentielle torsadée de 100 m.



Document réponse 1

2. Impédance caractéristique et résistances de terminaison

La modélisation d'une ligne sur une longueur dx peut se représenter sous la forme suivante :



- L : inductance linéique (H/m)
- R : résistance linéique (Ω /m)
- G : conductance linéique (S/m)
- C : capacité linéique (F/m)

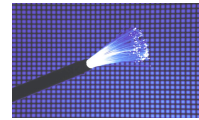
Figure 3

L'impédance caractéristique en notation complexe d'une ligne de transmission est définie par :

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j.L.\omega}{G + j.C.\omega}}$$

L'inductance linéique et la capacité linéique valent respectivement $L = 0,72 \mu\text{H/m}$ et $C = 50 \text{ pF/m}$.

- 2.1. Citer les éléments de la ligne qui provoquent des pertes et donc une atténuation du signal.
- 2.2. Donner leur valeur dans le cas d'une ligne sans perte.



Dans une voiture, la longueur maximale d'une paire torsadée est de l'ordre de 3 m. Par conséquent, on peut supposer la ligne sans perte à des débits inférieurs ou égaux à 500 kbit/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 et se ramène à l'expression :

$$Z_c = R_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

2.5. Calculer la valeur numérique de la résistance caractéristique R_c .

Si la charge R_{CH} (supposée strictement résistive) connectée à la sortie de la ligne de transmission n'est pas choisie correctement, une onde réfléchie apparaît et déforme le signal transmis du fait de la longueur de la paire torsadée et des débits utilisés. On définit le coefficient de réflexion au niveau de la charge R_{CH} par :

$$\Gamma_S = \frac{R_{CH} - R_C}{R_{CH} + R_C}$$

L'amplitude de l'onde réfléchie est égale à celle de l'onde incidente multipliée par le coefficient de réflexion Γ_S :

$$V_{RM} = \Gamma_S \cdot V_{IM}$$

V_{RM} étant l'amplitude de l'onde réfléchie et V_{IM} l'amplitude de l'onde incidente.

2.6. Donner la valeur de la résistance de charge R_{CH} pour annuler les réflexions.

2.7. Dans une automobile, un réseau CAN peut se représenter partiellement de la façon suivante :

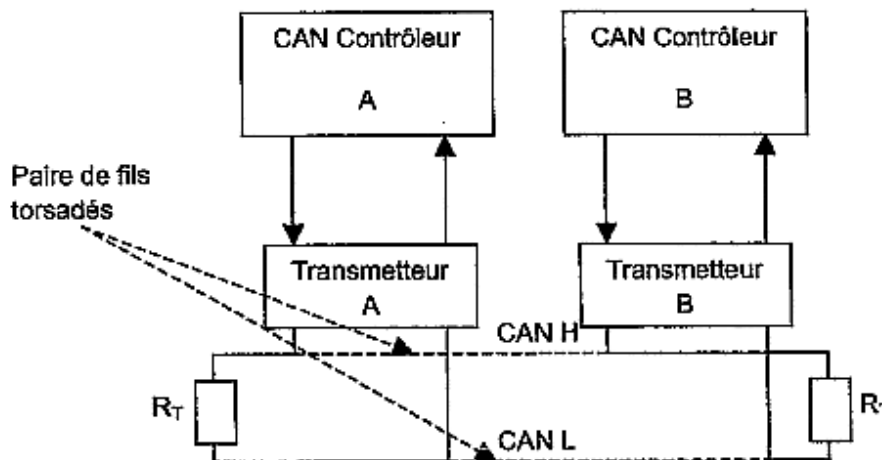
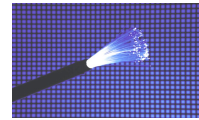


Figure 4

Justifier l'intérêt des résistances de terminaison R_T et donner leur valeur numérique dans le cas du bus CAN .



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

La paire différentielle torsadée possède une résistance caractéristique R_C de 120Ω .

On simule deux essais en régime impulsionnel correspondant à deux conditions de mesure différentes :

- La condition de mesure A représente une ligne adaptée sur sa résistance caractéristique. Ce cas illustre un fonctionnement normal du bus CAN. C'est le schéma de la **figure 5**.
- La condition de mesure B représente une ligne court-circuitée sur l'une de ses extrémités. Ce cas illustre un défaut sur le bus CAN. C'est le schéma de la **figure 6**.

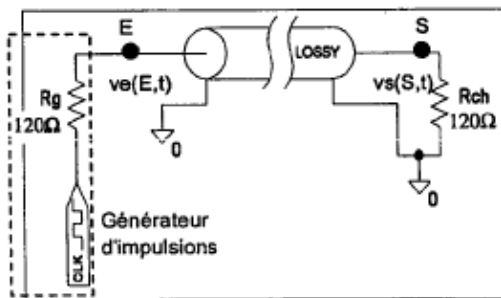


Figure 5

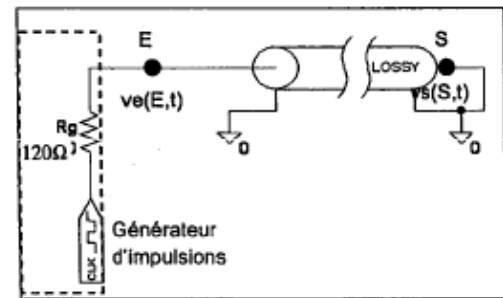


Figure 6

3.1. Indiquer la condition de mesure utilisée pour relever le chronogramme de la **figure 7**. Justifier la réponse.

Calculer le coefficient de réflexion Γ_1 au niveau de la charge dans ce cas.

