

Épreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE**Durée: 3 heures****coefficient : 3**

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

L'usage de la calculatrice est autorisé selon la réglementation en vigueur (circulaire n' 99-186 du 16.11.1999).

Le sujet comporte deux parties A et B indépendantes, deux documents réponse à rendre avec la copie et une annexe.

A. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Pour assurer une surveillance et informer la population en matière de qualité de l'air, une échelle indiquant la concentration des principaux polluants que l'on rencontre dans l'atmosphère (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, poussière et ozone) a été créée.

C'est une station de mesure "mobile", installée dans une camionnette non polluante qui se charge de prélever un échantillon d'air, de mesurer la concentration du polluant et de transmettre ces informations à distance vers un poste central.

On s'intéresse à la station de mesure de l'ozone (Figurel).

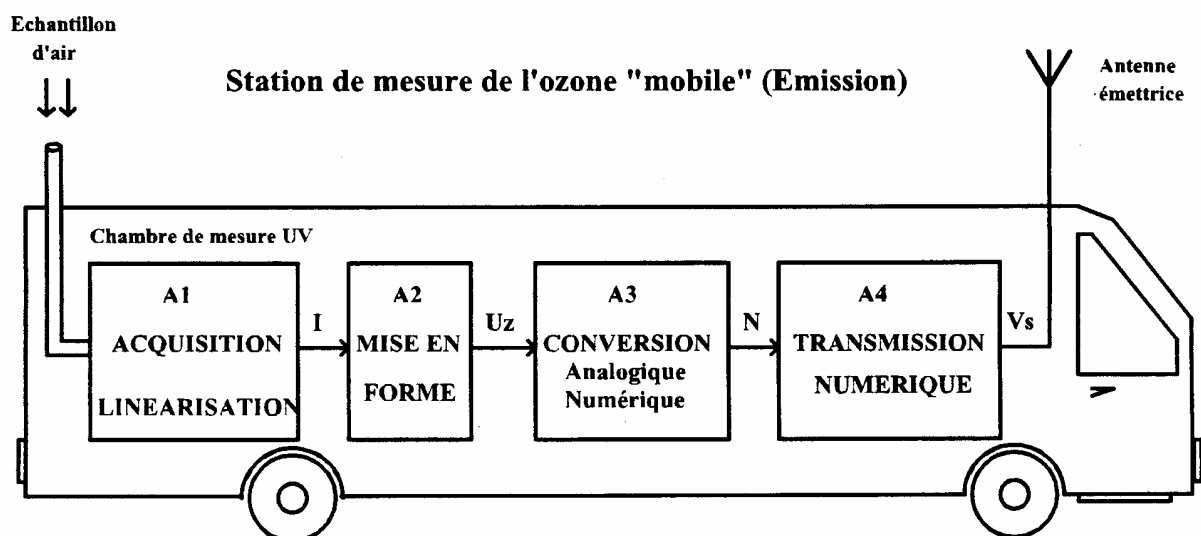


Figure 1

Les parties A1, A2, A3 et A4 peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre

A1. ACQUISITION ET LINÉARISATION (3 points)

Les molécules d'ozone contenues dans les hautes couches de l'atmosphère absorbent une grande partie des rayons ultraviolets (UV) du soleil et nous assurent ainsi un écran protecteur indispensable. En revanche, près du sol, l'ozone produit par les polluants émis par les transports et les industries devient nocif

Le spectre d'absorption de l'ozone présente un maximum à la longueur d'onde $\lambda_z = 253,7$ nm (cette radiation lumineuse est fournie par une lampe UV à vapeur de mercure).

Le schéma de principe simplifié de la chambre de mesure est représenté sur le Document 1 de l'annexe.

Le principe de la mesure utilise l'émission de radiations UV à travers l'échantillon d'air. Après étalonnage, un capteur permet de détecter la présence d'ozone. Dans les conditions de fonctionnement (conditions normales de température et de pression) la concentration d'ozone est donnée par la relation (1) ci-dessous :

$$Z = 10^4 \operatorname{Ln} \left[\frac{I_0}{I} \right] \quad (1)$$

On désigne par:

Z : la concentration d'ozone en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

I : l'intensité en A du courant de sortie du détecteur (proportionnelle au flux énergétique mesuré).

