

Option B Électronique et Communications

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

Partie A. Définition de l'architecture matérielle système

Problématique analyser une architecture matérielle permettant de réaliser la surveillance d'un avion sur le parking d'un aéroport.

Pour répondre aux questions suivantes vous vous référerez aux documents PR1 et PR3 ainsi qu'aux documents DOC2 à DOC5.

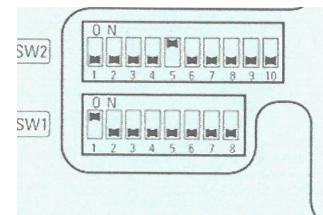
- Q1.** Identifier en justifiant votre réponse le type de configuration (1 ou 2) à mettre en place dans notre cas où la caméra dôme est située sur le toit du bâtiment.
- Q2.** Compléter, sur le diagramme des cas d'utilisation (document réponses DR-Pro1), les objets techniques (détecteur laser, Caméra dôme, caméras fixes et *LaserBoard*) correspondants aux repères (1), (2), (3) et (4).
- Q3.** Identifier la classe du détecteur laser et conclure sur la dangerosité pour les personnes.

La carte *LaserBoard* est configurée en mode « full contrai»

- Q4.** Montrer que la période d'interrogation du laser est compatible avec le temps de réaction du détecteur laser. ---, ---
- Q5.** Déterminer le type de liaison à câbler entre le détecteur laser et la carte *LaserBoard*.

La liaison de la caméra dôme est configurable par des micro-interrupteurs. Dans notre cas, ils sont configurés selon la figure ci-contre:

- Q6.** Déterminer le type de liaison à câbler entre la carte *LaserBoard* et la caméra dôme.
- Q7.** Compléter sur document réponses DR-Pro1 le diagramme *SysML ibd* du système de surveillance en indiquant le nom des données échangées entre les éléments.



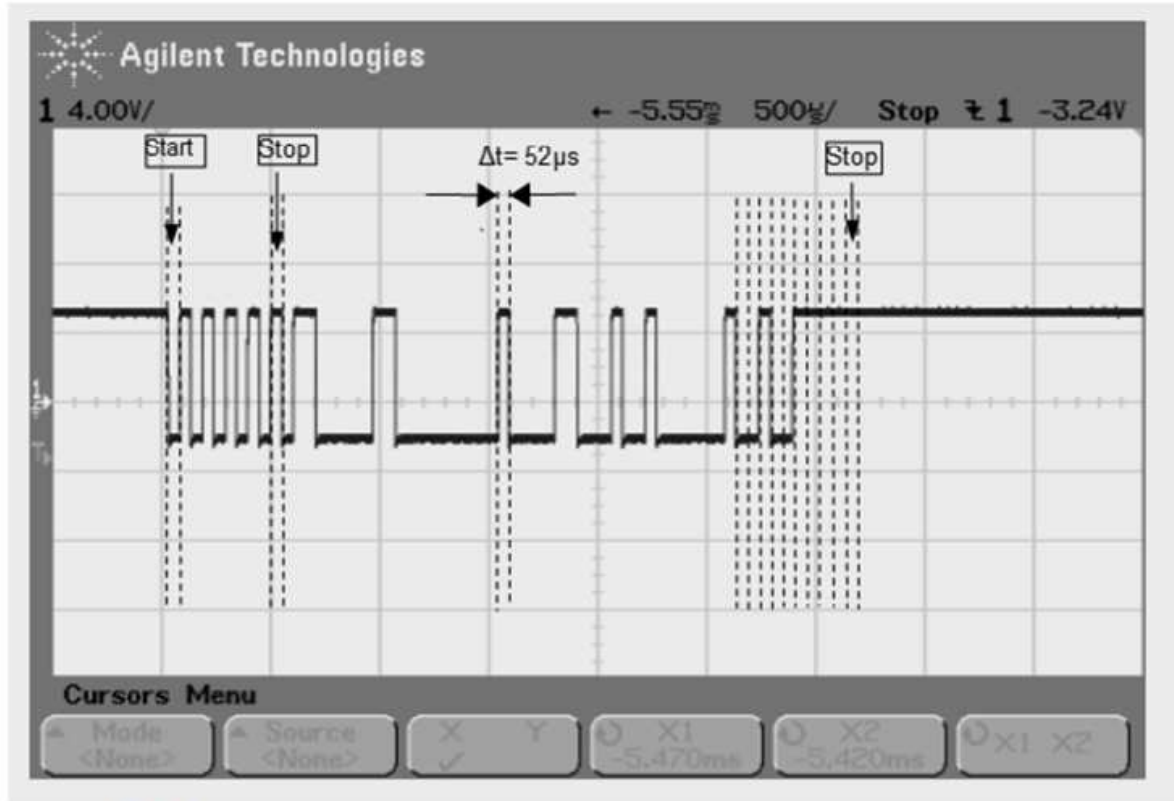
- Q8.** Compléter le tableau de données d'intrusions sur le document réponses DR-Pro2 pour les intrusions 1, 2 et 3.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro1 sur 6
19SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie B. Communication détecteur laser - *LaserBoard*

Problématique : analyser la communication numérique entre le détecteur laser et la carte LaserBoard.

