

# DOSSIER RÉPONSES

Les 3 parties qui constituent ce sujet sont indépendantes.

Au sein d'une même partie, les sous-parties sont elles-mêmes indépendantes.

<b>A - Étude du pupitre de commande -</b>	<b>page 2</b>
A1 - Analyse de l'écran tactile -	page 3
A2 - Analyse de la dalle tactile -	page 4
A3 - Mise en œuvre matérielle avec le processeur principal -	page 8
A4 - Liaison Ethernet entre la dalle tactile et le calculateur -	page 10
<b>B - Commande des girouettes -</b>	<b>page 12</b>
B1 - Étude matérielle de la liaison RS485 -	page 13
B2 - Étude du protocole propriétaire de la liaison RS485 -	page 15
B3 - Étude de la matrice monochrome 960 points (40 x 24) -	page 18
B4 - Étude de la régulation de luminosité -	page 25
<b>C - Traitement du choix du scénario par le calculateur -</b>	<b>page 29</b>
C1 - Étude de l'affichage du numéro de ligne sur un écran -	page 30
C2 - Émission d'un signal sonore annonçant le nom des arrêts -	page 37
C3 - Numéro de ligne et position GPS transmis par GPRS -	page 45

## Partie A - Étude du pupitre de commande -

**Objectif :** L'objectif de cette partie est d'analyser la solution technique permettant d'acquérir la position (X,Y) d'un appui sur l'écran tactile ; ceci en combinant un dispositif d'affichage LCD et un dispositif de pointage. Pour cela, vous devrez :

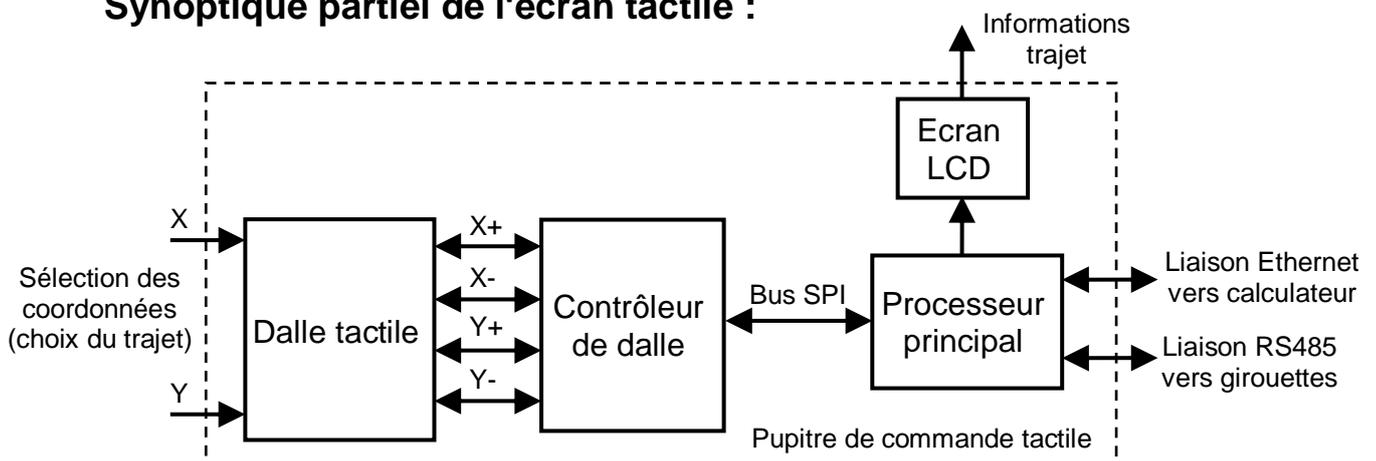
- déterminer la taille d'un pixel sur l'écran ;
- proposer une solution logicielle pour détecter une touche ;
- valider le choix d'une dalle tactile résistive ;
- exploiter le contenu d'une trame conforme au protocole SPI ;
- analyser un paquet TCP/IP échangé entre l'écran et le calculateur.

**Description fonctionnelle :**



Lorsque l'utilisateur touche l'écran tactile avec la pointe d'un stylet (ou d'un doigt), le contrôleur de la dalle détermine les coordonnées (X,Y) sélectionnées, puis l'information est transmise via un bus SPI au processeur principal du pupitre afin d'y être traitée.

**Synoptique partiel de l'écran tactile :**



**Conditions :** Pour répondre aux questions relatives à cette partie, vous disposez des documents suivants :

- Présentation du Système d'Informations Voyageurs (SIV)
- Annexe 1 DT2 - Spécifications de l'écran tactile
- Annexe 2 DT3 à DT6 - Contrôleur de la dalle tactile : ADS7846
- Annexe 3 DT7 à DT9 - Informations sur le protocole TCP/IP
- Annexe 4 DT10 - Tableau des caractères ASCII

## **A1 - Analyse de l'écran tactile -**

**QA1.** À partir du document des spécifications de l'écran tactile fourni en Annexe 1 DT2, **donner** la résolution maximale de l'écran LCD TPC-66SN.

**QA2.** En déduire le format de l'écran (4/3 ou 16/9). **Justifier** votre réponse.

**QA3.** À partir du document des spécifications de l'écran tactile en Annexe 1 DT2, **relever** la diagonale de l'écran et **convertir** la diagonale en cm (1 pouce = 2,54 cm).

**QA4.** En déduire la largeur et la hauteur de l'écran en cm.

**QA5.** En déduire la taille d'un pixel.

**QA6.** On considère que la surface moyenne d'un doigt sur un écran tactile correspond à un  $1\text{cm}^2$ . **Calculer** la dimension du carré en pixels sur l'écran (arrondir au pixel supérieur).

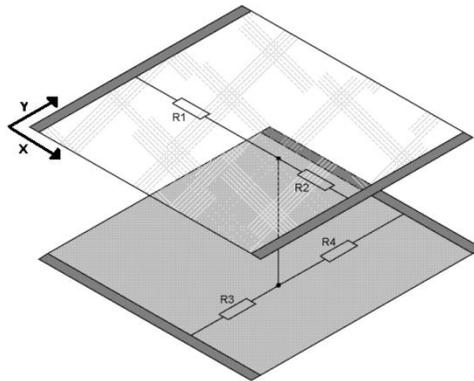
## A2 - Analyse de la dalle tactile -

On suppose que l'utilisateur a appuyé à un certain endroit de l'écran tactile. Vous allez déterminer les coordonnées (X,Y) sélectionnées.

### Principe de fonctionnement d'une dalle tactile :

Une dalle tactile 4 fils est constituée de deux plaques de verre dont la surface est résistive.

Une pression exercée sur la dalle amorce un contact entre les 2 faces. Un pont diviseur de tension est ainsi établi entre le contact et les bords de la dalle. Le contrôleur de la dalle obtient après conversion analogique numérique des 2 axes, les coordonnées (X,Y) sélectionnées.

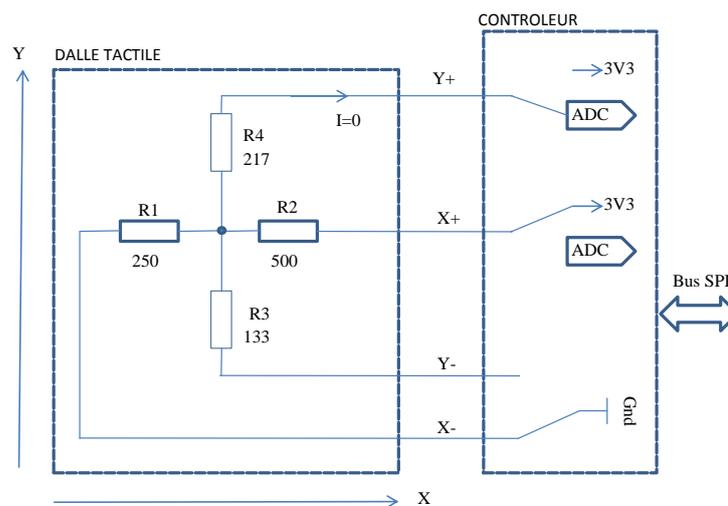


La lecture des coordonnées (X,Y) s'effectue en 3 étapes :

- lecture de l'axe X ;
- lecture de l'axe Y ;
- calcul des coordonnées (X,Y).

### A2.1 - Mesure de la tension issue de l'axe X de la dalle tactile -

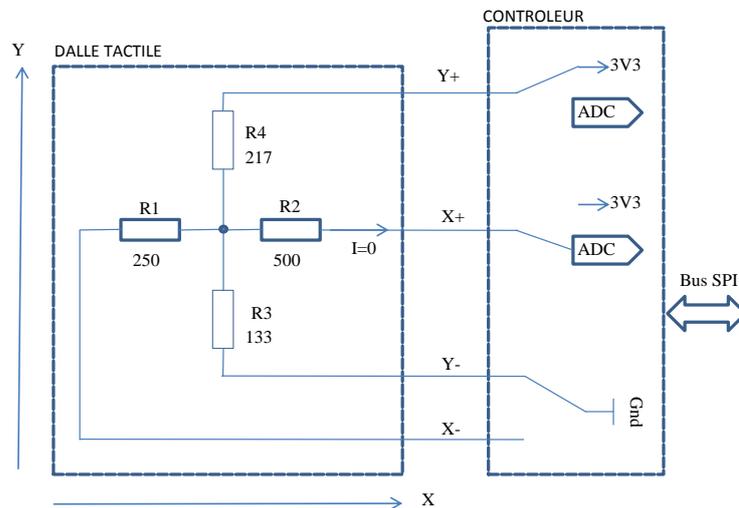
**QA7.** Sur le schéma structurel ci-dessous, **établir** l'expression littérale de la tension  $V_x$  en fonction des résistances et de l'alimentation.



**QA8.** Calculer la valeur numérique de  $V_x$ .

**A2.2 - Mesure de la tension issue de l'axe Y de la dalle tactile -**

**QA9.** Sur le schéma structurel ci-dessous, établir l'expression littérale de la tension  $V_y$  en fonction des résistances et de l'alimentation.



**QA10.** Calculer la valeur numérique de  $V_y$ .

**A2.3 - Conversion Analogique/Numérique des valeurs  $V_x$  et  $V_y$  -**

Les tensions  $V_x$  et  $V_y$  sont converties en valeurs numériques par le Convertisseur Analogique/Numérique (**CAN**) intégré au contrôleur de dalle (ADS7846). Ce convertisseur possède une résolution sélectionnable de 8 ou 12 bits et une tension de référence de +3,3V.

**QA11.** En fonction de la dimension de l'écran, déterminer la résolution du CAN adoptée par le constructeur sachant que l'on souhaite une résolution au moins égale au pixel.

**QA12.** À partir du document des spécifications de l'écran tactile fournie en Annexe 1 DT2, **valider** votre choix sur la résolution du CAN.

--

**QA13. Compléter** les valeurs numériques des tensions  $V_x$  et  $V_y$  calculées précédemment dans le tableau ci-dessous.

	<b>Tension analogique</b>	<b>Valeur numérique</b>
<b>Axe X</b>	<b><math>V_x =</math></b>	<b><math>N_{x(10)} =</math></b>
<b>Axe Y</b>	<b><math>V_y =</math></b>	<b><math>N_{y(10)} =</math></b>

La valeur numérique des 2 axes convertie par le CAN ne correspond pas directement au pixel de l'écran.

**QA14 Donner** l'équation liant la valeur de la position du pixel  $P_x$  et la valeur numérique  $N_x$  de l'axe X.

--

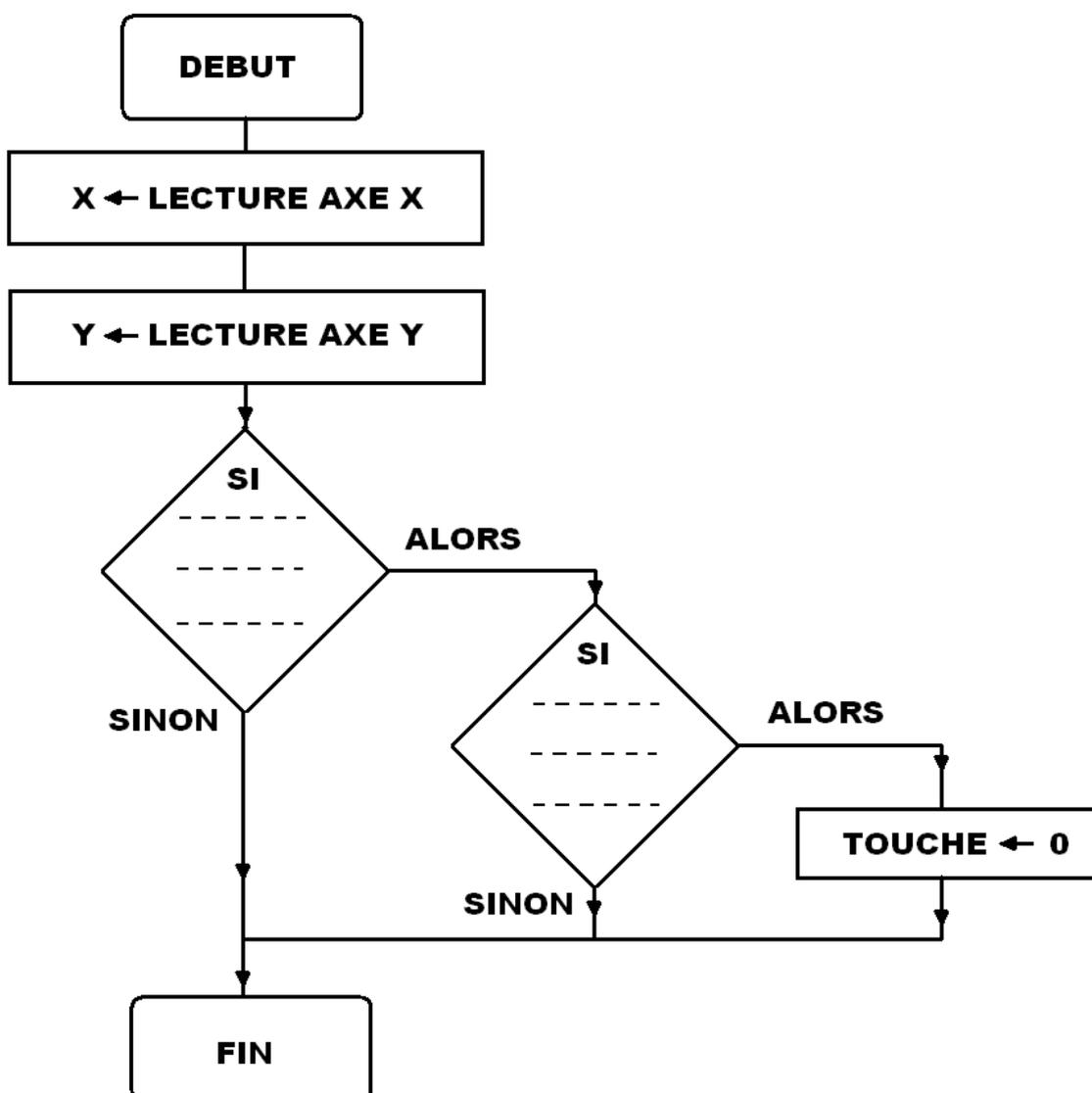
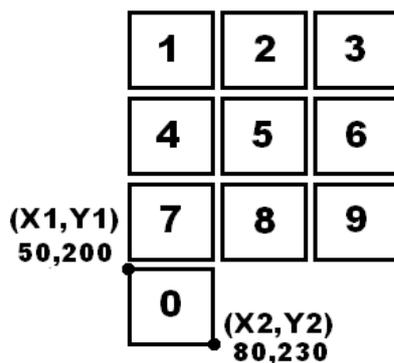
**QA15. Donner** l'équation liant la valeur de la position du pixel  $P_y$  et la valeur numérique  $N_y$  de l'axe Y.