I₀ : l'intensité en A de ce courant lorsque l'échantillon ne contient pas de molécule d'ozone.

Ln : le logarithme népérien.

1.a. A partir de la relation (1), montrer que l'intensité du courant I s'écrit sous la forme $I = I_0 e^{-\alpha Z}$

1.b. Donner la valeur de α .

2.a. On rappelle que lorsque $x \ll 1$, on peut utiliser l'approximation suivante : $e^{-x} \approx 1 - x$

Montrer que l'intensité du courant I peut se mettre sous la forme : $I = -\beta Z + I_0$

2.b. On donne $I_0 = 100 \mu\text{A}$. Calculer β .

3.a. La plage de mesure de la concentration d'ozone s'étend de 0 à 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En utilisant la relation établie au **1a.** ci-dessus, donner la plage de variation de I en μA .

3.b. Justifier alors l'approximation faite en **2.a.**

A2. MISE EN FORME (5 points)

Les amplificateurs opérationnels sont considérés comme parfaits. Ils fonctionnent en régime linéaire.

Avant d'être traitée par un convertisseur analogique-numérique, l'information issue du détecteur est d'abord mise en forme : on réalise pour cela le schéma de la Figure 2.

On suppose que le courant I qui sort du détecteur a pour expression :

$$I = -10^{-8} Z + 10^{-4}$$

Dans cette formule, I est exprimé en A et Z en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

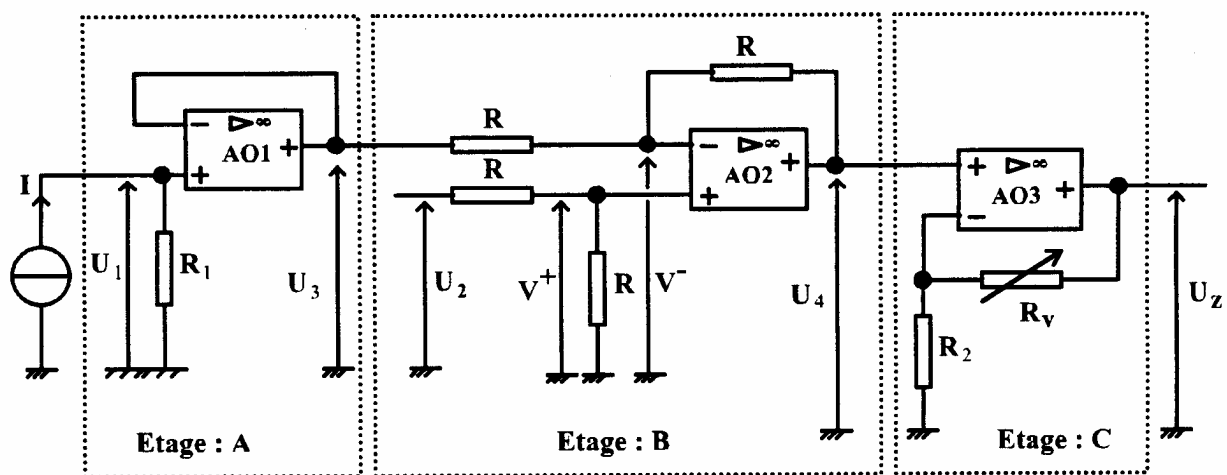


Figure 2

1. Dans l'étage A:

1.a. Montrer que la tension U_1 peut s'écrire sous la forme : $U_1 = -a Z + U_0$

1.b. On donne $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$. Calculer a et U_0 .

1.c. Quel intérêt cet étage présente-t-il ?

2. Dans l'étage B :

2.a. En exprimant d'une part V^- en fonction de U_3 et U_4 , d'autre part V^+ en fonction de U_2 ,

montrer qu'en sortie on obtient : $U_4 = U_2 - U_3$.