Un extrait du protocole de communication du détecteur laser est donné pages DOC6 et DOC7. Un oscillogramme du bus RS485 entre le détecteur laser et la carte LaserBoard est représenté ci-dessous.



Présentations données :



- Q9.** Montrer, d'après l'oscillogramme ci-dessus, que la vitesse de transmission est conforme avec le protocole du détecteur laser.
- Q10.** Déterminer la valeur du premier octet de la trame en hexadécimal et compléter la colonne octet 1 (*Header tag*) du tableau du document réponses DR-Pro3.
- Q11.** Définir, à l'aide du protocole du détecteur laser, le rôle et le mode de calcul de l'octet checksum.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro2 sur 6
19SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

- Q12.** Calculer la valeur de l'octet Checksum et reporter la valeur en hexadécimal dans la colonne octet 6 (*Check sum*) du tableau du document réponses DR-Pro3.
- Q13.** Repérer, sur l'oscillogramme du document réponses DR-Pro3, la position de l'octet 6 en repérant son bit de *start* et indiquer la valeur en binaire et en hexadécimal de l'octet *Checksum*.
- Q14.** Déterminer, en fonction de l'octet 2 de la trame de communication du détecteur laser, le nom de l'objet technique qui est émetteur et le nom du récepteur.
- Q15.** Indiquer la fonction de cette trame représentée.

Suite à la requête de demande d'intrusion de la carte LaserBoard. Le détecteur laser transmet la trame suivante :

	Command byte	Size	Type	1 Byte	2 Byte	3 Byte	4 Byte	Check sum
0x55 0x08 0x00	0x18	0x04	0x00	0x00	0x5A	0xB8	0xFF	0x8D

- Q16.** Déterminer suivant la valeur de l'octet '*Length & Master Tag*' le nombre d'octets du champ 'Address and Data bytes'.
- Q17.** Identifier à l'aide des octets *Size* et *Type* le rôle de cette trame.
- Q18.** Compléter suivant la trame et le protocole du détecteur laser, le tableau de données *azimut* et *Range* du document réponses DR-Pro3.
- Q19.** Déterminer la distance en mètre de l'intrusion par rapport au détecteur : | |
- Q20.** Déterminer l'azimut en degré de l'intrusion par rapport au détecteur.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 6
19SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie C. Communication *LaserBoard* - caméra dôme

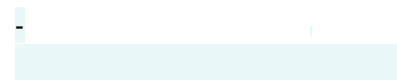
Problématique : analyser la communication numérique entre la carte *LaserBoard* et la caméra dôme.

La représentation des données d'intrusions est précisée page DOCS. Un extrait du protocole PELCO D est donné pages 00GB et DOC9.

- Q21.** Préciser la vitesse de transmission de la liaison RS485 entre la *LaserBoard* et la caméra dôme. Calculer la durée d'un bit.
- Q22.** Déterminer le nombre d'octets total nécessaires pour contrôler le *Pan*, le *Tilt* et le *Zoom* de la caméra dôme.

La durée entre les trames de commandes *Pan Tilt* et *Zoom* est négligeable.

- Q23.** Calculer pour une intrusion détectée la durée de la transmission entre la *LaserBoard* et la caméra dôme. Comparer cette durée de transmission avec le temps de réaction du détecteur laser.
- Q24.** Déterminer la valeur maximale de la donnée *Pan* et montrer que le nombre de bits est suffisant pour coder cette valeur.
- Q25.** Déterminer la valeur en hexadécimal des octets 5 et 6 pour un *Pan* de 155,56°.
- Q26.** Compléter la trame de commande du *Pan* sur le diagramme de séquence du document réponses DR-Pro4.



Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro4 sur 6
19SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie D. Caméra secteur

Problématique : installation de caméra fixes pour des zones mortes.

Une zone morte représente un secteur non visualisé par la caméra dôme (zone cachée par la position de l'avion).

La zone à surveiller nécessite trois caméras fixes pour surveiller respectivement les secteurs 20, 21 et 22. Une représentation des secteurs pour l'activation des caméras fixes est donnée page DOC10. Une fonction décrite en langage C nommée `detection_secteur()` sur la page DOC11 permet de calculer le numéro du secteur concerné par une intrusion.

- Q27.** Indiquer le nombre total de couronnes correspondant aux 32 secteurs et préciser le numéro de la couronne pour le secteur 21.
- Q28.** Calculer les valeurs numériques *range* et *azimut* de l'intrusion dans le secteur 21 représentée par un point noir sur la page DOC10. Reporter les valeurs dans le tableau du document réponses DR-Pros.
- Q29.** Compléter le tableau sur le document réponses DR-Pro5 après l'exécution de la fonction *detection_secteur()* en utilisant les valeurs de *range* et *azimut* calculés précédemment.

Un schéma structurel partiel de la carte LaserBoard est présenté page PR4 pour le microcontrôleur et page PR5 pour la commande des secteurs 17 à 24. La documentation du circuit intégré MCP23S08 est donnée pages DOC12 à DOC14.