--

**QA16. Consigner** les coordonnées du pixel sélectionné par l'utilisateur dans le tableau ci-dessous.

	<b>Pixel sélectionné</b>
<b>Axe X</b>	
<b>Axe Y</b>	

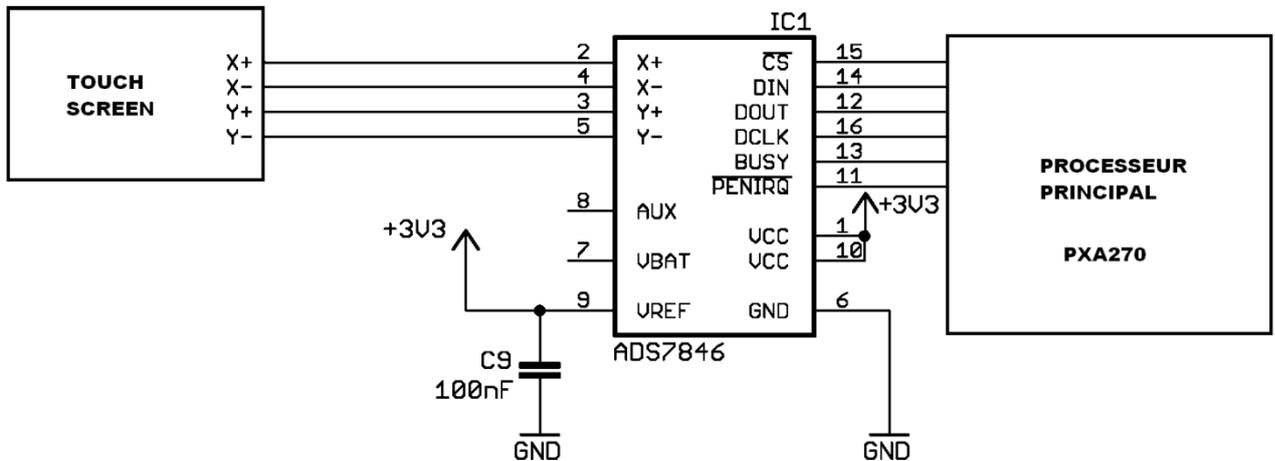
**QA17.** On donne les coordonnées "angle supérieur gauche" et " angle inférieur droit" de la touche 0 de l'écran tactile. **Compléter** l'algorithme ci-dessous, permettant de détecter un appui sur la touche 0.



### A3 - Mise en œuvre matérielle avec le processeur principal -

Les coordonnées de la dalle tactile sont transmises au processeur principal PXA270 par liaison série de type SPI.

## Touch Controller



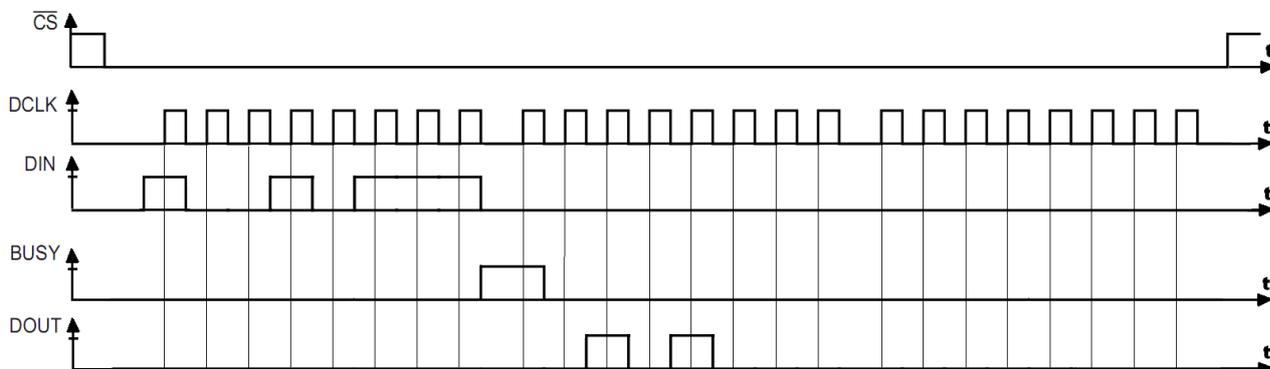
**QA18.** Compléter le tableau ci-dessous en décrivant le rôle de chacune des différentes broches d'entrées/sorties du contrôleur de la dalle tactile.

Broche	Label	Description
15	$\overline{CS}$	
16	DCLK	
12	DOUT	
14	DIN	
13	BUSY	

**QA19.** Préciser le niveau logique à appliquer à  $\overline{CS}$  pour valider le contrôleur.

**QA20.** Le chronogramme ci-dessous illustre une trame de communication en mode SPI entre le contrôleur et le processeur. En vous aidant de la documentation du contrôleur de la dalle tactile ADS7846 fournie en Annexe 2 DT3 à DT6, **identifier** et **déterminer** sur le chronogramme ci-dessous les valeurs binaires des points suivants :

- octet de contrôle ;
- mot transféré.



**QA21. Préciser**, à partir de cette trame, le mode de conversion du **Convertisseur Analogique/Numérique (CAN)** intégré au contrôleur. **En déduire** alors la résolution du CAN.

**QA22. Préciser**, à partir de cette trame, le mode de référence du CAN intégré au contrôleur.

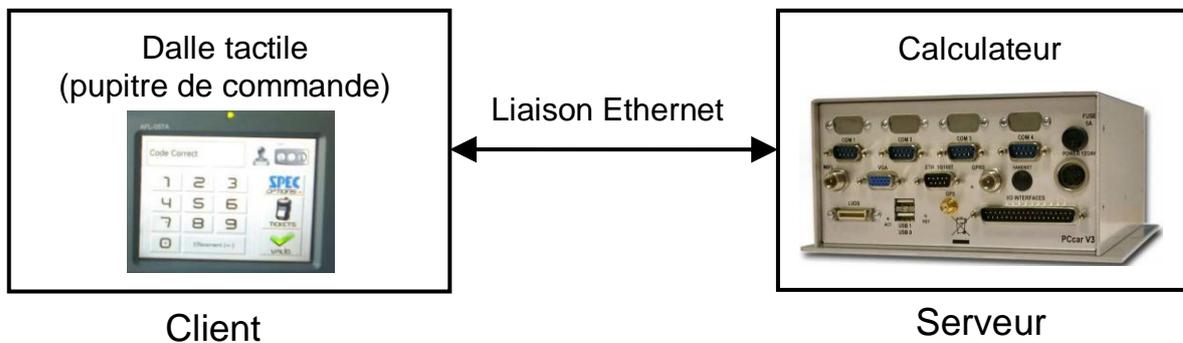
**QA23. Préciser**, à partir de cette trame, quel axe (X ou Y) est lu par le processeur principal. **Justifier** votre réponse.

**QA24. Préciser**, à partir de cette trame, la valeur décimale de l'axe lu par le processeur principal.

**QA25. En déduire** la position du pixel sélectionné sur l'axe.

### A4 - Liaison Ethernet entre la dalle tactile et le ordinateur -

Une fois le choix du trajet saisi, la dalle tactile (client) doit en informer le ordinateur (serveur) afin de gérer correctement le parcours et l'affichage des girouettes.



La trame Ethernet ci-dessous représente l'information circulant entre la dalle tactile et le ordinateur après avoir choisi un trajet. Cette trame a été relevée avec un logiciel de capture Ethernet.

**Trame Ethernet (valeurs hexadécimales) :**

	1 <sup>er</sup> octet															
n°1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AB	00	1A	4D	5A	88	71	00	1E
n°17	4C	A1	2A	57	08	00	45	00	00	2F	81	6B	40	00	80	06
n°33	F5	FB	C0	A8	01	0B	C0	A8	01	0A	0C	71	07	D0	3D	1D
n°49	42	E5	6F	49	4E	E8	50	18	F4	24	84	50	00	00	4C	69
n°65	67	6E	65	20	36											
						n°69										

**QA26.** À partir de la trame Ethernet relevée à la page précédente (page DR10) et du document d'informations sur le protocole TCP/IP fourni en Annexe 3 DT7 à DT9, **compléter** le tableau ci-dessous.

Adresse MAC destination (serveur)		
Adresse MAC source (client)		
IP	Longueur en-tête	
	Longueur totale	
	Adresse IP source (client)	
	Adresse IP destination (serveur)	
TCP	Port source	
	Port destination	
	Longueur en-tête	
	Longueur des données (faire le calcul)	
	Données transmises	

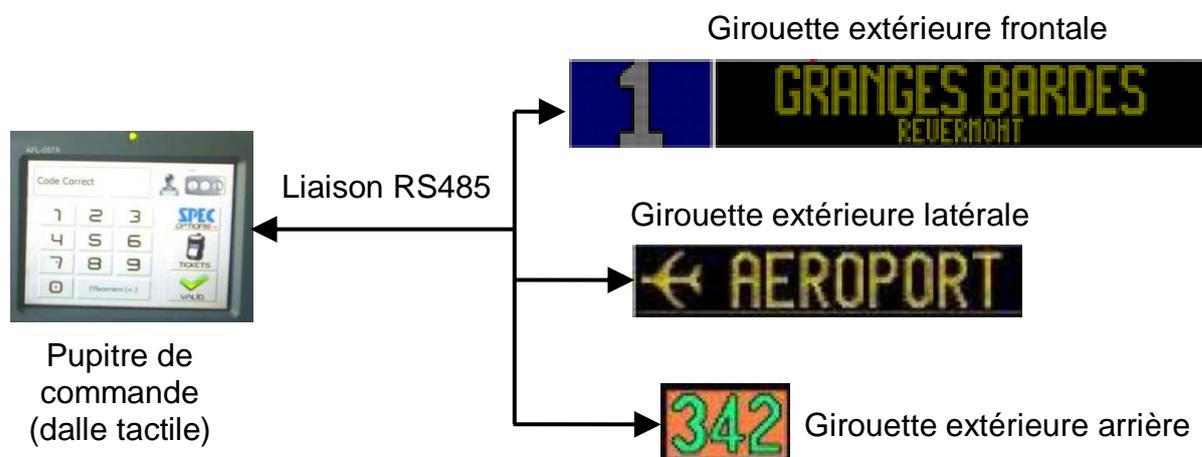
**QA27.** À l'aide du tableau des caractères ASCII fourni en Annexe 4 DT10, **décoder** les données transmises en faisant correspondre les caractères obtenus au code ASCII.

## Partie B - Commande des girouettes -

**Objectif :** On se propose de vérifier comment la liaison RS485 permet au pupitre de commande (dalle tactile) de transmettre les informations à afficher aux girouettes. Ensuite, vous étudierez comment est géré l'affichage. Enfin, vous vérifierez qu'il est possible de régler la luminosité des girouettes en fonction de l'éclairage ambiant. Pour cela, vous devrez :

- analyser les caractéristiques de la communication RS485 ;
- analyser les informations transmises par le pupitre de commande ;
- étudier le fonctionnement d'une matrice à LED ;
- analyser la régulation de luminosité.

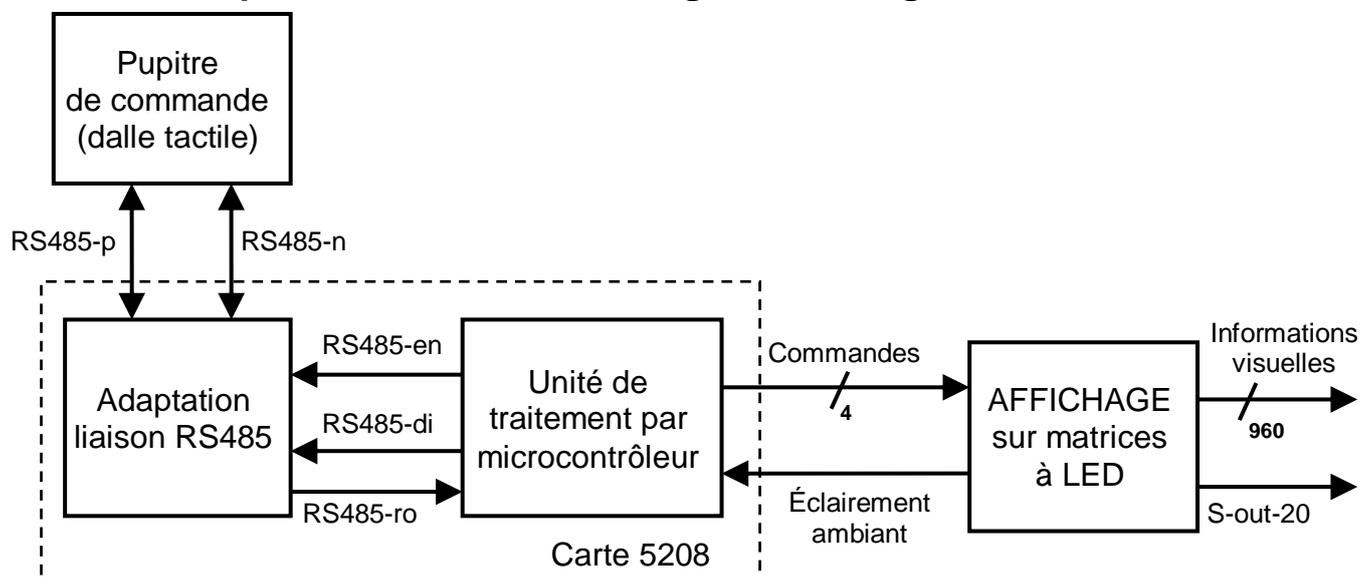
Les informations à afficher sur les girouettes extérieures (destination, numéro de ligne) sont transmises par le pupitre de commande via une liaison RS485 propriétaire.



Les messages et les destinations à afficher sont réalisés par une matrice monochrome constituée de 960 points (40x24) jaunes. Les numéros de ligne ou les logos sont affichés sur une matrice couleur constituée de 960 points RVB.