2.b. On donne $U_2 = 10 \text{ V}$. Exprimer alors U_4 en fonction de Z .

3. Dans l'étage C :

3.a. Donner l'expression de U_z en fonction de R_2 , R_v (potentiomètre de réglage) et U_4 .

3.b. On désire obtenir $U_z = 5\text{V}$ pour $Z = 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

On donne $R_{v\text{MAX}} = 22 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$.

A quelle valeur doit-on régler R_v pour satisfaire cette condition ?

A3. CONVERSION ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE (3 points)

Dans la plage de mesure étudiée, la tension U , est proportionnelle à la concentration d'ozone dans l'air: $U_z = 5 \times 10^{-3} Z$

Cette tension U_z , image de la concentration d'ozone, est appliquée à l'entrée du convertisseur analogique-numérique dont la sortie peut être traduite par un nombre décimal N_d .

1. Les seuils de concentration d'ozone sont donnés à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ près, soit $\Delta Z = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Calculer la variation ΔU_z (exprimée en mV) correspondant à une variation élémentaire Δz de la concentration d'ozone dans l'air.

2. La résolution de ce convertisseur est donnée par la relation:

$$q = \left[\frac{U_M}{2^n - 1} \right]$$

Dans cette formule, on désigne par:

U_M : la valeur maximale de la tension U_z correspondant à $Z = 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

q : le quantum ou résolution, correspondant à la plus petite variation de la tension U_z qui permet d'incrémenter de 1 la sortie numérique.

n : le nombre de bits.

2.a. Calculer alors le nombre minimum n de bits que devra avoir ce convertisseur.

2.b. En déduire la valeur numérique de q .

3. Le nombre N_d à la sortie du convertisseur est donné par la relation

$$N_d = \frac{U_z}{q}$$

3.a. Exprimer N_d en fonction de Z .

3.b. A partir du document 2 de l'annexe, calculer le nombre N_d que fournira le convertisseur si l'on atteint le " Seuil d'Alerte ".

A4. APPROCHE SIMPLIFIÉE DE LA TRANSMISSION NUMÉRIQUE (4 points)

La résolution de cette partie ne demande aucune connaissance particulière sur les transmissions numériques.

Le signal numérique $b(t)$ issu de la liaison série du CAN doit être transformé en un signal $n(t)$ (NRZ - Non Retour à Zéro) qui, à son tour, subit une codification en fréquence (FSK) et est transmis après amplification par une antenne émettrice (Figure 3).