- Q30.** Déterminer le nombre de circuits MCP23S08 (U13 sur la page PR5) nécessaire sur la carte LaserBoard pour piloter les 32 secteurs caméra fixes. --
- Q31.** Identifier à l'aide des schémas structurels et de la documentation du MCP23S08 le nom de la liaison entre le microcontrôleur U3 et le circuit U13.
- Q32.** Compléter sur le document réponses DR-Pro5 la valeur de l'octet Device Opcode (figure 1-5 de la page DOC 13) pour activer le relais secteur 21.
- Q33.** Décoder la trame de commande du relais correspondant au secteur 21 donnée sur le document réponses DR-Pro5. Reporter les valeurs (Adresse registre) et (données du registre) en hexadécimal.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro5 sur 6
19SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

La fonction `wr_MCP23S08` ci-dessous en langage C permet d'écrire une donnée dans les registres du circuit MCP23S08

```
//-----  
// fonction: wr_MCP23S08  
1/-----  
void wr_MCP23S08 (unsigned char Device_Opcode, unsigned char registre, unsigned  
char donnee)  
  
CS_MCP23S08 = 0;  
SPI_putch(Device_Opcode); SPI_putch(registre); SPI_putch(donnee); CS_MCP23S08 =  
1;
```

- Q34.** Compléter la ligne de programmation sur le document réponses DR-Pro6 qui permet d'exécuter la fonction `wr_MCP23S08` pour obtenir la trame de commande du relais du secteur 21.
- Q35.** Préciser le nom et le rôle du registre du circuit MCP23S08 associé à la trame de commande du relais du secteur 21.
- Q36.** Déterminer la valeur de la tension sur la sortie nommée GP3 du composant U13 (page PR5) après l'exécution de la trame.

Le signal `CS2` permet de sélectionner l'ensemble des circuits MCP23S08 de la carte LaserBoard. Il est donc nécessaire d'activer le contrôle d'adresse pour ces composants.

- Q37.** Déterminer La valeur du bit 3 du registre `IOCON` pour activer le mode adresse de chaque circuit `MCP23S08`.

La documentation du relais de commande de la caméra secteur et du circuit ULN2803 est donnée page DOC15.

- Q38.** Compléter le schéma structurel sur le document réponses DR-Pro6 en reliant la structure interne de sortie du composant ULN2803 (U14 de la page PR5) au relais du secteur 21.
- Q39.** Placer sur le schéma du document réponses DR-Pro6 la tension `VCE(sat)` de sortie du circuit ULN2803.
- Q40.** Calculer la tension aux bornes de la bobine du relais.
- Q41.** Montrer, en utilisant la valeur du paramètre *Must operate voltage* du relais que celui-ci est convenablement alimenté.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro6 sur 6
19SN4SNEC1	Domaine professionnel - Sujet	

SUJET

Option B Électronique et Communications

Partie 2 Sciences physiques

Durée 2 h coefficient 2

Le sujet est composé de trois parties indépendantes :

Partie A : Amélioration du fonctionnement de la détection du Laser ALS ;

Partie B : Analyse de la liaison RS485 filaire entre le détecteur Laser et la caméra ;

Partie C : Remplacement de la liaison filaire par un module radio.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP1 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Partie A: Amélioration du fonctionnement du laser ALS

Problématique : amélioration de la détection d'intrus.

La détection d'intrusion se fait à l'aide du laser ALS. L'onde électromagnétique issue du Laser est caractérisée par une longueur d'onde notée λ et qui vaut 905 nm.

Q42. Indiquer le nom du domaine de longueur d'onde auquel appartient cette onde électromagnétique. On rappelle que le domaine des longueurs d'onde du visible se trouve entre 400 nm et 800 nm.

Pour assurer la fonction de détection d'intrusion, le Laser doit effectuer au préalable une cartographie de référence. Dans un premier temps, la zone à surveiller est balayée par un faisceau Laser RA (comme indiqué sur la figure 1 ci-dessous) et 6000 points de mesures de référence sont relevés pour une rotation d'un tour. L'inclinaison du rayon est paramétrée ici de telle sorte que $L = 150$ m.

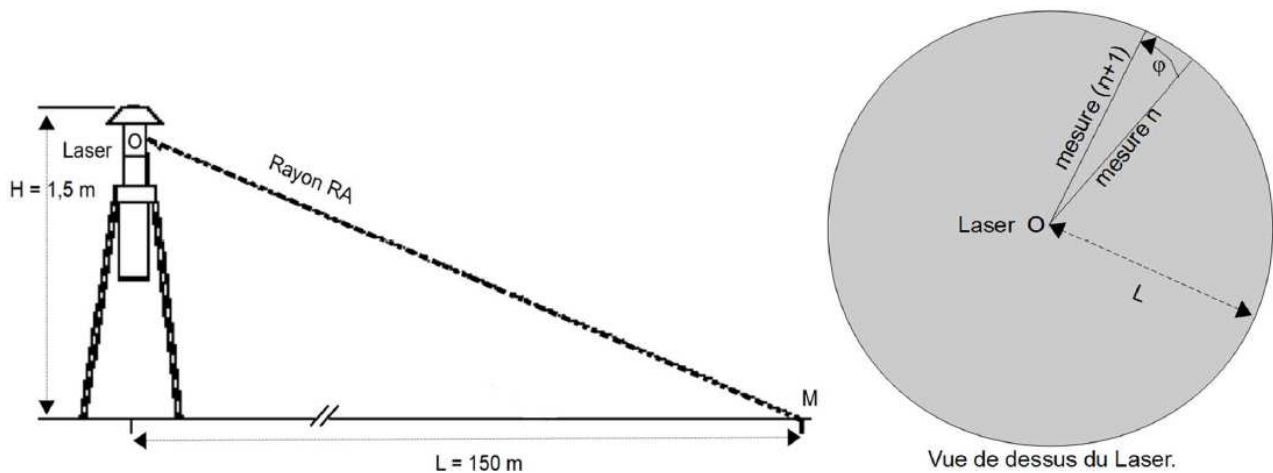


Figure 1 : schéma de l'installation (échelle non respectée).