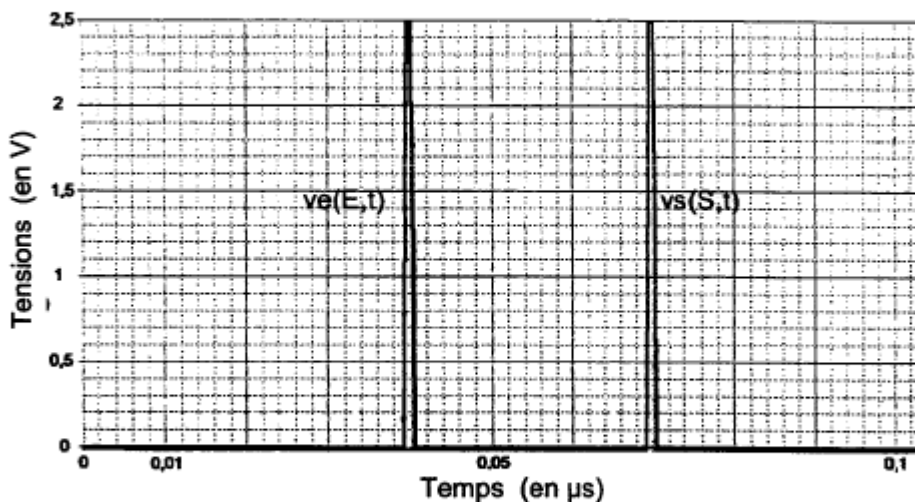
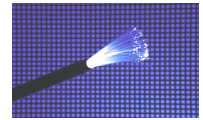


Figure 7

3.2. Déterminer la valeur du temps de propagation t_p nécessaire à l'impulsion d'entrée pour parcourir la ligne de longueur 5 mètres. En déduire le temps de propagation linéique t_{pl} qui s'exprime en ns/m.



- 3.3. Sur le chronogramme de la **figure 8**, la tension $v_S(S,t)$ est nulle et n'est donc pas représentée. Indiquer la condition de mesure utilisée pour relever ce chronogramme. Justifier la réponse. Calculer le coefficient de réflexion Γ_2 au niveau de la charge dans ce cas.

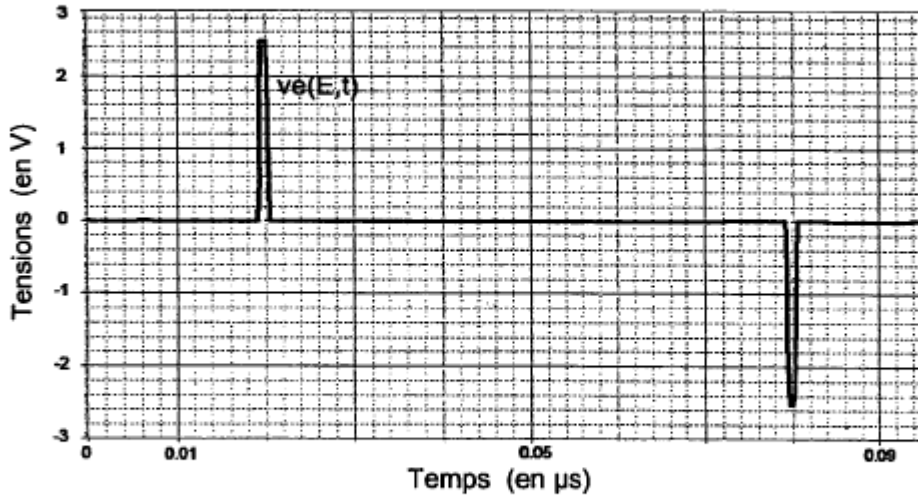
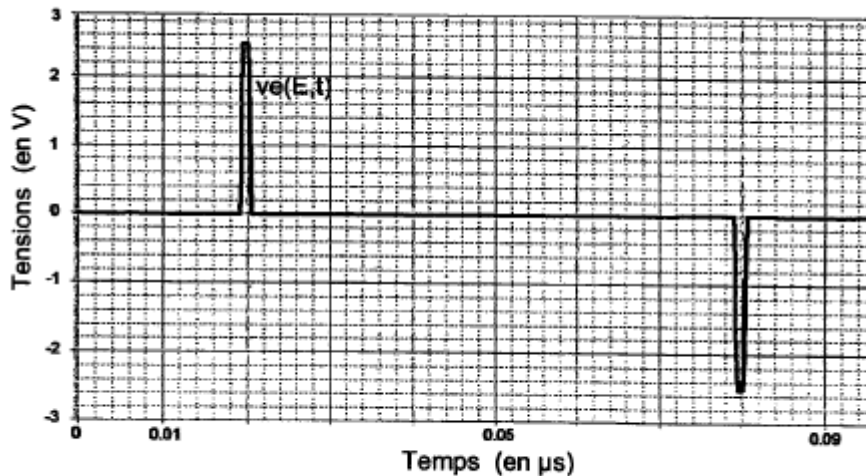


Figure 8

- 3.4. Indiquer sur le chronogramme du **document réponse 2** l'impulsion réfléchie et l'impulsion incidente. Justifier l'amplitude obtenue pour l'impulsion réfléchie.



Document réponse 2