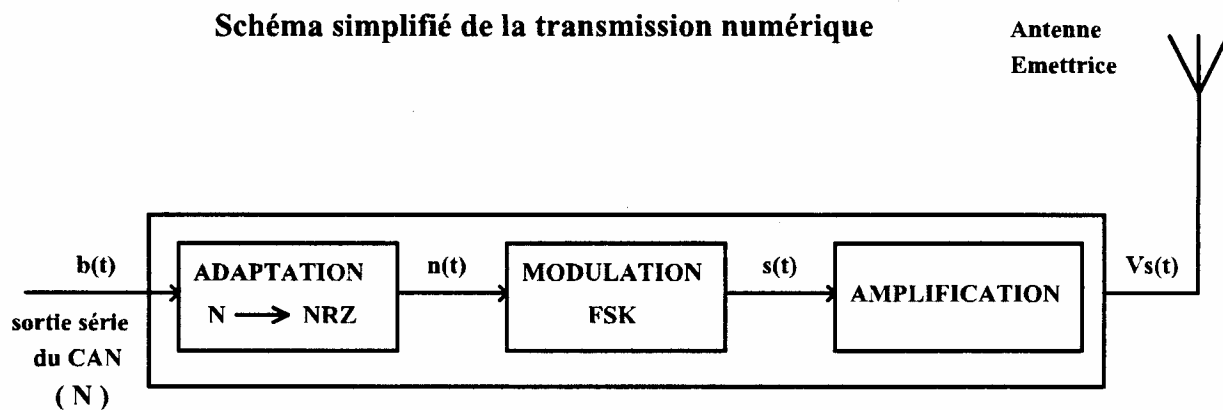


Figure 3

Le signal Non Retour à Zéro : $n(t)$

A un « 0 » logique de $b(t)$ correspond $n(t) = -U$

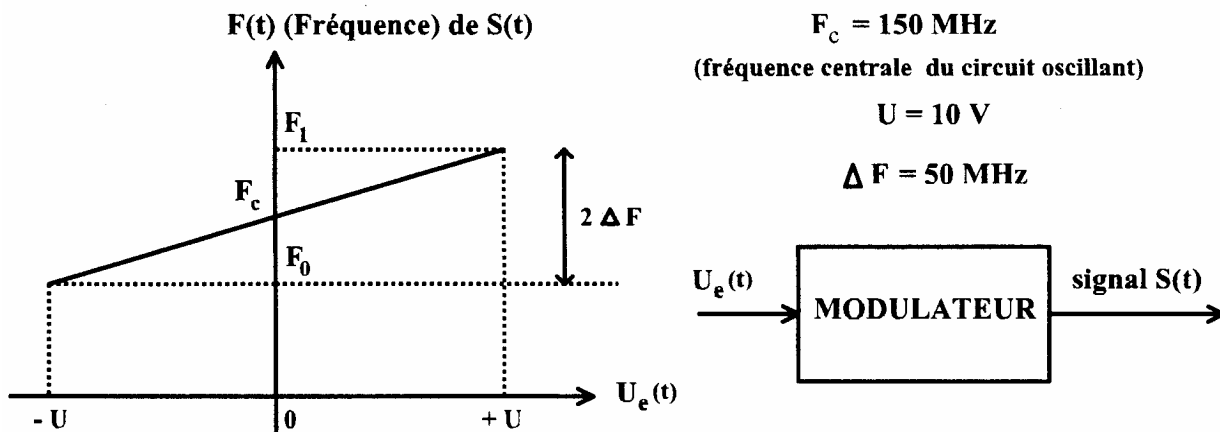
A un « 1 » logique de $b(t)$ correspond $n(t) = +U$

Et cela, pendant la durée T_B du bit considéré.

La modulation FSK

Le signal sinusoïdal $s(t)$ d'amplitude S est obtenu par un modulateur HF (Haute Fréquence) réalisé à l'aide d'un circuit oscillant à fréquence variable $F(t)$ que l'on commande par la tension $n(t)$.

La caractéristique de transfert du modulateur se présente comme suit :



Le signal $n(t)$ est appliqué à l'entrée du modulateur, soit $U_e(t) = n(t)$

1. Calculer la constante k introduite par le modulateur et définie par la formule

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta U_e}$$

2. Pour un « 0 » logique de $b(t)$

2.a. Exprimer la fréquence F_0 en fonction de F_c et ΔF .

2.b. Calculer F_0 .

3. Pour un « 1 » logique de $b(t)$

3-a. Exprimer la fréquence F_1 en fonction de F_c et ΔF .

3-b. Calculer F_1 .

4. On donne $T_B = 50$ ns (durée d'un bit).

Compléter, sur le document réponse 1, les chronogrammes $n(t)$ et $S(t)$ pour une partie du mot $b(t)$ comprenant trois bits (« 1 » ; « 0 » « 1 »).

B. EXTRACTION DE FUMÉES TOXIQUES

Il est nécessaire de filtrer et de renouveler l'air ambiant dans les parkings souterrains et les ateliers industriels. L'extraction de l'air pollué (ventilation, évacuation de fumées, dégazages ...) est souvent assurée par des moteurs asynchrones.