Chaque matrice est associée à une carte électronique 5208 qui interprète les ordres envoyés par le pupitre de commande et gère les matrices à LED (carte 5208 monochrome ou couleur suivant la matrice).

### Description fonctionnelle de la gestion des girouettes :

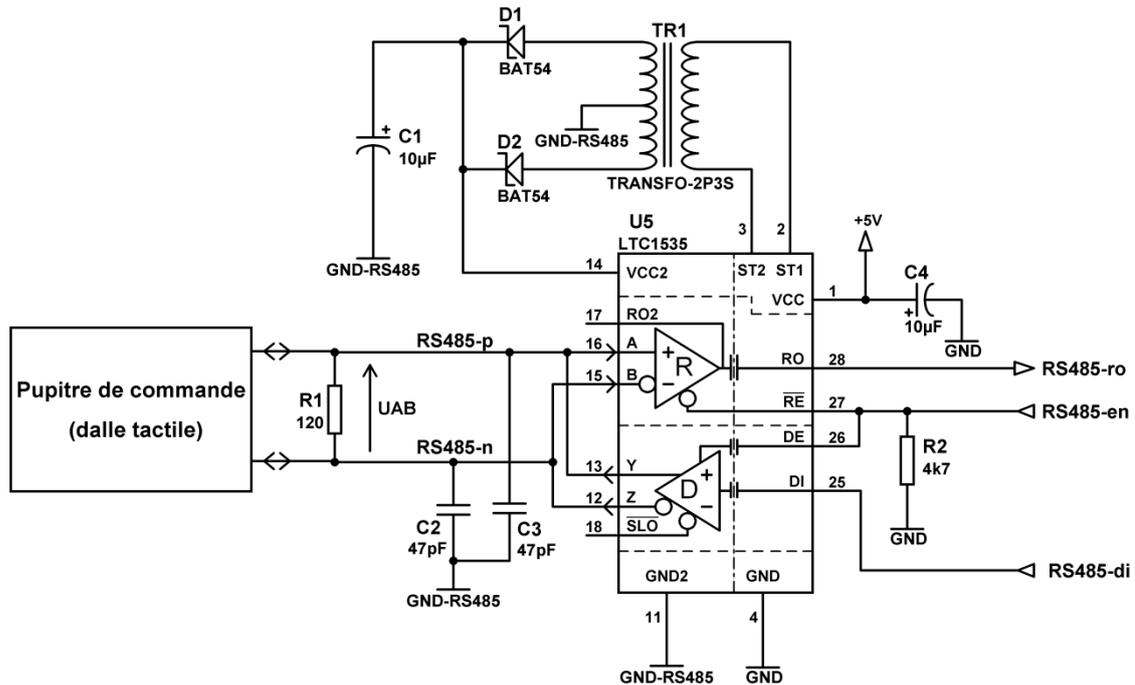


**Conditions :** Pour répondre aux questions relatives à cette partie, vous disposez des documents suivants :

- Annexe 4 DT10 - Tableau des caractères ASCII
- Annexe 5 DT11 à DT12 - Émetteur Récepteur de bus différentiel : LTC1535
- Annexe 6 DT13 à DT14 - Liaisons séries (transmission asynchrone)
- Annexe 7 DT15 - Protocole de la liaison RS485
- Annexe 8 DT16 à DT17 - Commande de LED 16 bits : STP16CL596
- Annexe 9 DT18 à DT19 - Convertisseur analogique/numérique : AD9200

## **B1 - Étude matérielle de la liaison RS485 -**

### **Schéma structurel partiel (carte 5208) : Adaptation liaison RS485**



**QB1.** À partir de la documentation émetteur récepteur de bus différentiel LTC1535 fournie en Annexe 5 DT11 à DT12, **donner** le rôle du circuit U5. **Préciser** également le niveau logique actif des entrées  $\overline{RE}$  et DE du circuit U5.

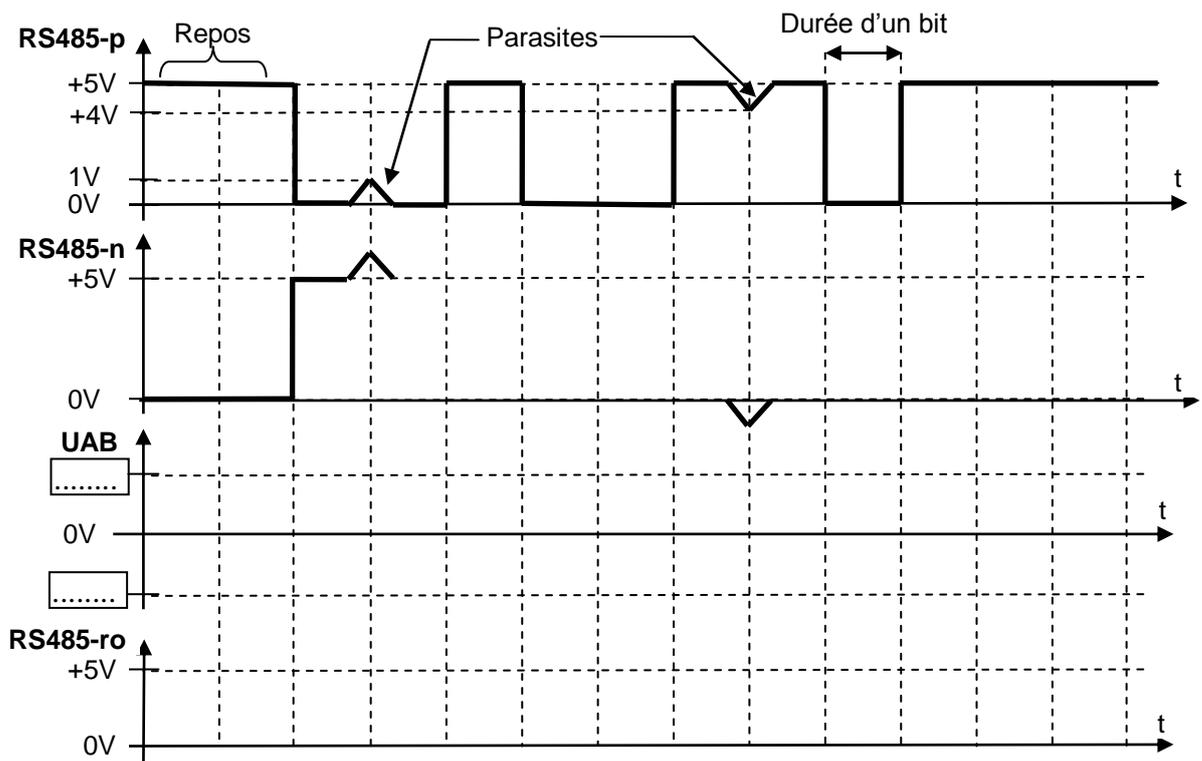
**QB2.** Lorsque le pupitre de commande communique vers les girouettes, **indiquer** dans quel mode de fonctionnement (émission ou réception) doit être configuré le circuit U5. **En déduire** alors les niveaux logiques à appliquer sur les entrées  $\overline{RE}$  et DE.

## Caractéristiques de la liaison RS485 :

- liaison half-duplex
- vitesse de transmission (débit binaire) : 9600 bits/s
- données :
  - 1 bit de start
  - 8 bits de données
  - pas de parité
  - 1 bit de stop

**QB3.** Déterminer la durée de transmission d'un bit.

**QB4.** Les chronogrammes ci-dessous représentent l'évolution des signaux sur la ligne différentielle RS485 pendant un échange entre le pupitre de commande et une girouette. **Compléter** les chronogrammes RS485-p, RS485-n, UAB et RS485-ro. **Préciser** les valeurs des amplitudes du signal UAB (voir la documentation émetteur récepteur de bus différentiel LTC1535 fournie en Annexe 5 DT11 à DT12 et le document sur les liaisons séries fourni en Annexe 6 DT13 à DT14).



**QB5.** Sur le chronogramme Rs485-ro précédent, **repérer** les bits suivants : Start, D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0 et Stop. **Reporter** les valeurs des différents bits dans le tableau ci-dessous et **compléter** la valeur hexadécimale du mot 8 bits ainsi obtenu.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Valeur hexadécimale

**QB6.** À partir du chronogramme obtenu à la page précédente (page DR14), **conclure** sur l'intérêt d'utiliser une transmission par tension différentielle UAB vis à vis des parasites.

**QB7.** À partir de la documentation émetteur récepteur de bus différentiel LTC1535 fournie en Annexe 5 DT11 à DT12, **donner** le nom et le rôle de la structure constituée par TR1, D1, D2 et C1.

**QB8.** Une liaison série RS232 est également présente sur le pupitre de commande. **Valider** le choix du constructeur d'avoir opté pour une liaison RS485 pour commander les girouettes.

## **B2 - Étude du protocole propriétaire de la liaison RS485 -**

Les données de paramétrages des girouettes sont enregistrées dans le pupitre de commande (dalle tactile) par le service de maintenance de l'exploitant.

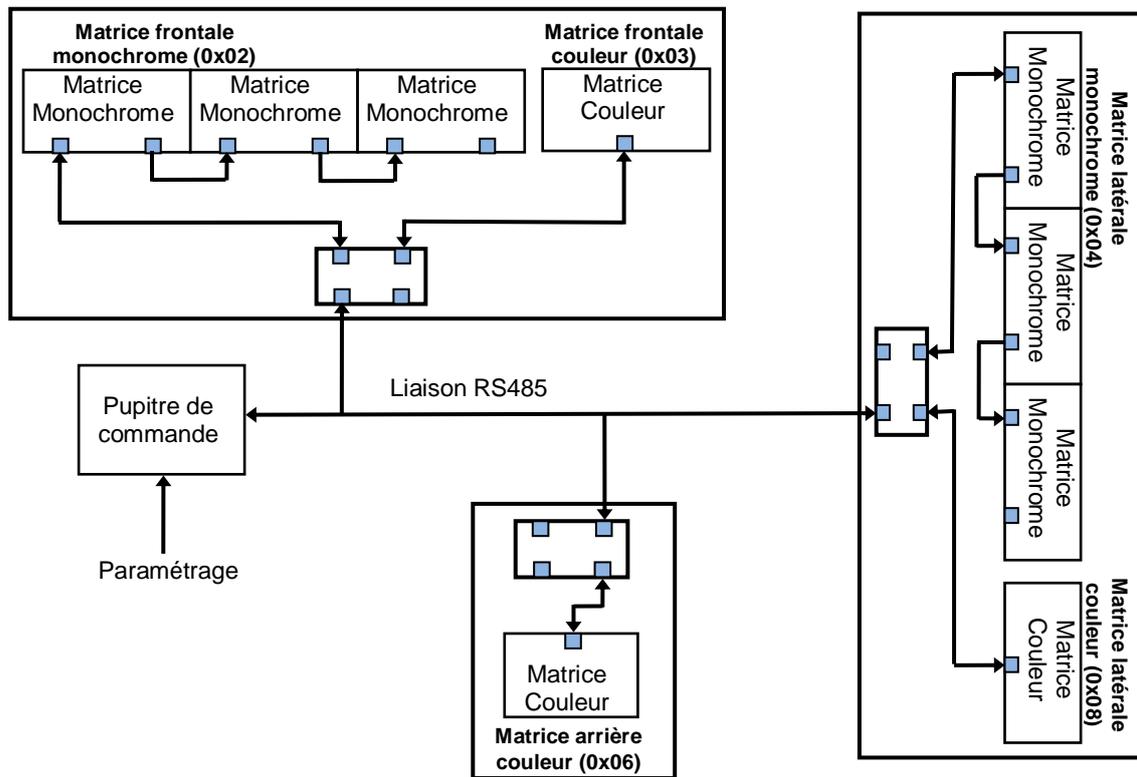
Ces données de paramétrage permettent au pupitre de commande de connaître la liste des girouettes prévues (adresse RS485, nom, ...), la liste des couleurs et des images pouvant être affichées sur les girouettes couleurs, ainsi que tous les textes pouvant être affichés. Chaque affichage est associé à un numéro de destination.

*On distingue deux types de destinations :*

- *Destination principale*
  - *directement liée au service effectué par le véhicule.*
- *Destination secondaire ou alternée*
  - *affichée en alternance avec la destination principale.*

Plusieurs afficheurs (couleurs ou monochromes) peuvent être utilisés simultanément dans un véhicule. Leur adresse sur le réseau RS485 dépend de leur position dans le bus.

### Configuration standard des véhicules :



Chaque équipement connecté sur le réseau RS485 possède une adresse propre, de manière à traiter seulement les messages qui lui sont destinés. Concernant le système formé par le pupitre de commande et les girouettes, les adresses sont les suivantes :

- Pupitre de commande 0x01
- Girouette frontale monochrome 0x02
- Girouette frontale couleur 0x03
- Girouettes latérales monochromes 0x04 et 0x05
- Girouette arrière couleur 0x06
- Girouette latérale couleur 0x08
- Toutes les girouettes 0xEE

La trame de commande d'affichage est générée par le pupitre de commande (dalle tactile) selon le principe suivant :

- une trame commence toujours par un octet de valeur 0x00 ;
- le nombre d'octets de données transmis varie selon la nature du message à afficher (numéro de ligne du bus, logo couleur ou monochrome,...) ;
- l'octet de checksum est calculé en effectuant un Ou-Exclusif sur l'ensemble des octets de données.

**Le protocole de la liaison RS485 est détaillé en Annexe 7 DT15.**

**Relevé d'une trame de commande d'affichage envoyée par le pupitre de commande (valeurs hexadécimales) :**

1<sup>er</sup> octet

00	06	00	0B	01	02	02	05	01	02	01	FF	01	36	00	Checksum
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----------

**QB9.** Pour la trame ci-dessus, **relever** la valeur de l'octet qui indique la girouette destinataire et **préciser** à qui elle est destinée.

**QB10.** Pour la trame ci-dessus, **relever** la valeur des octets indiquant le nombre de données se trouvant dans la trame et **préciser** combien de données doivent y être présentes.

**QB11.** **Préciser** si la trame envoyée doit afficher un logo ou un numéro de ligne.

**QB12.** Pour la trame relevée, **préciser** la valeur de l'octet qui indique le code ASCII à afficher et **donner** la signification de ce code (le tableau des caractères ASCII se trouve en Annexe 4 DT10).

**QB13.** **Déterminer** la valeur de l'octet de checksum manquant contenu dans la trame relevée ci-dessus.

Quand une girouette est destinataire d'un message, elle répond par un message au format standard, destiné au pupitre de commande, et ne comprenant qu'un seul octet de donnée :

- **0xFF** si le message est correct
- **0x00** si le message est erroné

**QB14.** Après avoir reçu un message à afficher de la part du pupitre de commande, **donner** la trame de réponse de la girouette dans le cas d'un message correct (le protocole de la liaison RS485 est détaillé en Annexe 7 DT15).