Q43. Montrer que l'angle ϕ séparant les rayons de deux mesures successives (voir figure 1) vaut environ 1 mrad.

Rappel : la longueur \hat{A} de l'arc défini par deux rayons de longueur R et formant un angle (ϕ) est $\hat{A} = R(\phi)$.

Q44. En déduire la largeur maximale d'un objet situé à 125 m du Laser, notée L_{\max} , pour qu'il ne soit pas, à coup sûr, atteint par deux rayons successifs.

Le Laser donne la mesure du retard θ entre le signal émis et le signal reçu. La mesure de ce retard donne alors la valeur de la distance entre le Laser (point O) et l'objet à surveiller.

Le retard de référence mesuré par le Laser lorsqu'il effectue sa cartographie (sans intrusion) est noté θ_{ref} . Le retard mesuré lors du balayage de la zone est noté θ .

La durée $\Delta\theta = \theta_{\text{ref}} - \theta$ permet de mesurer la différence avec la situation de référence et d'évaluer la possibilité d'une intrusion sur la zone à surveiller puisque :

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP2 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

- si $\Delta\theta = 0$, le retard mesuré est égal au retard de référence, rien n'a modifié le parcours du rayon Laser par rapport à la situation de référence.
- si $\Delta\theta \neq 0$, le retard est différent de celui mesuré dans la situation de référence.

Lorsqu'une personne se trouve dans la zone à surveiller, le signal $\Delta\theta$ varie lors de la rotation du Laser.

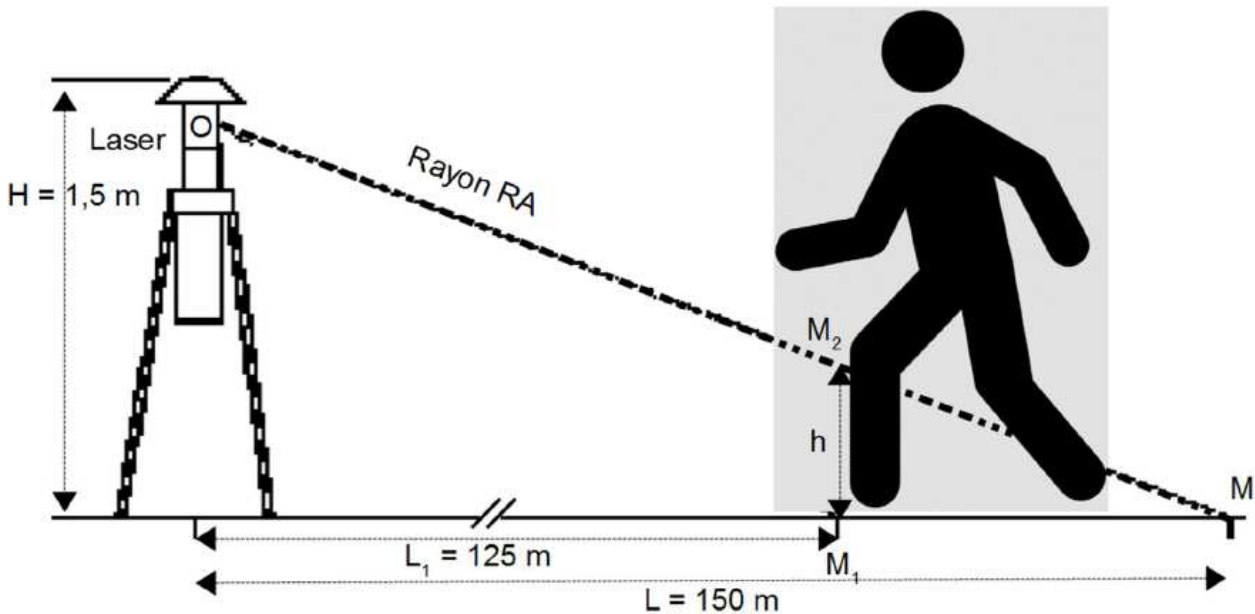


Figure 2: schéma d'une intrusion (échelle non respectée).

Le rayon RA part du Laser (point O) et va jusqu'au point M (voir figure 2) à la vitesse de la lumière dans le vide, notée c qui vaut $3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Par des considérations géométriques simples, la valeur de OM sera approximée à 150 m. De même, la valeur numérique de M_2M est proche de 25 m. Le signal de référence parcourt la distance $2 \cdot OM$ à la vitesse c .