Les parties B1 et B2 peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre

BI. MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ ALIMENTÉ PAR LE RÉSEAU (2 points)

Un moteur asynchrone tétrapolaire (2 paires de pôles) est alimenté par un réseau triphasé équilibré (230V/400V, 50Hz Ce moteur possède les caractéristiques suivantes :

Puissance mécanique $P_u = 3,4 \text{ kW}$

$\cos \varphi = 0,833$

Vitesse nominale $n_N = 1440 \text{ tr/min.}$

1. Calculer la fréquence de synchronisme n_s en tr/min.
2. Quelle est la puissance électrique P_a , absorbée par ce moteur couplé en triangle si l'enroulement est traversé par un courant d'intensité $J = 4 \text{ A}$? 3.
3. Calculer son rendement, η .

B2. MOTEUR ASYNCHRONE ALIMENTÉ PAR UN ONDULEUR (3 points)

Afin de maintenir en permanence une qualité d'air convenable, on peut assurer une régulation de débit (non étudiée) de l'air ambiant si l'on connaît la concentration des polluants.

La variation du débit s'opère indirectement en utilisant un onduleur triphasé à transistors qui permet de faire varier la vitesse de rotation du moteur.

La figure 5 présente le moteur asynchrone, couplé en triangle, et associé au schéma simplifié de l'onduleur.

La tension d'entrée de l'onduleur E est une source de tension continue.

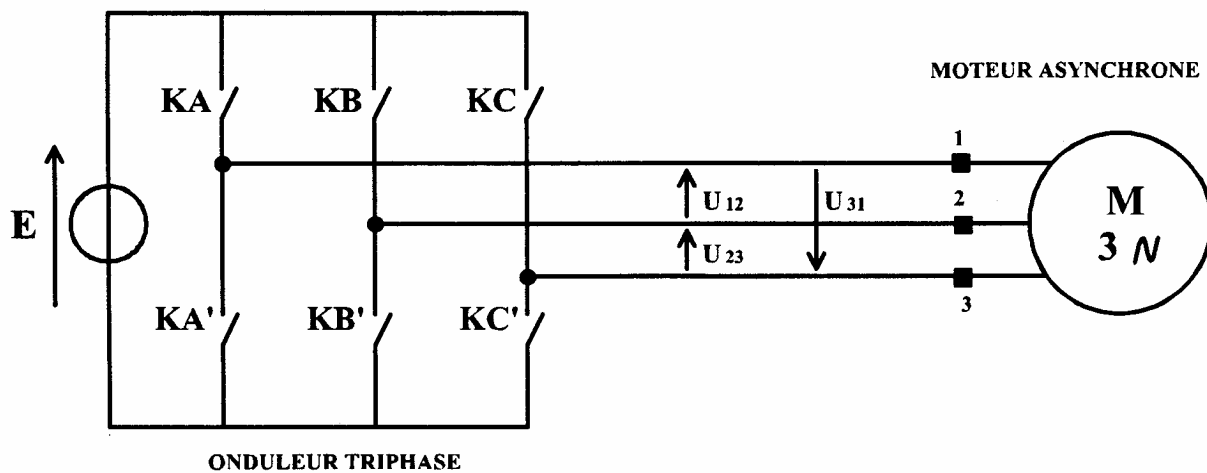


Figure 5

Les transistors sont modélisés par les interrupteurs (K_A, K_A'), (K_B, K_B'), (K_C, K_C') qui fonctionnent de manière complémentaire et conduisent chacun pendant une durée $T/2$ (T étant la période du réseau triphasé équilibré produit par l'onduleur).

La commande d'un interrupteur K (ou K') sur l'interrupteur suivant est décalée de $T/3$ dans l'ordre A, B, C.

1. Représenter les tensions composées $U_{23}(t)$ et $U_{31}(t)$ sur le document réponse 2 (la tension $U_{12}(t)$ étant déjà représentée).