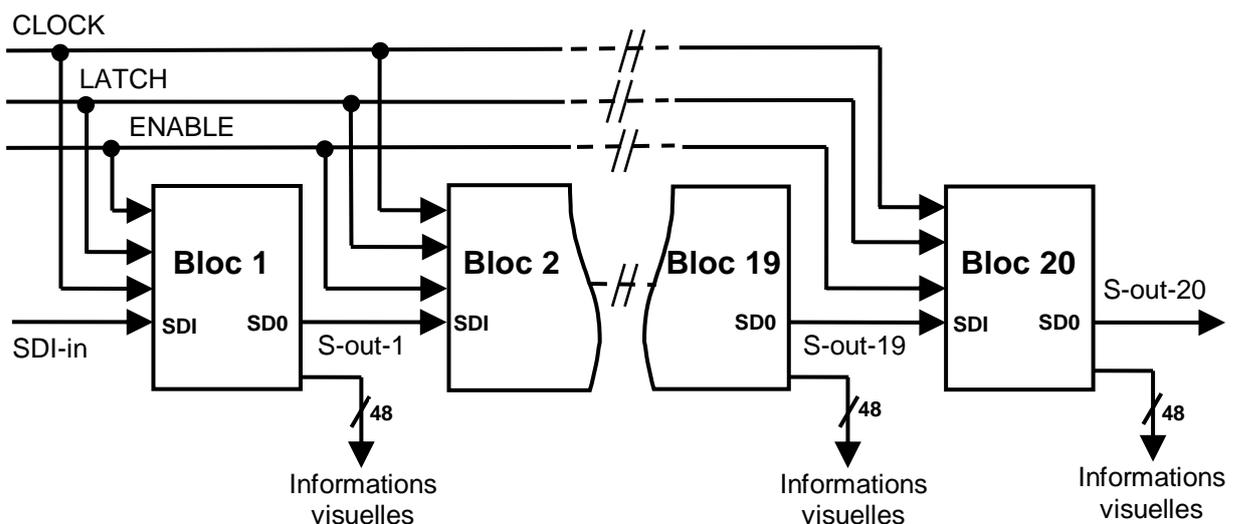
### **B3 - Étude de la matrice monochrome 960 points (40 x 24) -**

La matrice monochrome permet l'affichage des messages et des destinations. La matrice couleur est destinée à afficher les numéros ou logos.

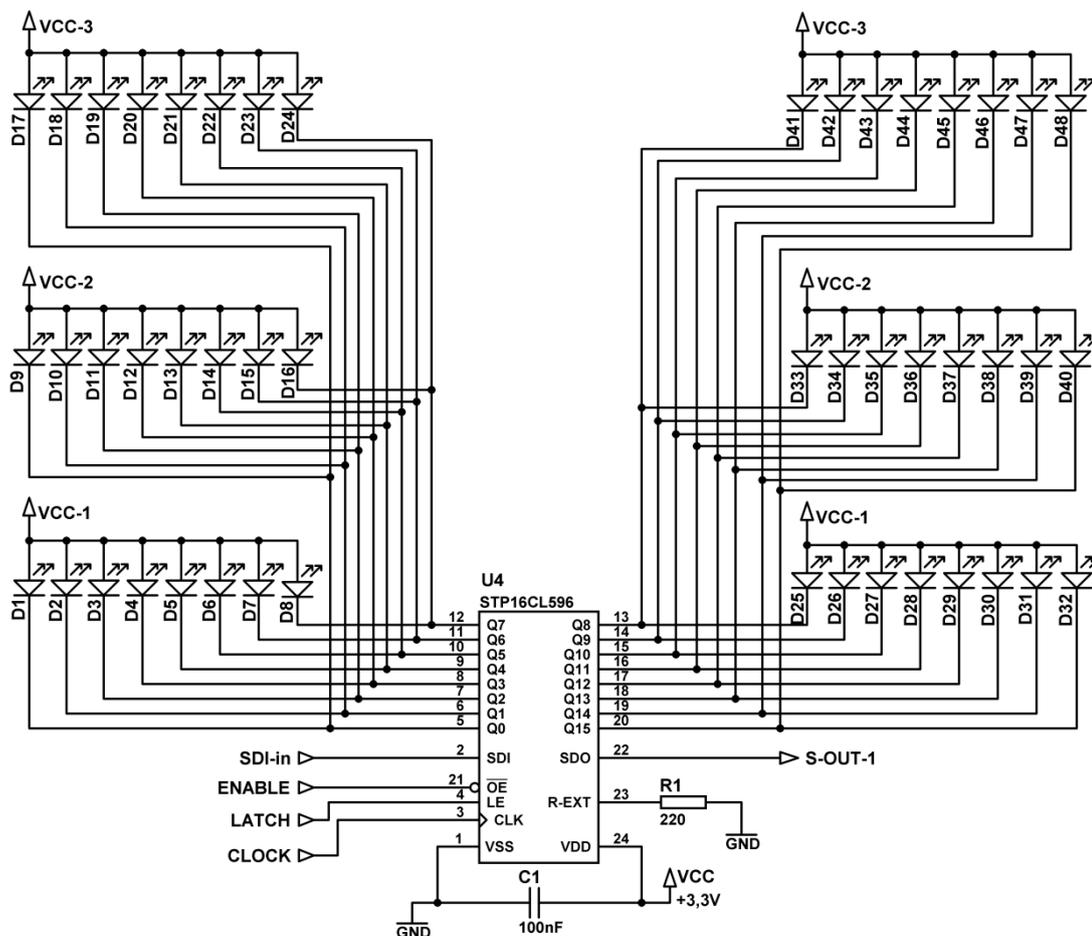
La carte électronique 5208 associée à chaque matrice interprète les ordres envoyés par le pupitre de commande. Elle pilote alors les matrices à LED en générant un signal SDI-in (communication série propriétaire SPEC).

Toutes les matrices à LED sont constituées de 20 blocs de 48 LED mis en cascades. La sortie du dernier bloc (S-out-20) permet la mise en cascade d'une nouvelle matrice. Il est ainsi possible de connecter plusieurs matrices entre elles pour obtenir la girouette de dimension souhaitée.

#### **Description fonctionnelle : mise en cascade des blocs LED d'une matrice**



## Schéma structurel partiel du bloc 1 d'une matrice à LED :



### Rappel sur les bascules D :

*Bascule D déclenché sur front:*

- CLK** : Entrée d'horloge active sur front montant ;
- D** : Entrée de donnée ;
- Q** : Sortie de la bascule ;
- $\bar{Q}$**  : Sortie complémentée de la bascule ;

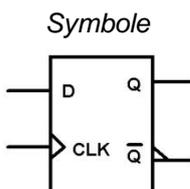


Table de fonctionnement :

CLK	D	$Q_n$	$\bar{Q}_n$
	0	0	1
	1	1	0
X	X	$Q_{n-1}$	$\bar{Q}_{n-1}$

*Bascule D déclenché sur niveau:*

- CLK** : Entrée d'horloge active sur niveau haut ;
- 1D** : Entrée de donnée ;
- Q** : Sortie de la bascule ;
- $\bar{Q}$**  : Sortie complémentée de la bascule ;

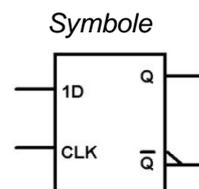


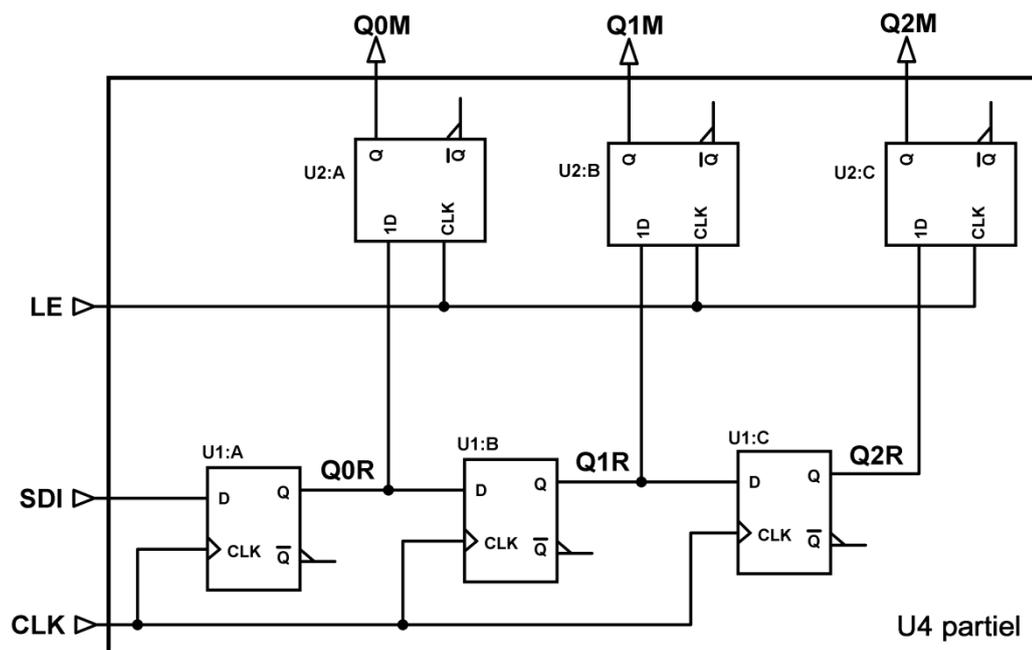
Table de fonctionnement :

CLK	D	$Q_n$	$\bar{Q}_n$
1	0	0	1
1	1	1	0
0	X	$Q_{n-1}$	$\bar{Q}_{n-1}$

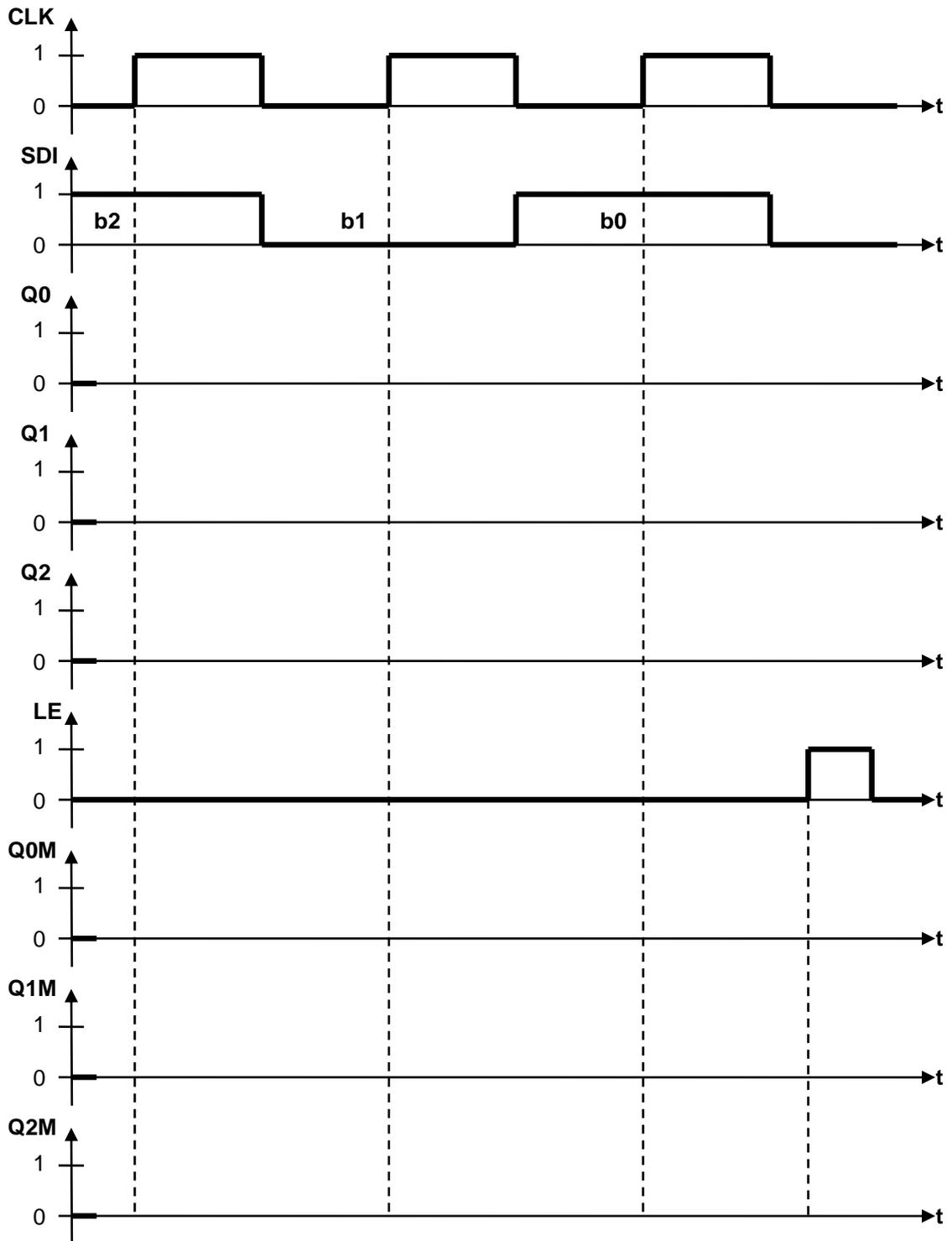
**QB15.** À partir de la documentation commande de LED 16 bits STP16CL596 fournie en Annexe 8 DT16 à DT17, **compléter** le tableau ci-dessous en décrivant le rôle de chacune des différentes broches d'entrées/sorties du circuit U4, et **préciser** le niveau logique actif des entrées LE et  $\overline{OE}$ .

Broche	Label	Description	Niveau logique actif
2	SDI		X
3	CLK		X
4	LE		
21	$\overline{OE}$		
22	SDO		X
23	R-EXT		X

On considère la structure interne simplifiée du circuit U4 STP16CL596 suivante :



**QB16.** On place sur l'entrée SDI de U4 un mot binaire série de 3 bits (b2, b1, b0) de valeur : "101". À partir de la structure interne simplifiée du circuit U4 fournie à la page précédente (page DR20), **compléter** les chronogrammes ci-dessous.