Q45. Déterminer l'expression du retard $\Delta\theta$ entre le signal de référence et le signal réel, en fonction de M_2M et de c . Donner la valeur numérique de $\Delta\theta$ en nanosecondes.

Lorsque la cartographie de référence est effectuée sur une zone avec de la végétation (feuilles, branches d'arbres par exemple) et lorsqu'il y a du vent, le signal $\Delta\theta$ peut être non nul alors qu'il n'y a pas d'intrusion (la branche d'arbre ou la feuille ne se trouvent pas à la même place que lors de la mesure de référence).

Sur le document réponses DR-SP1, on a relevé le chronogramme du signal $\Delta\theta$ en fonction du numéro de la mesure dans le cas où un personnage est présent et lorsqu'il y a du vent. Pour ne pas détecter les petits objets, on place un seuil de détection, comme indiqué sur ce même document. Lorsque la valeur de $\Delta\theta$ dépasse ce seuil, on décide qu'une intrusion a eu lieu. Le seuil est fixé à la valeur $\Delta\theta = 100 \text{ ns}$.

Q46. Compléter le document réponses DR-SP1 en indiquant les positions et le nombre total des intrusions détectées à partir du signal $\Delta\theta$ sans aucun traitement.

Afin d'éviter des fausses détections, on décide d'effectuer un traitement numérique du

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP3 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

signal $\Delta\theta$. On appelle x_n la valeur de $\Delta\theta$ à l'instant $t_n = n \cdot T_{\text{laser}}$ (où T_{laser} est la durée entre deux mesures de LIO par le laser) et on décide d'appliquer le filtre numérique d'entrée x_n et de sortie y_n défini par l'équation de récurrence :

$$y_n = \frac{x_n + x_{n-1} + x_{n-2} + x_{n-3} + x_{n-4} + x_{n-5} + x_{n-6} + x_{n-7}}{8}$$

Q47. Préciser si ce filtre est récursif ou non-récursif en justifiant votre réponse.

Q48. Discuter de la stabilité de ce filtre.

On rappelle que l'impulsion unité est définie comme étant la séquence $\{x_n\}$ telle que

$$x_n = 0 \text{ pour tout } n < 0, x_0 = 1 \text{ et } x_n = 0 \text{ pour tout } n > 0$$

Q49. Déterminer alors les valeurs des échantillons $\{y_n\}$ de la réponse impulsionnelle et en déduire le rôle de ce filtre.

Q50. Calculer et reporter les valeurs des deux échantillons $\{y_n\}$ manquants sur le document réponses DR-SP2 lorsque la séquence présente en entrée est celle de la question Q46.

Q51. Compléter le document réponses DR-SP3 en indiquant la (ou les) position(s) et le nombre d'intrusions détectées à partir du signal $\{y_n\}$ qui correspond à $\Delta\theta$ après le traitement numérique.

Q52. Conclure en indiquant l'apport du filtre numérique.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP4 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Partie B : Analyse de la liaison RS485 existante

Problématique : vérification du respect du cahier des charges de la transmission filaire entre la LASERBOARD et la caméra PTZ.

La liaison entre la carte LASERBOARD et la caméra PTZ (Pan Tilt Zoom) est assurée à l'aide d'un câble conçu pour la transmission de données numériques.

Le cahier des charges impose trois conditions sur la liaison filaire entre le Laser ALS et la caméra PTZ:

- Le temps de détection doit être inférieur à 1 s.
- L'écart entre les niveaux de tension des signaux représentant les deux niveaux logiques doit être supérieur à 4 V à la sortie du câble pour un bon décodage de la trame, lorsque le signal d'entrée varie entre + 4 V et - 4V.
- Les caractéristiques données par les documents techniques doivent être validées à moins de 5 % près par les mesures.

La longueur du câble peut atteindre 200 m et ses principales caractéristiques, issues de la documentation du constructeur, sont présentées à la figure 3 ci-dessous :

REQUIREMENTS AND TEST METHODS

Electrical:

Nominal resistance conductor	78.7 Ω /km
Nominal resistance shield	11.0 Ω /km
Nominal capacitance conductor to conductor	42.0 pF/m
Nominal capacitance conductor to shield + other cond.	75.5 pF/m
Nominal impedance @ 1 MHz	120 Ω
Nominal velocity of propagation	66 %
Nominal attenuation @ 1 MHz	1.97 dB/100m

Figure 3 : Extrait de la documentation constructeur du câble

Le câble étant enterré sous la piste recevant les avions, le technicien veut vérifier les caractéristiques annoncées à l'aide de deux tests simples, dont le schéma de câblage est présenté sur la figure 4.