2. Sur toute la plage de variation de la vitesse de rotation du moteur, on maintient le rapport $E/f = K$ (constante).

Le terme fondamental (harmonique de rang 1) du développement en série de Fourier de chacune des tensions composées $U_{12}(t)$, $U_{23}(t)$ et $U_{31}(t)$ s'écrit :

$$U_{12f}(t) = \frac{2E\sqrt{3}}{\pi} \sin \left[\omega t + \frac{\pi}{6} \right]$$

$$U_{23f}(t) = \frac{2E\sqrt{3}}{\pi} \sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right]$$

$$U_{31f}(t) = \frac{2E\sqrt{3}}{\pi} \sin \left[\omega t - \frac{7\pi}{6} \right]$$

- a. Expliquer pourquoi le système ($U_{12f}(t)$, $U_{23f}(t)$, $U_{31f}(t)$) est triphasé équilibré.
- b. Calculer la valeur de E , puis celle du coefficient K , si l'on veut qu'à la fréquence 50 Hz, le moteur soit alimenté sous une tension efficace de 400 V.

ANNEXE

DOCUMENT 1

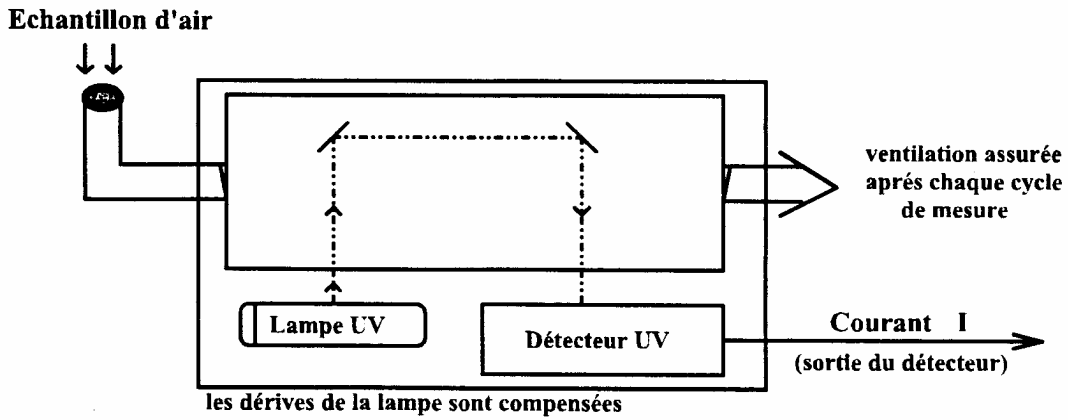


Schéma de principe simplifié de la chambre de mesure

DOCUMENT 2

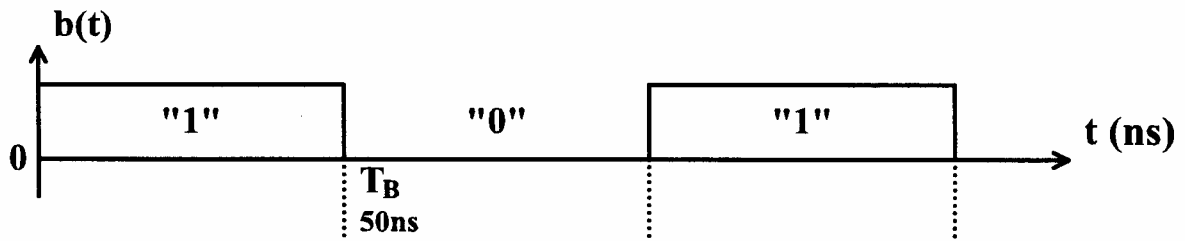
ECHELLE ATMO INDICANT LA CONCENTRATION D'OZONE

	INDICE	SEUILS POUR L'OZONE (Z en $\mu\text{g} / \text{m}^3$)	
Exécrable	⑩	> 360	SEUIL D'ALERTE
Très mauvaise	⑨	251 à 360	
Mauvaise	⑧	181 à 250	SEUIL DE RECOMMANDATIONS ET D'INFORMATION
Très médiocre	⑦	146 à 180	
Médiocre	⑥	111 à 145	
Moyenne	⑤	91 à 110	
Assez bonne	④	71 à 90	
Bonne	③	51 à 70	
Très bonne	②	31 à 50	
Excellente	①	0 à 30	