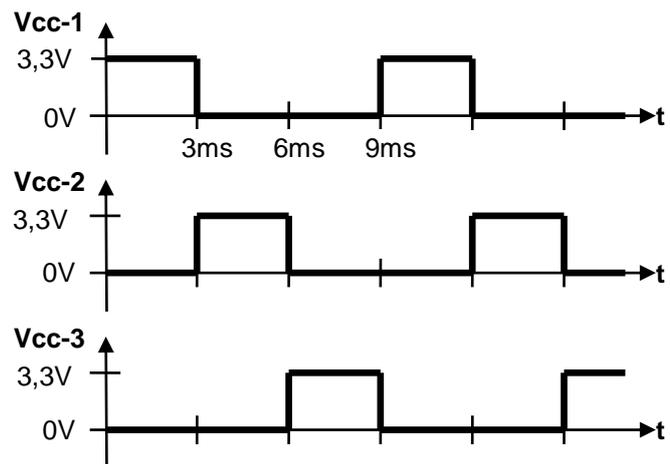


**QB17.** À partir du chronogramme obtenu à la page précédente (page DR21) et à l'aide de la structure interne réelle (figure 6) du circuit U4 STP16CL596 fournie en Annexe 8 DT16 à DT17, **déterminer** le nombre de coups d'horloge nécessaire au signal CLOCK pour qu'un mot série placé sur l'entrée SDI se retrouve complètement sur les sorties Q0M à Q15M.

**QB18.** Indiquer la fonction réalisée par le circuit U4 et **justifier** son emploi.

Afin de créer un affichage multiplexé des LED, les tensions d'alimentations  $V_{cc-1}$ ,  $V_{cc-2}$  et  $V_{cc-3}$  du schéma structurel partiel du bloc 1 (page DR19) sont commandées selon le chronogramme ci-contre.

L'affichage multiplexé consiste à allumer et éteindre les LED à une fréquence supérieure à 75 Hz. L'œil humain, du fait de la **persistance rétinienne**, ne perçoit pas alors de clignotement.



**Remarque :** La **persistance rétinienne** est la capacité de l'œil à conserver une image vue superposée aux images que l'on est en train de voir.

**QB19.** Montrer que la fréquence de multiplexage  $F_{Mux}$  est correctement déterminée pour éviter le clignotement de l'affichage.

**QB20.** À partir du schéma structurel partiel du bloc 1 de la matrice à LED (page DR19) et à l'aide de la figure 13 de la documentation commande de LED 16 bits STP16CL596 en Annexe 8 DT16 à DT17, **déterminer** le courant  $I_O$  délivré par chacune des sorties Q0 à Q15.

**QB21.** Sachant que l'affichage des LED est multiplexé, **montrer** que l'intensité moyenne du courant  $I_O$  reçue par une LED est inférieure à 30 mA.

**QB22.** À partir du schéma structurel partiel du bloc 1 de la matrice à LED (page DR19), **préciser** le niveau logique (0 ou 1) que doivent fournir les sorties Q0 à Q15 du circuit U4 pour allumer les LED.

On définit l'état des transistors internes des sorties Q0 à Q15 du circuit U4 comme état ON pour un transistor passant et état OFF pour un transistor bloqué. À partir de la documentation commande de LED 16 bits STP16CL596 fournie en Annexe 8 DT16 à DT17, **donner** la correspondance du niveau logique (0 ou 1) en sortie Qn avec l'état (ON ou OFF) du transistor de sortie.

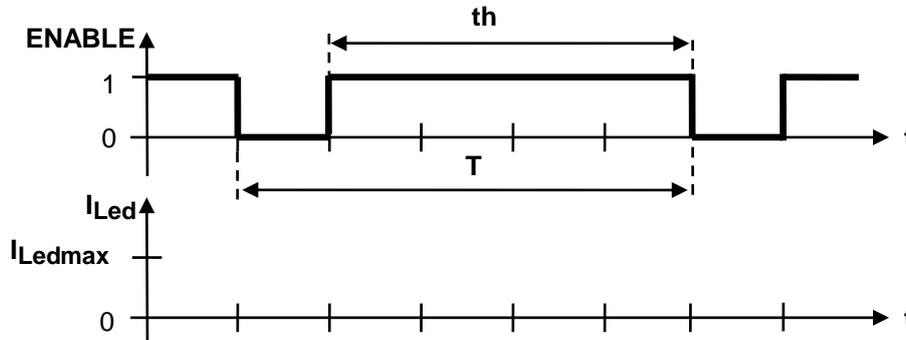
**QB23.** On désire allumer uniquement les LED D1, D3, D4, D5, D8, D27, D29, D31 du schéma structurel partiel du bloc 1. **Compléter** le tableau ci-dessous en indiquant la valeur des tensions d'alimentations Vcc-1, Vcc-2, Vcc-3 et la valeur du mot à placer sur l'entrée SDI-in. Le bit de poids fort b15 est envoyé en premier sur l'entrée SDI-in.

Valeur Vcc-1					Valeur Vcc-2					Valeur Vcc-3						
SDI-in																
Binaire														Hexadécimale		
b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	

**QB24.** Pour une matrice à LED monochrome complète comprenant 20 blocs et en tenant compte du multiplexage de l'affichage, **déterminer** la vitesse de transmission minimale en bits/s du signal SDI-in.

Le signal ENABLE qui commande les différents blocs de la matrice est un signal **MLI** (**M**odulation de **L**argeur d'**I**mpulsion). Il permet de contrôler la luminosité des LED en modifiant la durée à l'état haut  $t_h$  du signal alors que la période  $T$  est fixe. On définit le rapport cyclique d'un signal MLI par :  $R_c = \frac{t_h}{T}$

**QB25.** À partir du schéma structurel partiel du bloc 1 de la matrice à LED (page DR19) et à l'aide de la documentation commande de LED 16 bits STP16CL596 fournie en Annexe 8 DT16 à DT17, **compléter** le chronogramme du courant  $I_{Led}$  circulant dans une LED pour le signal ENABLE ci-dessous.



**QB26.** Déterminer la relation du courant moyen  $I_{Ledmoy}$  en fonction de  $R_c$  et  $I_{Ledmax}$ .

**QB27.** Afin de modifier la luminosité des LED, on désire régler le rapport cyclique du signal ENABLE pour différents courants moyens. **En déduire** la relation de  $R_c$  en fonction de  $I_{Ledmoy}$  et  $I_{Ledmax}$ . **Calculer** alors les rapports cycliques correspondant aux courants moyens  $I_{Ledmoy1}$  et  $I_{Ledmoy2}$  pour un courant  $I_{Ledmax}$  de 30 mA.

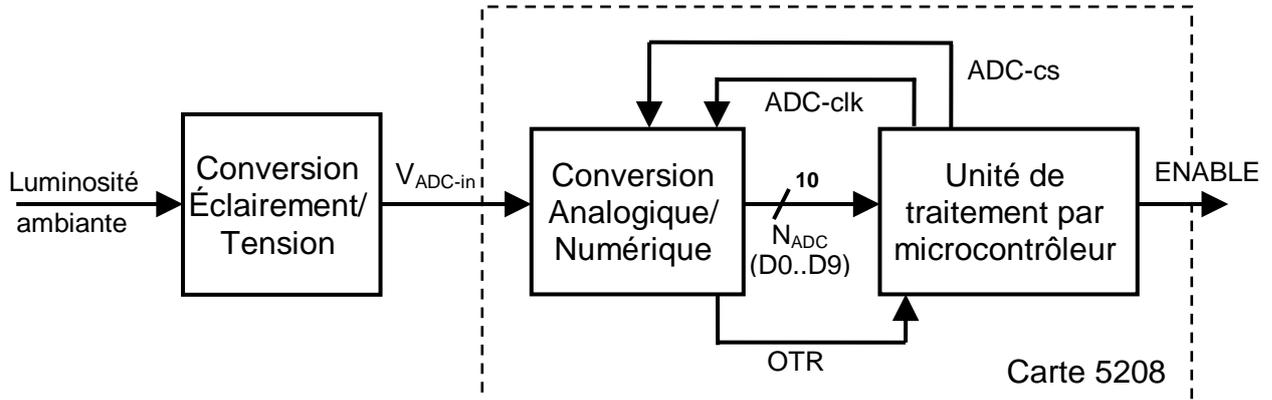
<b>Relation <math>R_c = f(I_{Ledmoy}, I_{Ledmax})</math></b>	<b><math>R_c =</math></b>
<b><math>I_{Ledmoy1} = 10 \text{ mA}</math></b>	<b><math>R_{c1} =</math></b>
<b><math>I_{Ledmoy2} = 15 \text{ mA}</math></b>	<b><math>R_{c2} =</math></b>

**QB28.** **Conclure** sur l'effet d'une diminution du rapport cyclique du signal ENABLE entraîne sur le courant de sortie  $I_{Ledmoy}$  et sur la luminosité des LED.

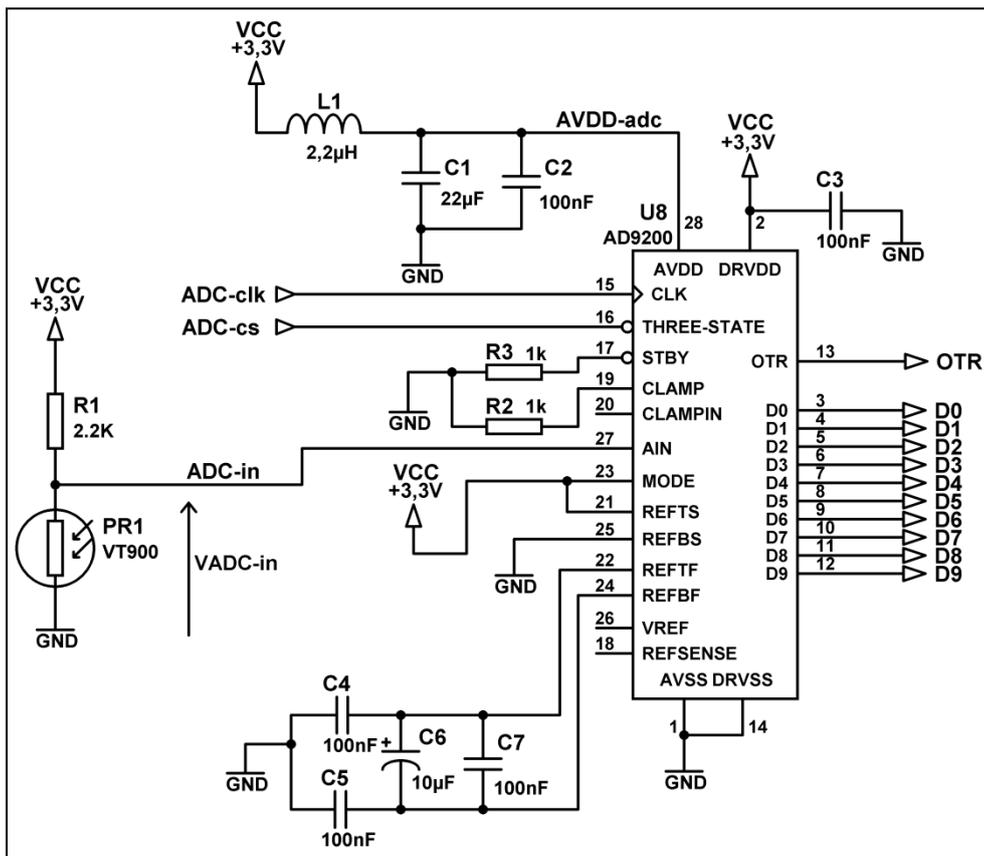
## B4 - Étude de la régulation de luminosité -

Pour conserver un affichage correct des informations sur les girouettes, il est nécessaire d'adapter la puissance d'affichage en fonction de la luminosité ambiante. En effet, la luminosité varie selon l'heure de la journée et selon les conditions climatiques. Elle est mesurée par une photorésistance placée dans les matrices à LED. La puissance d'affichage peut varier selon 4 niveaux. En fonction du niveau obtenu, le microcontrôleur règle le rapport cyclique du signal ENABLE (commande MLI).

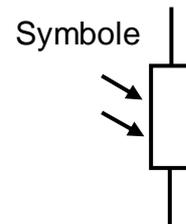
### Description fonctionnelle :



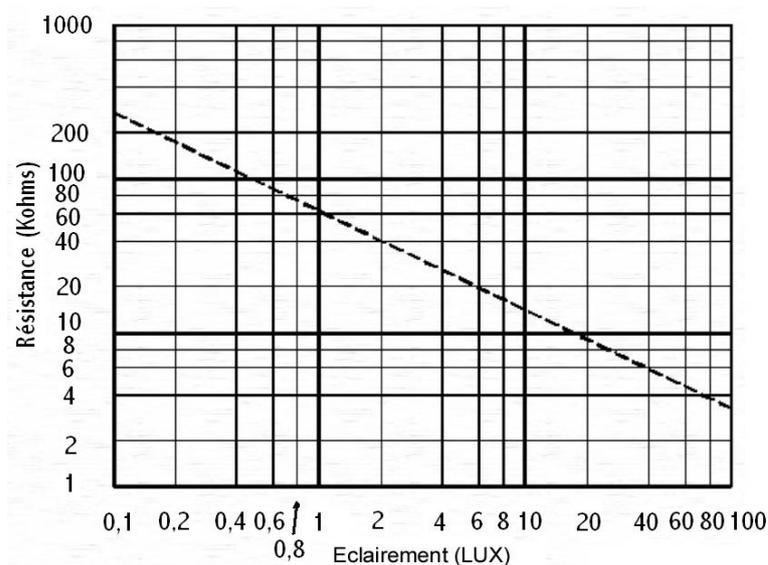
### Schéma structurel partiel :



Les photorésistances ou **LDR** (**L**ight **D**ependent **R**esistor) sont des composants optoélectroniques qui permettent d'effectuer la conversion d'un signal lumineux en un signal électrique. Les photorésistances possèdent l'avantage d'avoir une résistance qui varie en fonction de l'intensité lumineuse reçue.



### Caractéristique de transfert de la LDR VT900 :



**QB29.** À partir du schéma structurel partiel de la page précédente (page DR25) et en considérant le courant d'entrée de la broche 27 négligeable, **déterminer** la relation de la tension  $V_{ADC-in}$  en fonction de R1, PR1 et Vcc.

**QB30.** À partir de la documentation du Convertisseur Analogique/Numérique AD9200 en Annexe 9 DT18 à DT19, **indiquer** la fonction et la résolution du circuit U8. **Justifier** également son utilisation.

**QB31.** À partir du schéma structurel partiel de la page DR25 et de la documentation du Convertisseur Analogique/Numérique AD9200 fournie en Annexe 9 DT18 à DT19, **préciser** le niveau logique qu'il faut placer sur l'entrée ADC-cs pour valider le circuit U8.

**QB32.** La tension de référence REFTS du circuit U8 est de 3,3V. À partir du schéma structurel partiel de la page DR25, **déterminer** la relation  $N_{ADC} = f(V_{ADC-in})$ .

**QB33.** À partir de la caractéristique de transfert de la LDR VT900 fournie à la page précédente (page DR26) et des relations obtenues précédemment, **compléter** le tableau ci-dessous pour différentes valeurs d'éclairement lumineux.