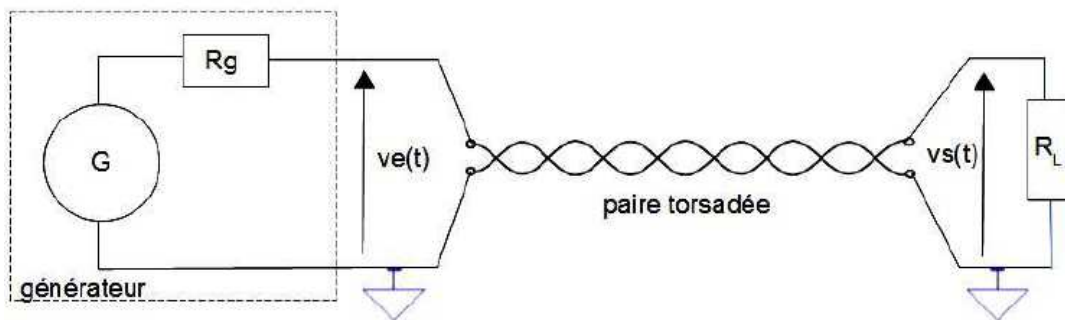


Figure 4 : schéma du circuit pour les deux tests.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP5 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Test impulsionnel : la tension issue du générateur, notée $v_e(t)$ est un signal impulsionnel compris entre 0 et 5 V, dont la fréquence vaut 200 kHz et le rapport cyclique vaut 5 %.

La paire différentielle torsadée possède une résistance caractéristique, notée R_c , qui vaut 120 Ω .

La ligne est adaptée.

Q53. Indiquer alors la valeur de la résistance de charge R_L .

Q54. Justifier le fait que la ligne doit être adaptée dans le système en fonctionnement.

L'évolution des tensions $v_e(t)$ et $v_s(t)$ est présentée sur les chronogrammes ci-dessous :

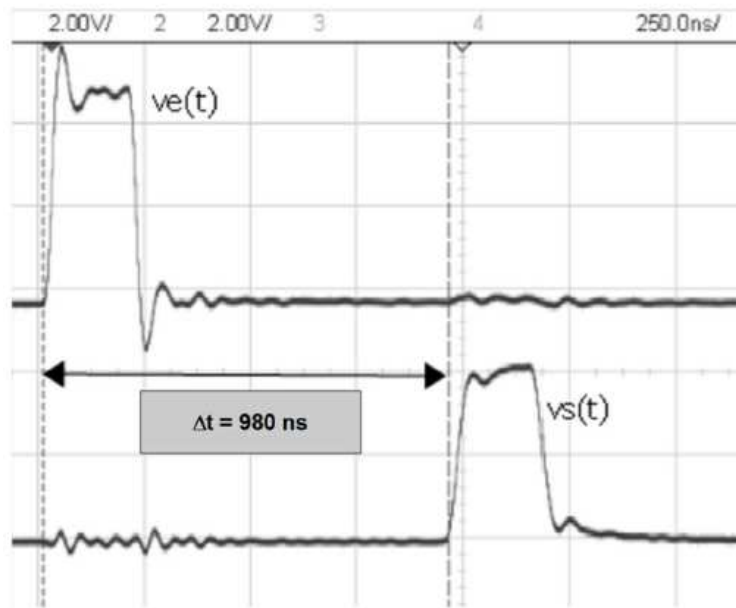


Figure 5 : chronogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$ (test impulsionnel).

Q55. Déterminer la vitesse de propagation v_{mes} du signal sur la ligne en s'aidant des mesures indiquées sur la figure 5, la longueur de la ligne, notée L , valant 200 m.

Q56. Montrer que la valeur de la vitesse de propagation donnée par le constructeur, v_{constr} est égale à: $v_{constr} = 1,98 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ en utilisant le document de la figure 3.

Q57. Conclure sur la compatibilité de ces deux valeurs en rappelant le critère correspondant du cahier des charges.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP6 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Test d'atténuation: le même schéma (figure 4) est conservé mais $v_e(t)$ est un signal sinusoïdal dont la fréquence vaut 1 MHz et l'amplitude, notée V_e vaut 5 V. Les chronogrammes de la figure 6 présentent les deux tensions $v_e(t)$ et $v_s(t)$ obtenues lors de ce test.

CrCr = tension crête à crête

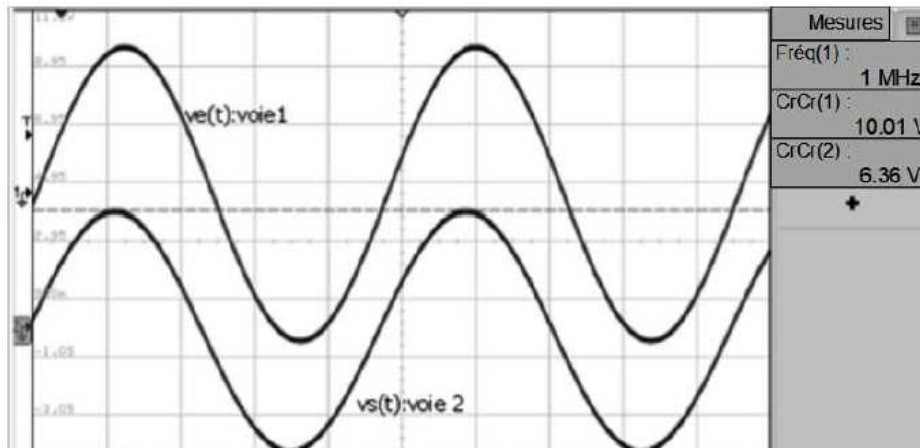


Figure 6 : chronogrammes de $V_e(t)$ et $V_s(t)$ (test d'atténuation)

On rappelle que l'atténuation en dB est définie par: $A_{dB} = 20 \times \log\left(\frac{\widehat{V}_e}{\widehat{V}_s}\right)$.