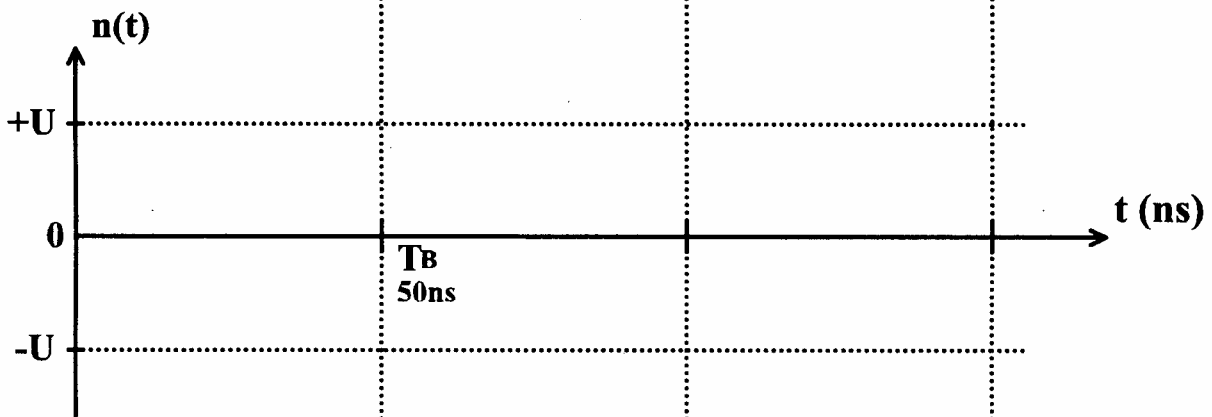
A RENDRE AVEC LA COPIE

A4. APPROCHE SIMPLIFIEE DE LA TRANSMISSION NUMERIQUE

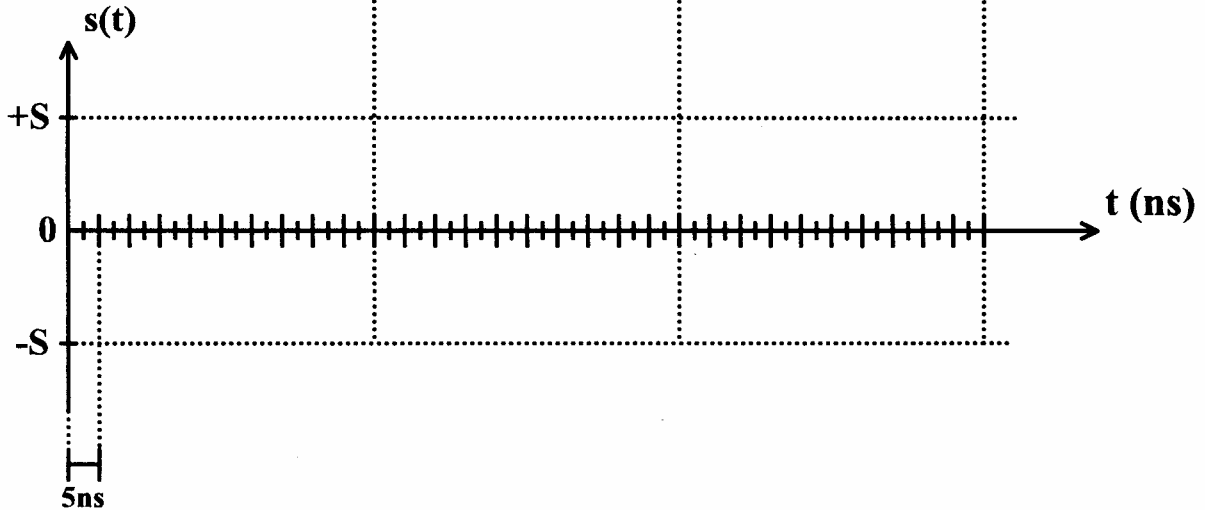