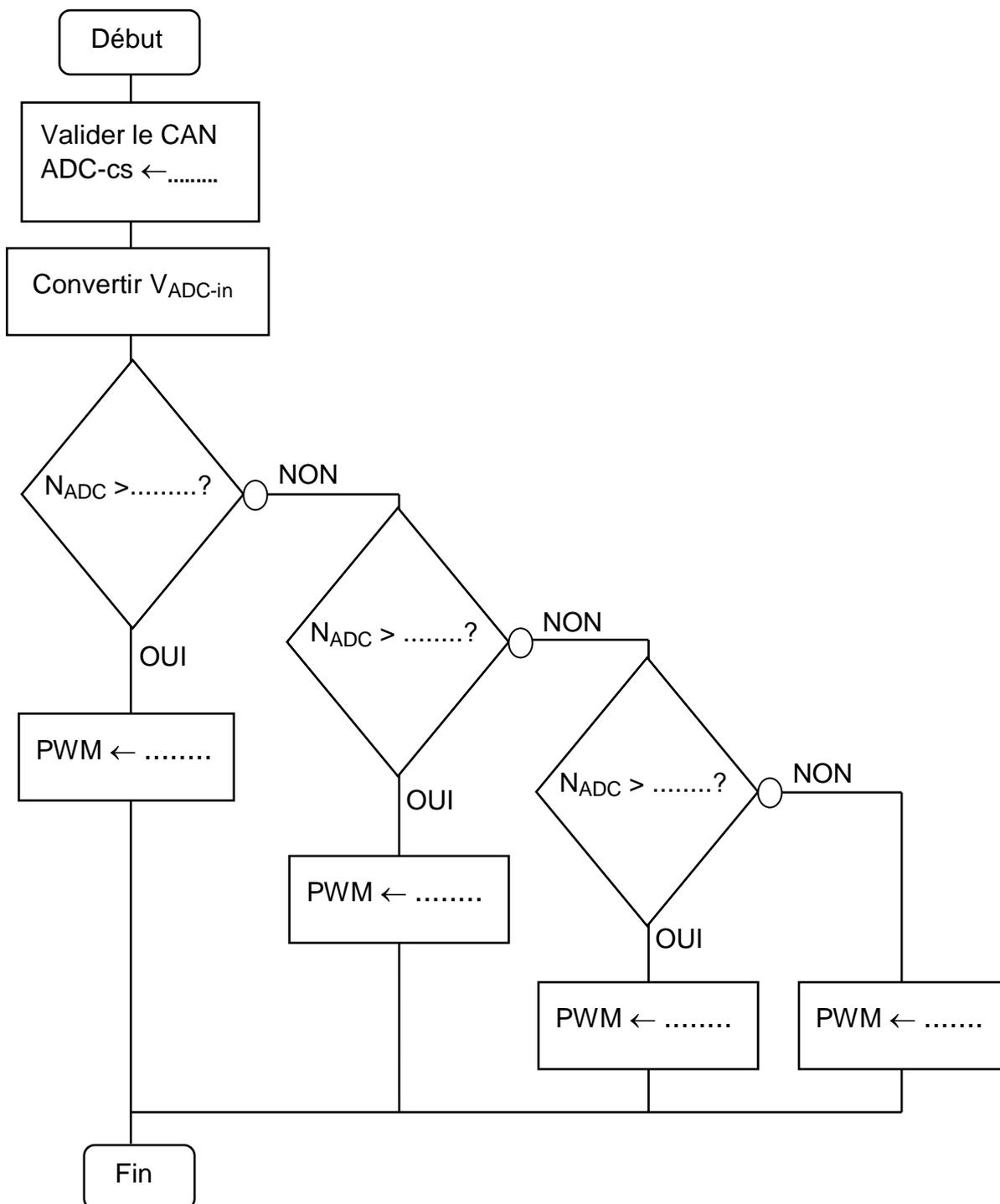
<b>Éclairement (Lux)</b>	<b>Valeur de PR1 (KΩ)</b>	<b><math>V_{ADC-in}</math> (V)</b>	<b><math>N_{ADC}</math> (10)</b>
<b>1</b>			
<b>10</b>			
<b>80</b>			

**QB34.** En déduire la variation de  $N_{ADC}$  par rapport à l'éclairement lumineux.

Pour adapter la puissance de l'affichage en fonction de la luminosité ambiante, on définit 4 niveaux d'éclairement de l'affichage. Ces niveaux sont contrôlés par la variable PWM qui génère le signal ENABLE avec 4 rapports cycliques possibles : 50%, 65%, 80% et 95% (réglage de la luminosité de l'affichage du plus éclairé au moins éclairé).

Les seuils de luminosité ambiante sont déterminés par la variable décimale  $N_{ADC}$  selon 3 valeurs numériques : 950, 750, 600.

**QB35. Compléter** l'algorithme ci-dessous qui montre le traitement effectué pour ajuster la puissance de l'affichage en fonction des seuils de luminosité prédéterminés.



## Partie C - Traitement du choix du scénario par le ordinateur -

**Objectif :** On se propose de vérifier comment le ordinateur transmet les informations à afficher aux moniteurs. Vous vérifierez également si les messages sonores peuvent être émis avec une puissance suffisante en tenant compte du niveau sonore ambiant.

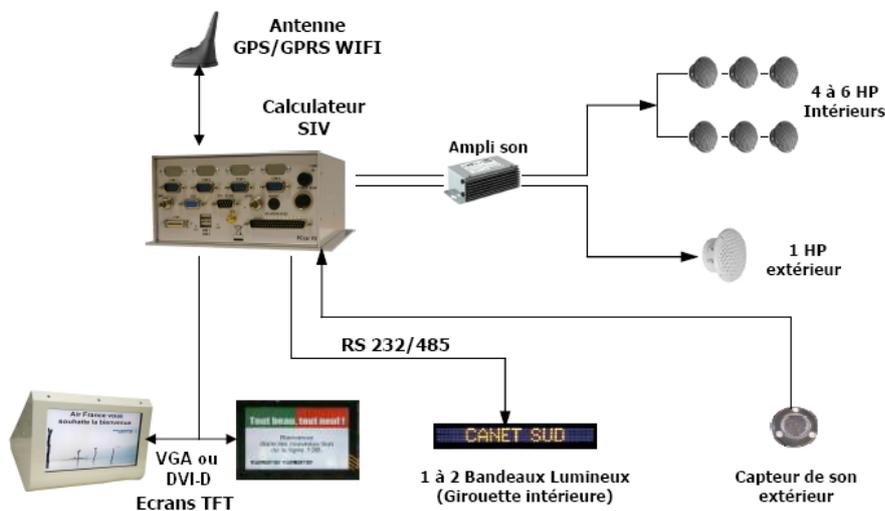
La liaison GPRS avec le central nécessite la mise en place d'une antenne. Vous vérifierez alors si la position de cette antenne est bien adaptée.

Pour cela, vous devrez :

- analyser les caractéristiques d'une liaison DVI ;
- analyser le principe de fonctionnement d'un microphone à électret ;
- valider le choix de l'amplificateur et des haut-parleurs associés ;
- valider la position de l'antenne de liaison GPRS.

### Description fonctionnelle :

Le pupitre de commande transmet au ordinateur, via une liaison Ethernet, le numéro de ligne choisi par le chauffeur. Le ordinateur commande l'affichage de la ligne et de la



position du bus sur des moniteurs internes (dièdres) via une liaison de type DVI-D.

Le ordinateur est équipé d'une carte son capable d'enregistrer et de restituer un message sonore. Des haut-parleurs intérieurs annoncent le nom des arrêts ou les messages de service en simultané avec le moniteur intérieur. Un

haut-parleur extérieur au véhicule annonce aux passagers en attente, le numéro et la destination de la ligne lorsque l'autobus se présente à son arrêt. C'est pourquoi, un microphone connecté sur la carte son permet de connaître le niveau sonore ambiant extérieur. Pour que les informations sonores soient audibles, la carte son délivre alors un signal sonore ajustable selon le bruit ambiant. Ce signal sonore issu du ordinateur est ensuite amplifié et acheminé vers les haut-parleurs.

Le ordinateur possède également un module GPRS intégré afin de transmettre au central de l'exploitant la position GPS du bus.

**Conditions :** Pour répondre aux questions relatives à cette partie, vous disposez des documents suivants :

- Annexe 10 DT20 - Amplificateur de son BOSCH : BPA49
- Annexe 11 DT21 - Haut-parleur : FR 10 HM
- Annexe 12 DT22 - Antenne GSM/GPRS : ANT-GM862
- Annexe 13 DT22 - Module GSM/GPRS

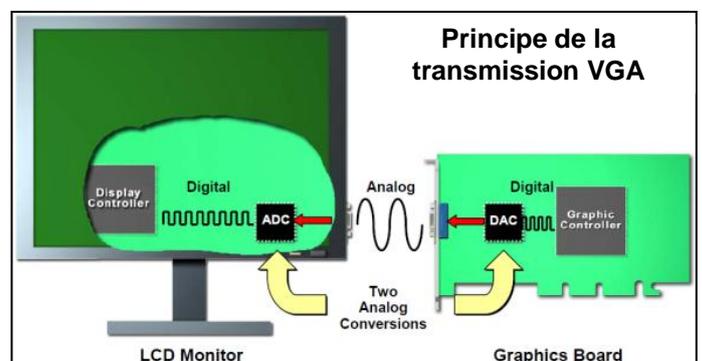
## C1 - Étude de l'affichage du numéro de ligne sur un écran -

Pour des raisons évidentes d'encombrement dans le bus, le choix des écrans d'affichages des informations s'est porté sur des écrans plats. La plupart des écrans actuels proposent deux entrées : une entrée de type VGA et une entrée de type DVI-D.

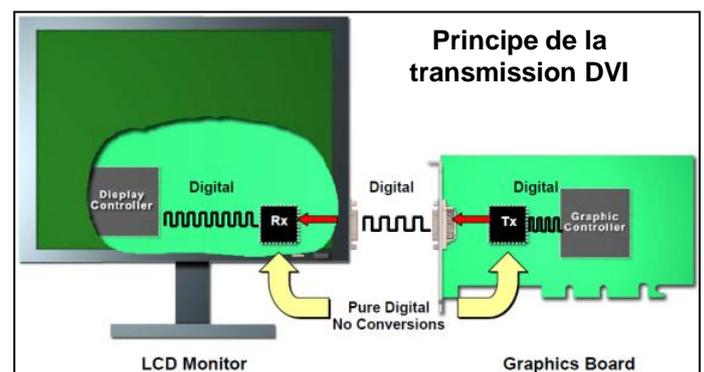
Les moniteurs de type CRT (Cathode Ray Tube) sont des moniteurs à tube cathodique. Ce sont des appareils qui nécessitent des signaux analogiques : un canon à électrons émet un faisceau d'électrons dirigé par un champ électrique vers un écran couvert de petits éléments phosphorescents. Ces éléments émettent de la lumière par excitation lorsque les électrons viennent les heurter, ce qui constitue un point lumineux appelé pixel.

C'est le travail de la carte graphique de générer ces signaux analogiques : un Convertisseur Numérique/Analogique (CNA), ou Digital Analog Converter (DAC), convertit les données numériques fournies par la puce graphique en signaux analogiques. Ces signaux sont alors envoyés à l'écran via une prise VGA.

Les exigences ont changé avec l'avènement des écrans plats (TFT, LCD). Cette nouvelle génération d'écrans a besoin de signaux numériques pour pouvoir afficher une image. À l'époque de leur lancement, la totalité des cartes graphiques du marché utilisait la prise VGA (analogique). L'astuce consistait à reconvertir, à l'aide d'un Convertisseur Analogique/Numérique (CAN), ou Analog Digital Converter (ADC), les signaux analogiques fournis par les cartes graphiques en signaux numériques pour écrans plats.



Le signal issu de la carte graphique étant numérique et l'écran acceptant un signal d'entrée numérique, il était préférable de transmettre directement les données en numérique. Plusieurs normes concernant ce type de transmission ont été suggérées par plusieurs groupes de travail mais ont rapidement disparu. Enfin, Fujitsu, Compaq, HP, IBM, Intel, NEC et Silicon Image fondèrent le DDWG (Digital Display Work Group) en 1998. En avril 1999, ce groupe annonça la norme DVI 1.0 qui est devenue la norme acceptée pour les prises et les écrans numériques.

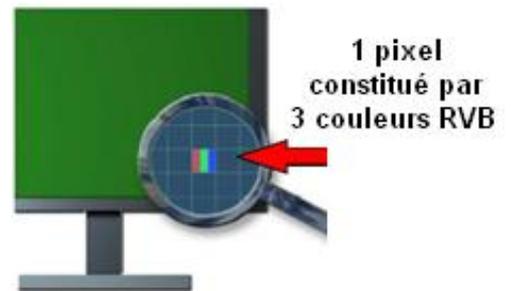


**QC1.** Indiquer la principale différence sur le mode de transmission vidéo entre la norme VGA et la norme DVI.

**QC2. Expliquer** pourquoi la qualité de l'image est meilleure en transmission DVI qu'en transmission VGA sur un écran plat TFT.

*Grâce à leur principe de fonctionnement, les écrans TFT ont toujours une résolution idéale (native) déterminée. C'est la seule résolution pour laquelle l'écran fournit une qualité d'image optimale.*

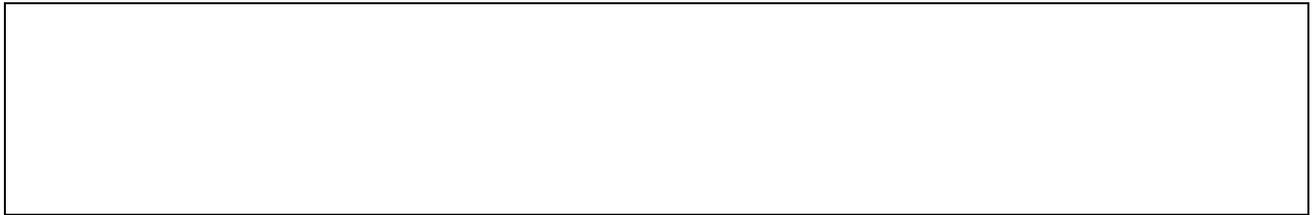
*Cette limitation n'a cependant rien à voir avec le DVI, mais est due à l'architecture des écrans TFT : Ils utilisent une matrice de pixels très fins. Chaque pixel est constitué de trois LED, une pour chaque couleur primaire : rouge, vert, bleu (RVB).*



**QC3. Calculer** le nombre de pixels d'un écran TFT ayant une résolution native de 1600 x 1200 (type UXGA). **En déduire** le nombre total de LED nécessaire pour un tel écran.

**QC4.** À partir du nombre de pixels, **calculer** le débit de données minimum pour un écran type UXGA avec une fréquence de rafraîchissement de 60 Hz (60 images par seconde).

**QC5.** La couleur de chaque pixel est constituée de trois composants RVB : le rouge, le vert et le bleu. Chaque couleur est déterminée par huit bits de données. **Calculer** le nombre de teintes possibles par couleur. **En déduire** le nombre de couleurs différentes pouvant être affichées.