- Q58.** Calculer la valeur numérique de l'atténuation et comparer cette valeur à celle indiquée dans le document constructeur de la figure 3.
- Q59.** Montrer, en utilisant cette valeur, que l'amplitude du signal recueilli à la sortie de la paire torsadée est de $\widehat{V}_s = 2,54$ V lorsqu'on place un signal d'amplitude $\widehat{V}_e = 4$ V en entrée.
- Q60.** Conclure sur le respect du cahier des charges en analysant les trois critères.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP7 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

À la suite de travaux de terrassement sur la piste où sont rangés les avions, on constate des dysfonctionnements sur la transmission et on veut détecter la panne. Le technicien travaille par réflectométrie, c'est-à-dire qu'il envoie un signal impulsionnel à l'entrée du câble et qu'il mesure la tension $v_e(t)$ pour détecter d'éventuelles réflexions dues à un défaut.

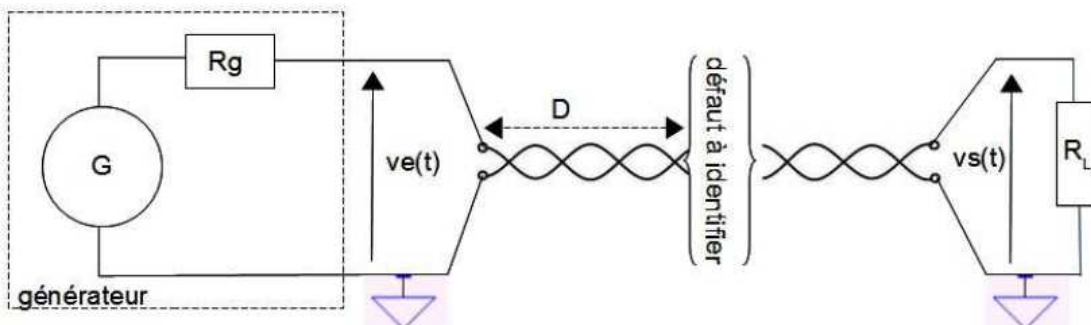


Figure 7 : schéma du test de réflectométrie.

D est la distance inconnue entre le début du câble et le défaut (voir figure 7).
Le chronogramme obtenu par le technicien est donné sur la figure 8 ci-dessous :

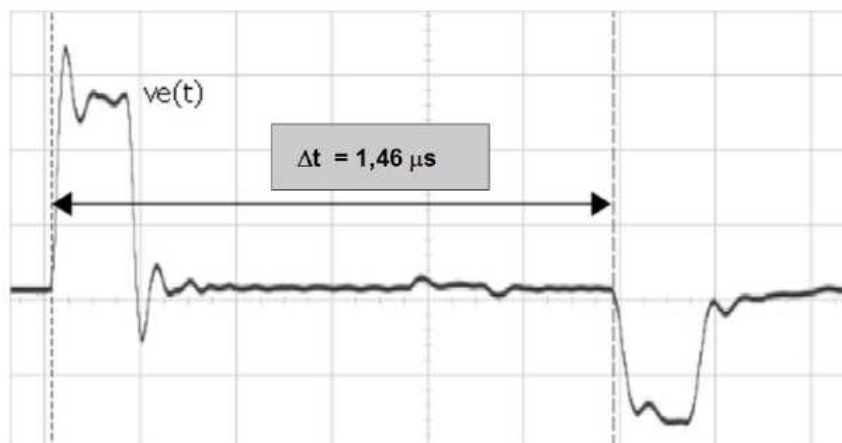


Figure 8 : chronogramme de $v_e(t)$ (test de réflectométrie)

- Q61.** Exprimer littéralement la relation entre D , Δt et la vitesse V_{constr} du signal dans le câble. En déduire la valeur numérique de la distance D .
- Q62.** Préciser si le défaut est un court-circuit ou un circuit ouvert en justifiant votre réponse.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP8 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Partie C: Transmission radio du signal PTZ

Problématique : remplacer la liaison filaire par une liaison HF et mesurer ses caractéristiques.

Afin de pouvoir éviter les inconvénients de la liaison LASERBOARD - caméra PTZ filaire étudiés dans la partie précédente, celle-ci est remplacée par une liaison sans fil. Pour cela, le technicien utilise un ensemble émetteur-récepteur HF adapté à la transmission des signaux pour les systèmes de sécurité. La distance entre l'émetteur et le récepteur doit pouvoir être de 200 m. Les principales caractéristiques de cet ensemble sont données dans le document présenté sur la figure 9 ci-dessous :

TCO-2409XR6 - 2.4GHz Digital FHSS All Weather 9-CH D1 Transmitter & Receiver System - Range 2,500 Feet

This all-weather 2.4GHz Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) wireless digital video solution sends Real-Time D1 (720 x 480) high-resolution video **up to 2,500 Feet Line-of-Sight**. Perfect for industrial, commercial, law enforcement and government video security applications.