signal issu du CAN

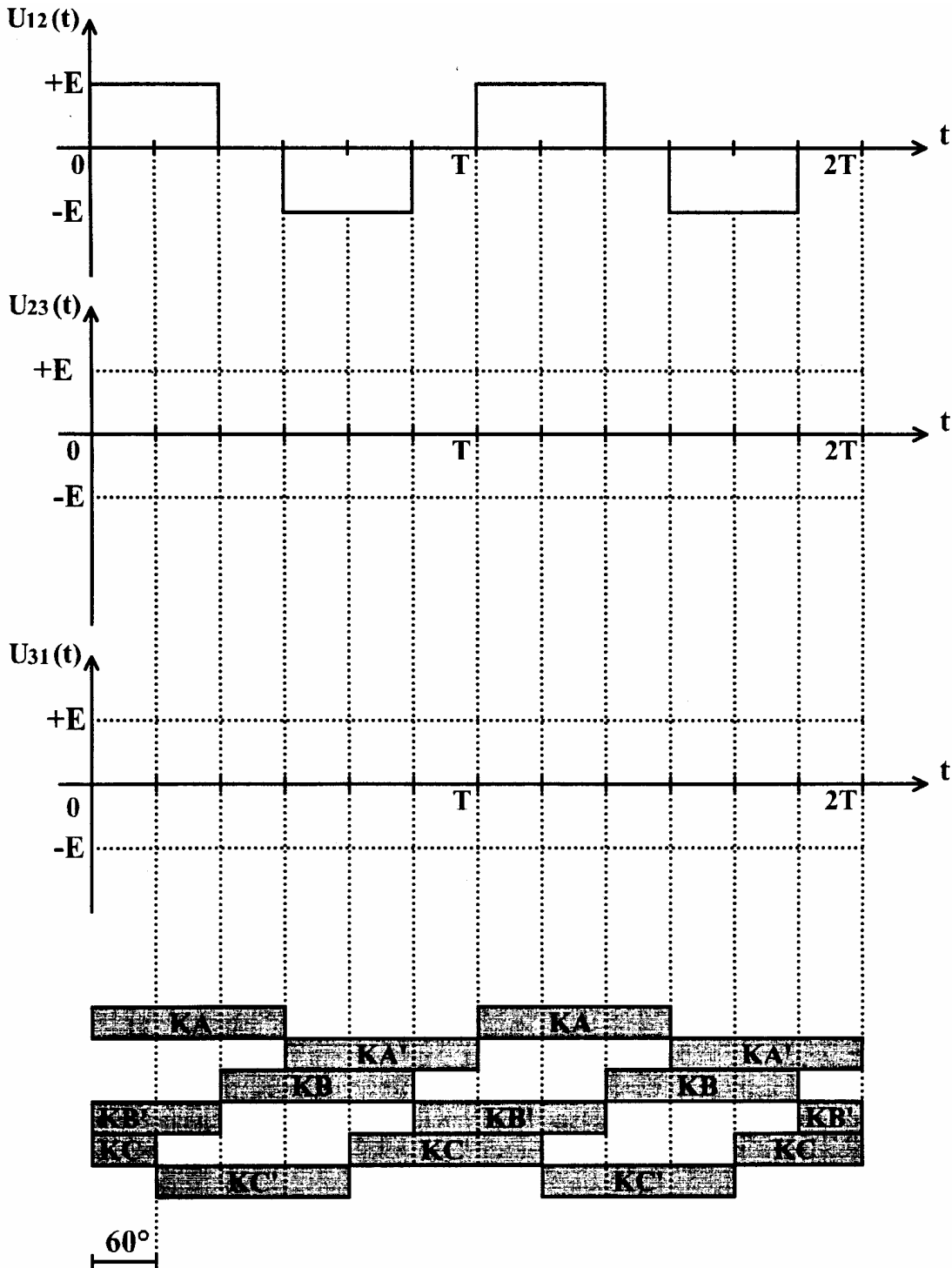


signal NRZ



signal NRZ-FSK (modulé)





ZONE DE CONDUCTION DES INTERRUPTEURS