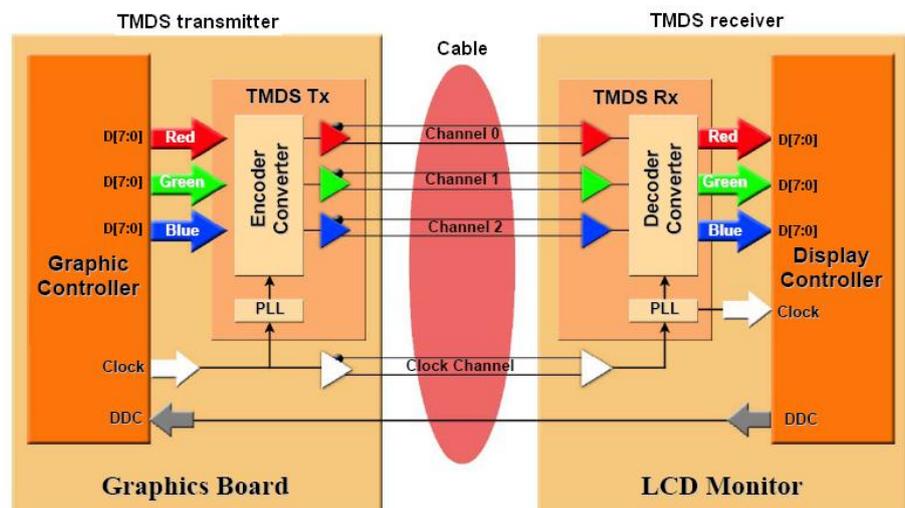


Sur de grandes distances, la conversion en un flux de données séries est nécessaire car les connexions séries sont moins sensibles aux interférences que les connexions parallèles.

La puce graphique génère les informations de couleur de chaque pixel sous la forme d'un flux de données de 24 bits parallèles, soit 8 bits par couleur.

Les données parallèles sont envoyées à un émetteur **TMDS** (Transition **M**inimized **D**ifferential **S**ignaling) pour les coder en données séries et y ajouter deux bits supplémentaires. Il est alors transmis un signal série de 10 bits pour chacune des couleurs.

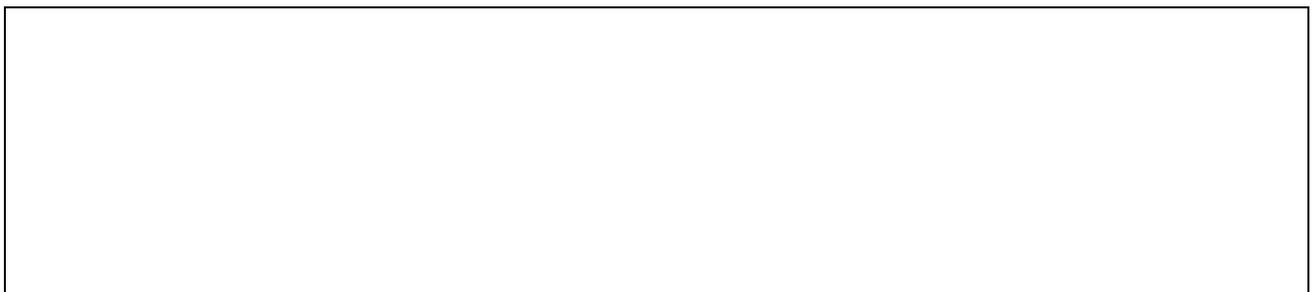
L'émetteur TMDS transmet les données séries par le câble sur quatre canaux différents : un pour l'horloge et un pour chacune des trois couleurs.



Quand le signal atteint le récepteur (l'écran), les données séries sont alors décodées de nouveau en un flux de données parallèles.

Les données elles-mêmes sont transmises à 10 fois la vitesse du signal d'horloge. Cela se fait via un composant (circuit PLL) qui fonctionne comme un multiplicateur de fréquence. De cette façon, on peut transmettre 1,65 Go/s de données à une fréquence nominale de 165 MHz.

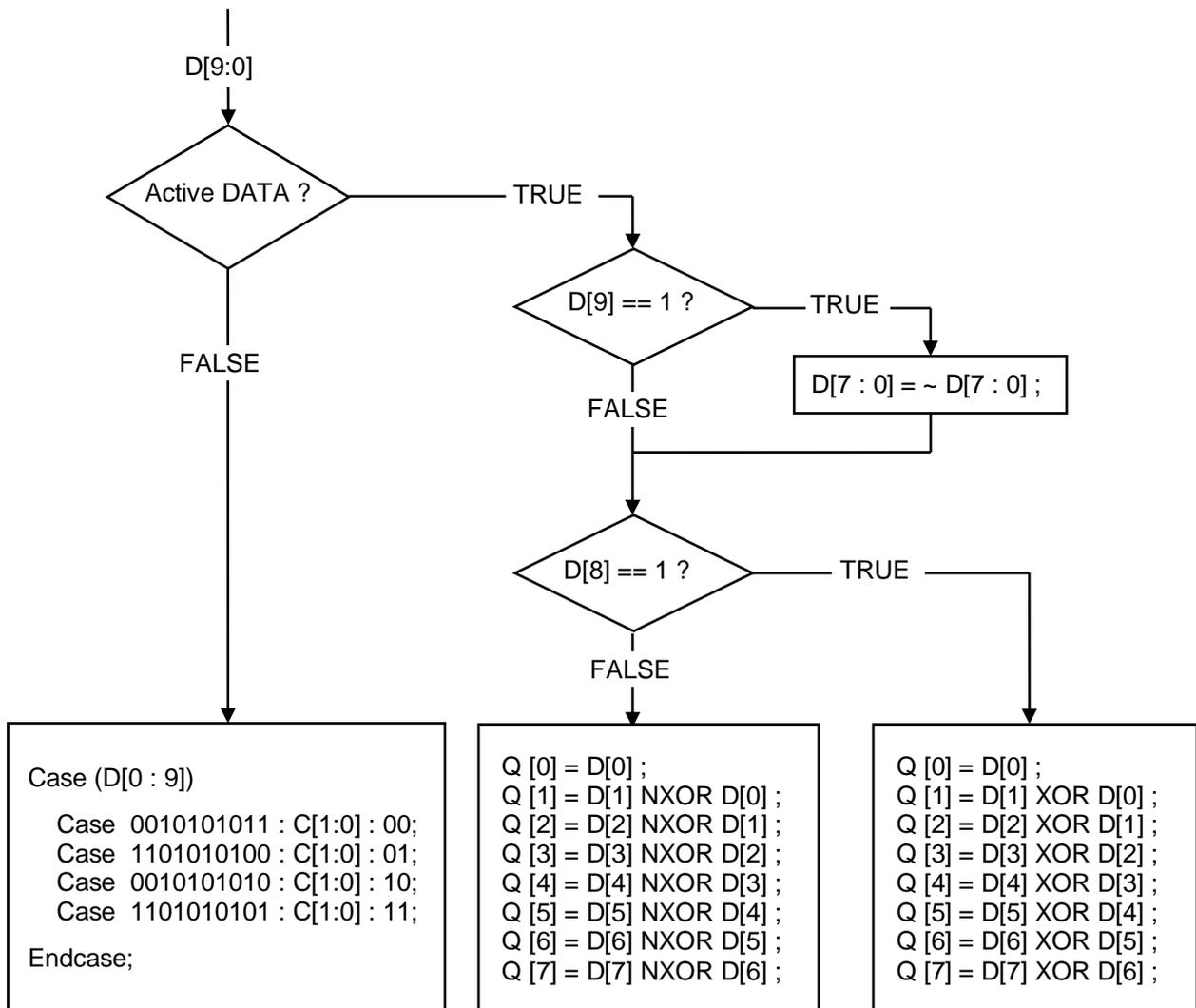
**QC6.** Montrer que le débit 1,65 Go/s de données par canal est suffisant pour gérer un écran UXGA 60 Hz.





A la réception du signal série 10 bits, le récepteur TMDS utilise l'algorithme de décodage ci-dessous afin de décoder et retrouver l'information d'origine.

**Algorithme de décodage utilisé en réception :**



**Remarque :** le symbole ~ utilisé dans l'algorithme réalise une inversion bit à bit.

**Description des variables utilisées :**

<i>D</i>	<p><b>Entrée du décodeur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>D</i> : Mot de 10 bits reçu par le moniteur D[9 :0] ;</li> </ul>
<i>C</i> <i>Q</i>	<p><b>Sorties du décodeur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>C</i> : Mot de contrôle sur 2 bits ;</li> <li><i>Q</i> : Mot de 8 bits indiquant la teinte du pixel Q[7 :0] ;</li> </ul>

**QC7.** On désire décoder la séquence suivante transmise afin de retrouver la teinte du pixel.

<b>Octet transmis n°1</b>	<b>Octet transmis n°2</b>	<b>Octet transmis n°3</b>
D9 ..... D0	D9 ..... D0	D9 ..... D0
<b>11 0011 1001</b>	<b>00 1111 1111</b>	<b>10 0000 0000</b>

En utilisant l'algorithme de décodage de la page précédente (page DR34), **compléter** le tableau ci-dessous en indiquant la valeur décodée des 3 octets transmis par la méthode TMDS. On précise que la variable « Active\_Data » est toujours vraie.

Octet décodé n°1 D7 ..... D0	Octet décodé n°2 D7 ..... D0	Octet décodé n°3 D7 ..... D0	
			<b>Valeur binaire</b>
			<b>Valeur hexadécimale</b>

**QC8. Déterminer** le nombre de transitions obtenu sur l'octet n°1 transmis et sur l'octet n°1 décodé (les transitions sont déterminées par les alternances des bits D7 à D0).

**Nombre de transitions sur l'octet n°1 transmis :**

**Nombre de transitions sur l'octet n°1 décodé :**

**QC9. Expliquer** la raison pour laquelle on encode les données à transmettre de façon à réduire le nombre de transitions (passage de 0 à 1 et de 1 à 0).

**QC10.** En comparant les octets n°2 et n°3 transmis aux octets n°2 et n°3 décodés, **indiquer** ce que permet l'équilibrage DC dans le traitement TMDS.

**QC11.** Les données sont transmises à 10 fois la vitesse du signal d'horloge. Cela se fait via un composant (circuit PLL) qui fonctionne comme un multiplicateur de fréquence. **Donner** l'avantage et l'inconvénient de transmettre une fréquence d'horloge 10 fois inférieure à celle des données.

## **C2 - Émission d'un signal sonore annonçant le nom des arrêts -**

Le haut-parleur intérieur au véhicule annonce le nom des arrêts ou les messages de service en simultané avec l'afficheur intérieur.

Un bip ou un jingle confirme également à bord une demande d'arrêt, l'ouverture et la fermeture de la porte.

Le haut-parleur extérieur au véhicule annonce, lorsque l'autobus se présente à son arrêt, le numéro et la destination de la ligne.

Le volume sonore des annonces vocales extérieures est asservi en fonction du niveau sonore ambiant (+5db) extérieur.

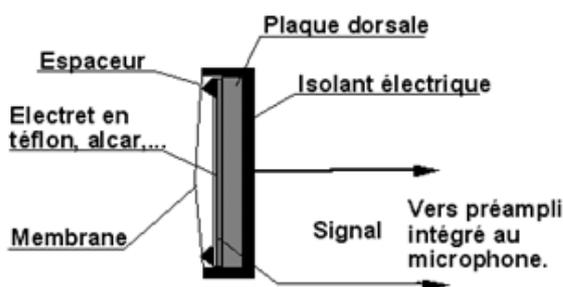
### **C2.1 - Mesure du niveau sonore ambiant -**

Il est nécessaire de mesurer le niveau sonore ambiant afin de définir le niveau sonore nécessaire pour émettre le nom des arrêts de façon audible par tous les voyageurs. Pour cette mesure de niveau, on utilisera un microphone à électret.

*L'un des tous premiers éléments nécessaires à la prise son d'ambiances, de sons, de bruitages ou encore de voix est bien évidemment le microphone.*

*C'est un capteur analogique qui permet la conversion des ondes sonores acoustiques en impulsions électriques qui, sous cette forme, seront utilisables plus facilement pour la sonorisation ou l'enregistrement. Dans le cas le plus courant du milieu aérien, une source sonore produit des variations de pression de l'air qui vont être « captées » par une partie mobile et très fragile du microphone que l'on nomme la membrane. Elle est ainsi excitée par des oscillations mécaniques qui seront ensuite converties en une tension électrique variable facilement transportable et utilisable. Cette tension électrique pourra ainsi être pré-amplifiée, amplifiée ou encore enregistrée.*

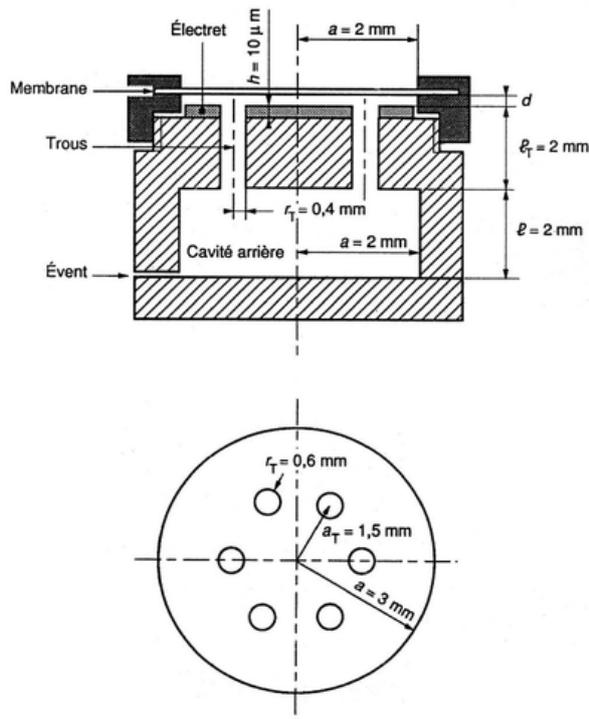
### **Principe du microphone à électret :**



*C'est en fait un condensateur dont une des armatures fait office de membrane. De même que l'on peut stocker du magnétisme dans certains corps magnétiques, on peut stocker une tension électrique dans certains corps électriques (l'électret) par un procédé spécial de polarisation. L'électret permet de créer*

*une tension de polarisation élevée qui est appliquée aux deux armatures. Toute différence ou variation de pression sur la membrane fait osciller celle-ci et fait donc varier la distance séparant la membrane de l'armature, et fait donc varier la capacité du condensateur. On obtient ainsi des variations de charge, donc production d'un courant alternatif permettant de recueillir une différence de potentiel variable aux bornes d'une résistance.*

*La pile présente dans ces microphones ne sert pas à la polarisation de la membrane, mais à l'alimentation d'un amplificateur/adaptateur d'impédance intégrée au corps du micro.*



L'électret est caractérisé par :

- Ses dimensions : Surface  $S = 12,5 \text{ mm}^2$   
Épaisseur  $h = 10 \text{ μm}$
- Sa densité de charge  $\sigma = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$
- Sa permittivité relative  $\epsilon_r = 2 \text{ F/m}$

Il constitue une capacité :

$$C_e = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{h} \quad \text{contenant une charge } Q_e$$

avec  $\epsilon_0 = (36 \cdot \pi \cdot 10^9)^{-1} \text{ F/m}$

L'espace inter-électrodes d'épaisseur  $d = 25 \text{ μm}$  constitue également, en l'absence de signal acoustique, une capacité de valeur :

$$C_o = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d} \quad \text{contenant une charge } Q_o$$

La charge totale de la capsule est donc :

$$Q = \sigma \cdot S = Q_o + Q_e \quad \text{telle que} \quad \frac{Q_o}{C_o} = \frac{Q_e}{C_e}$$

**QC12.** Montrer que la charge de l'espace inter-électrodes peut s'écrire :

$$Q_o = Q \times \frac{h}{\epsilon_r \cdot d + h}$$



En régime dynamique, la membrane se déplace d'une valeur moyenne  $y = -\delta.d$ , l'espace inter-électrodes est alors réduit à  $d - y$  et la charge inter-électrodes passe de la valeur  $Q_0 = Q \times \frac{h}{\epsilon_r.d+h}$  à la valeur  $Q_0 + q = Q_0 \times [1 + \frac{\epsilon_r.y}{\epsilon_r.d+h}]$ .