SPECIFICATIONS

OPERATING FREQUENCY	2.4GHz - 2.48GHz Digital Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
MODULATION FORMAT	FHSS (16 QAM, QPSK, BPSK)
FREQUENCY CONTROL	Automatic 9-Channel Selection
SECURITY AUTHENTICATION	Automatic Rolling Encrypted Authentication System
DATA RATE	Up to 12 Mbps
LATENCY	200-500ms (Signal Dependant)
VIDEO COMPRESSION FORMAT	Hardware Based MPEG-4
VIDEO RESOLUTION	D1 720 x 480 (NTSC) / 704 X 576 (PAL)
FRAME RATE	30fps (NTSC) / 25fps (PAL)
RADIATED POWER	65mW
RANGE & ELEVATION (LINE-OF-SIGHT)	Up to 2,500 Feet @ Minimum 10 Feet Elevation
RECEIVER SENSITIVITY	-85dBm
ANTENNA TYPE	Two Embedded 9dB Directional Patch Antennas / H-Plane 65° V-Plane 65°
ANTENNA INPUT CONNECTOR	SMA-Female
VIDEO CONNECTOR	BNC-Female @ 75 Ohms 1 Volt P-P
AUDIO CONNECTOR	BNC-Female @ 600 Ohms 1 Volt P-P
PTZ DATA	RS-485 2-Wire Pelco-D / Pelco-P
PTZ BAUD RATES	Rotary-Switch 1200 / 2400 / 4800 / 9600



Figure 9 : caractéristiques du système émetteur-récepteur HF.

La transmission des données numériques se fait par modulation d'une porteuse dont la fréquence est comprise entre 2,40 GHz et 2,48 GHz sur 9 canaux. La technologie FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) impose des sauts de fréquences cryptés entre ces neuf canaux. La fréquence de la porteuse pour le canal 0 est de $f_{p0} = 2,40$ GHz et pour le canal 8 de $f_{p8} = 2,48$ GHz.

Q63. Préciser la valeur théorique de la fréquence porteuse du canal n°3, notée f_{p3} .

Q64. Déterminer la valeur de l'encombrement spectral maximal BW_{max} de chaque canal si on veut éviter le chevauchement de deux canaux successifs.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP9 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Le technicien a fait un test du module émetteur en envoyant un signal capable de commander une caméra supportant le format PELCO-D. L'analyseur de spectre permet d'obtenir la densité spectrale de puissance (DSP) du signal modulé utilisant le canal n°3, ainsi que son diagramme de constellation. Les relevés sont présents sur le document réponses DR-SP4.

Q65. Choisir, parmi les formats de modulation proposés dans le document figure 9, celui qui correspond au diagramme de constellation présenté sur le document réponses DR-SP4. Justifier votre réponse.

Q66. Préciser le nombre de bits par symbole de cette modulation.

Q67. Relever la fréquence centrale du spectre correspondant au canal n°3, puis indiquer sa valeur sur le document réponses DR-SP4.

Q68. Mesurer l'encombrement spectral BW du signal modulé, en vous limitant au lobe principal et en laissant *votre* construction apparente sur le document réponses DR SP4. Indiquer la valeur numérique de BW ce même document.

Rappel : l'encombrement spectral est deux fois plus grand que le débit de symboles.

Q69. Préciser la relation entre BW et le débit des symboles R , puis la relation entre R et le débit binaire D . Indiquer les valeurs numériques de R et D sur le document réponses DR-SP4.

Q70. Vérifier la compatibilité entre l'encombrement spectral BW et BW_{max} .

Le module émetteur et le module récepteur possèdent chacun une antenne intégrée directive, dont le diagramme de directivité dans le plan vertical est donné sur le document réponses DR-SP5.

Q71. Déterminer la valeur du gain maximal de cette antenne par rapport à l'antenne isotrope.

Rappel : l'angle d'ouverture correspond à l'intervalle entre les deux angles où le gain de l'antenne est égal au gain maximal -3 dB.

Q72. Faire la construction graphique sur le document réponses DR-SP5 pour trouver la valeur de l'angle d'ouverture.

La portée indiquée dans le document figure 9 est de : Range = « Up to 2500 feet ».

Q73. Indiquer si la portée théorique affichée est satisfaisante, sachant que la correspondance entre les pieds et les mètres est: 1 foot = 0,3048 mètre.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP10 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

L'objectif est de vérifier cette portée en champ libre.

La lecture des caractéristiques du module émetteur (figure 9) nous indique sa puissance d'émission $P_E = 65 \text{ mW}$.

La caractéristique du module récepteur permet de trouver sa sensibilité $S_R = -85 \text{ dBm}$.

Une marge de 15 dB par rapport à la sensibilité est prise pour trouver la puissance reçue minimale suffisante au bon fonctionnement du module.

L'affaiblissement en espace libre est noté A_p .

La recommandation de l'Union Internationale des Télécommunications (n° UIT-R P.525-3 de novembre 2016) présente une méthode pour calculer l'affaiblissement en espace libre lors d'une transmission entre deux points :

$$A_p = 32,4 + 20 \times \log(f) + 20 \times \log(d) \text{ en dB, avec } d \text{ en km et } f \text{ en MHz.}$$

Q74. Déterminer la valeur de la distance maximale $d = d_{\max}$ obtenue dans ce cas en remplissant le document DR-SP6 et conclure sur la possibilité d'utiliser ce module émetteur/récepteur.

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP11 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	