**QC13. Montrer** que la tension recueillie aux bornes des électrodes peut s'écrire :

$$u = \frac{q}{c} = q \times \left( \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_e} \right) = \frac{\sigma \cdot h}{\epsilon_0 \cdot (\epsilon_r \cdot d + h)} \times y$$

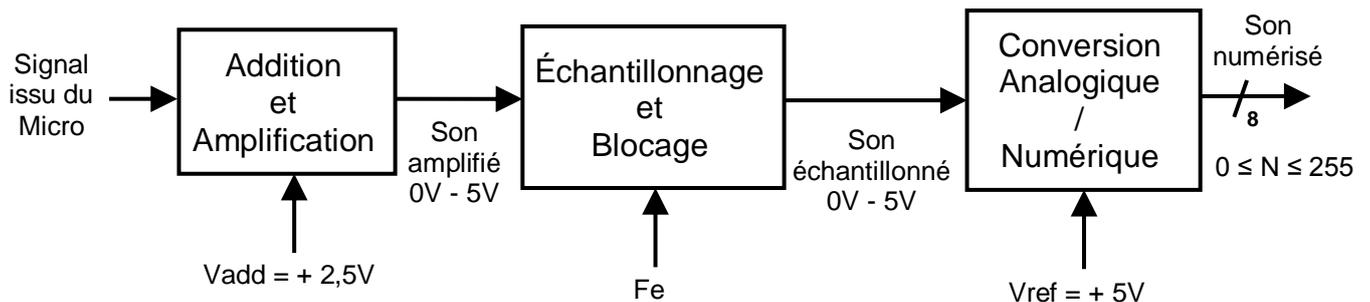
**QC14.** On admet que pour un bruit d'environ 60 dB, la membrane du microphone se déplace de  $y = 0,1$  nm. **Calculer** la tension recueillie aux bornes des électrodes.

**QC15.** À partir du résultat numérique précédent, **justifier** la nécessité d'utiliser un préamplificateur intégré au corps du microphone.

Le signal électrique issu du microphone est l'image du son ambiant hors du bus. Il est transmis à la carte son intégrée au ordinateur, qui va d'abord l'amplifier, puis le décaler pour obtenir un signal variable 0V - 5V centré sur une composante continue de +2,5V. Ce signal est ensuite échantillonné et numérisé.

La fréquence d'échantillonnage ( $F_e$ ) choisie est de 44100Hz. Le Convertisseur Analogique/Numérique (**CAN**) possède une résolution de 8 bits et une Pleine Échelle (**PE**) de +5V.

### Description fonctionnelle :



**QC16.** Calculer le débit en ko/s du fichier son ainsi numérisé.

**QC17.** Donner la valeur en décimale de N lorsqu'il n'y a pas de son.

**QC18.** On désire ajuster le niveau sonore du signal indiquant le nom des arrêts du bus en fonction de 3 niveaux sonores d'ambiance. Calculer les 3 valeurs de N permettant d'obtenir 3 niveaux sonores ambiants répartis de façon égale.

**C2.2 - Émission d'un message sonore indiquant le numéro et la destination de la ligne -**

*Dans cette partie, on ne s'intéressera qu'à l'étude du son émis à l'extérieur du bus.*

La carte son intégrée au ordinateur émet un signal de puissance trop faible pour que celui-ci soit correctement audible à l'extérieur du bus. Il est donc nécessaire d'amplifier ce signal. On utilise pour cela l'amplificateur de son BPA49 de chez BOSCH (voir Annexe 10 du document constructeur DT20). Le haut-parleur utilisé est le FR 10 HM (voir Annexe 11 du document constructeur DT21).

**QC19.** Indiquer la tension nominale de fonctionnement de cet amplificateur.

**QC20.** Indiquer la puissance nominale de cet amplificateur et l'impédance de charge correspondante.

**QC21.** Indiquer le gain typique de cet amplificateur.

**QC22.** Indiquer l'impédance minimale que doivent avoir les haut-parleurs connectés à l'amplificateur de son.

**QC23.** Indiquer la bande passante de l'amplificateur de son.

**QC24.** Indiquer la puissance nominale et la puissance de pointe du haut-parleur. Les puissances sont-elles compatibles avec l'amplificateur de son ?

**QC25. Indiquer** la bande passante du haut-parleur.

**QC26. Donner** la bande passante de l'ensemble composé de l'amplificateur de son et du haut-parleur.

*Un haut-parleur reçoit d'un amplificateur un courant électrique d'une certaine puissance. Il restitue un niveau sonore correspondant à ses qualités de fabrication. Des techniques permettent de mesurer le niveau sonore produit par le haut-parleur (HP) en fonction de la puissance fournie et de l'endroit où la mesure est faite.*

*La norme utilisée en Europe est celle qui consiste à placer un microphone étalon devant le HP à une distance précise de 1 mètre. Il capte toutes les fréquences audibles avec la même efficacité et est capable de capter le niveau sonore fourni par le HP. Pour une telle mesure, le haut-parleur est fixé sur une plaque aux dimensions définies (135 x 165 cm de côté).*

*On injecte ensuite dans le haut-parleur une puissance constante égale à 1 Watt quelque soient les fréquences mesurées et quelle que soit son impédance (4 ou 8 ohms). La tension est différente pour obtenir 1 Watt en fonction de l'impédance.*

*Il en résulte un niveau sonore exprimé en dB **SPL** (**S**ound **P**ressure **L**evel), mesuré à 1 mètre avec 1 Watt de puissance. C'est la sensibilité du HP qui s'exprime en dB/W/m.*

*Par cette méthode, il est possible de tracer la courbe de réponse et de connaître ainsi le niveau sonore à chaque fréquence. L'idéal serait d'avoir le même niveau sonore quelle que soit la fréquence et surtout que ce niveau sonore global soit le plus important possible pour 1 watt mesuré à 1 mètre.*

*Le niveau sonore que l'on entend à 1 mètre dépend directement de la sensibilité SPL du haut-parleur et de la puissance appliquée sur celui-ci.*

*À 1m, la relation liant le **Niveau Sonore (NS)** à la puissance appliquée sur le HP est la suivante :*

$$NS = SPL + 10 \times \log (P)$$

*Le niveau sonore audible dépend également de la distance de notre oreille par rapport à la source sonore. Lorsque la puissance appliquée est de 1 W, la relation liant le niveau sonore à la distance (d) est la suivante :*

$$NS = SPL - 10 \times \log (d^2)$$

**On peut généraliser ces deux formules :**

$$NS = NS_{1W} + 10 \times \log (P) \quad \text{avec } NS_{1W} : \text{niveau sonore pour 1 Watt}$$

$$NS = NS_{1m} - 10 \times \log (d^2) \quad \text{avec } NS_{1m} : \text{niveau sonore à 1 mètre}$$

Quelques ordres de grandeurs d'intensité sonore :

- 0 dB : seuil d'audibilité ;
- de 0 à 10 dB : désert ;
- de 10 à 20 dB : cabine de prise de son ;
- de 20 à 30 dB : conversation à voix basses, chuchotement ;
- de 30 à 40 dB : forêt ;
- de 40 à 50 dB : bibliothèque, lave-vaisselle ;
- de 50 à 60 dB : lave-linge ;
- de 60 à 70 dB : sèche-linge, sonnerie de téléphone, téléviseur ;
- de 70 à 80 dB : aspirateur, restaurant bruyant ;
- de 80 à 90 dB : tondeuse à gazon, klaxon de voiture ;
- de 90 à 100 dB : route à circulation dense, tronçonneuse, atelier de forgeage ;
- de 100 à 110 dB : discothèque ;
- de 110 à 120 dB : tonnerre, atelier de chaudronnerie ;
- 120 dB : seuil de la douleur ;
- de 120 à 130 dB : sirène d'un véhicule de pompier ;
- 180 dB : décollage de la fusée Ariane, lancement d'une roquette.

**QC27.** Donner la sensibilité SPL du haut-parleur.

**QC28.** Calculer le niveau sonore maximum à 1 mètre lorsque la puissance nominale maximale est appliquée sur le haut-parleur.

**QC29.** La distance moyenne entre le haut-parleur et les futurs passagers est de 3 mètres. Calculer le niveau sonore à cette distance lorsque l'on applique 1W sur le haut-parleur.

**QC30.** Donner un son équivalent au niveau sonore maximum calculé à la question précédente.

**QC31.** Le constructeur a choisi d'appliquer 3 niveaux sonores différents en fonction du bruit ambiant extérieur. Les trois niveaux choisis sont 75 dBSPL, 80 dBSPL et 85 dBSPL. **Calculer** les trois puissances correspondantes à appliquer sur le haut-parleur.

**QC32.** **Montrer** que l'on ne peut jamais obtenir un niveau sonore de 90 dBSPL à 3 mètres. **Justifier** votre réponse.

**QC33.** À partir des réponses apportées aux questions QC21 et QC31, **déduire** les trois puissances qu'il faut appliquer sur l'entrée de l'amplificateur de son (sortie de la carte son du calculateur) pour obtenir les niveaux sonores souhaités.

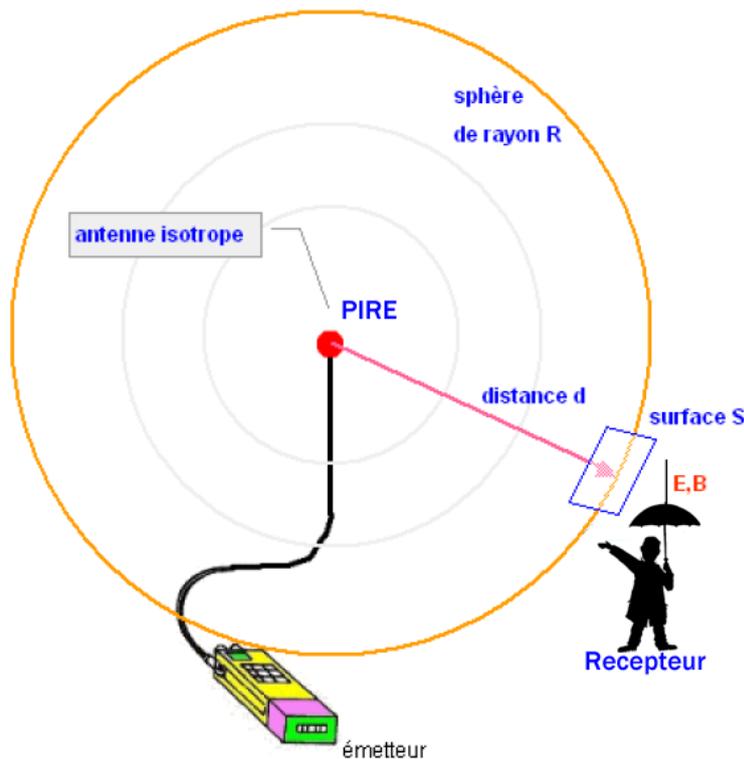
### C3 - Numéro de ligne et position GPS transmis par GPRS -

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Union Européenne (UE) préconise une distance de sécurité à respecter entre l'antenne de l'émetteur GPRS et un passager du bus.

#### Champ créé par une antenne isotrope :

Une antenne isotrope rayonne la puissance PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) de l'émetteur uniformément dans toutes les directions.

On ne sait pas réaliser une antenne isotrope en pratique, mais cette antenne théorique est utile pour servir de référence aux calculs d'antennes réelles.



La surface  $S$  de la sphère de rayon  $d$  s'écrit :

$$S = 4\pi \times d^2$$

La puissance émise PIRE répartis sur une sphère de surface  $S$  reçoit donc une densité de puissance  $P$  :

$$P = \frac{PIRE}{S} \quad \text{en } W/m^2$$

On montre que le champ électrique  $E$  au niveau du récepteur s'écrit :

$$E = \sqrt{120\pi \times P} \quad \text{en } V/m$$

Gain de l'antenne en décibel (dB) pour une puissance de l'émetteur  $P_e$  :

$$G = 10 \times \log\left(\frac{PIRE}{P_e}\right)$$

#### Norme pour la protection des personnes en haute fréquence :

(Norme européenne du 12 juillet 1999 (1999/519/CE))

Gamme de fréquence	Champ électrique E (V/m)	Champ magnétique H (A/m)	Champ magnétique B ( $\mu$ T)	Densité de puissance S (W/m <sup>2</sup> )
10 - 400 MHz	28	0,074	0,093	2,1
400 MHz	27,50	0,073	0,092	2,0
900 MHz	41,25	0,109	0,137	4,5
1800 MHz	58,34	0,155	0,194	9,0
2 - 300 GHz	61	0,162	0,203	10

**QC34.** À partir de la norme européenne détaillée à la page précédente (page DR45), **donner** la valeur du champ électrique E pour une fréquence de 900 MHz.

**QC35.** À l'aide de la documentation constructeur de l'antenne fournie dans le dossier technique en Annexe 12 DT22, **donner** le gain de l'antenne.

**QC36.** À l'aide de la documentation constructeur du module GPRS fournie dans le dossier technique en Annexe 13 DT22, **donner** la puissance  $P_e$  de l'émetteur GPRS pour une fréquence de 900 MHz.

**QC37.** En déduire la puissance PIRE de l'émetteur.

**QC38.** Exprimer la distance entre l'antenne et un passager du bus en fonction de la puissance PIRE et du champ électrique E.

**QC39.** Calculer la distance minimale entre l'antenne et le passager du bus.

**QC40.** Justifier la préconisation du constructeur de placer l'antenne sur le toit du véhicule.