

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.

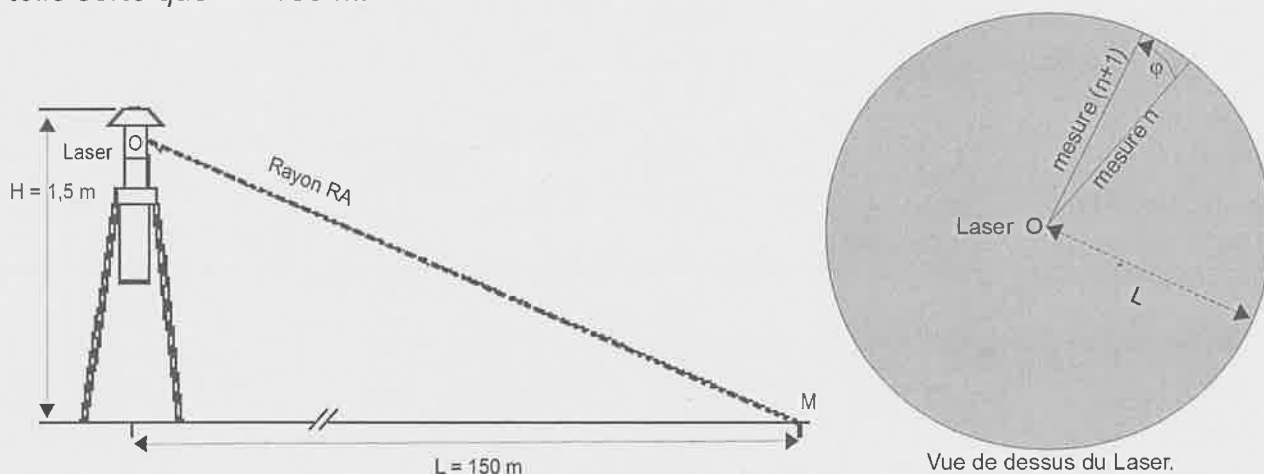


Figure 1 : schéma de l'installation (échelle non respectée).

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

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

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.

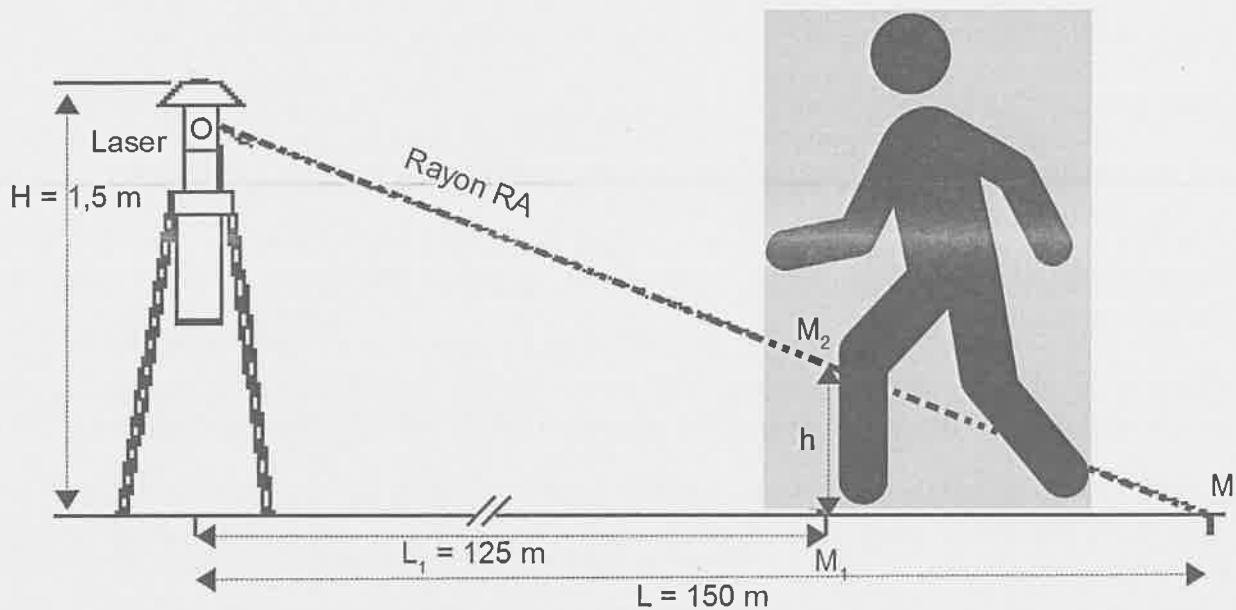


Figure 2 : schéma d'une intrusion (échelle non respectée).

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 et qui vaut $3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$. 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 $2.OM$ 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.

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

Afin d'éviter des fausses détections, on décide d'effectuer un traitement numérique du signal $\Delta\theta$. On appelle x_n la valeur de $\Delta\theta$ à l'instant $t_n = n.T_{laser}$ (où T_{laser} est la durée entre deux mesures de $\Delta\theta$ 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 $x_n = 0$ pour tout $n < 0$, $x_0 = 1$ et $x_n = 0$ 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 :

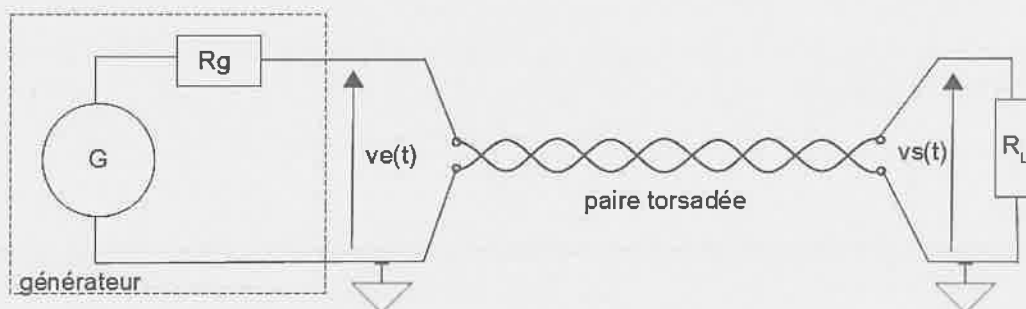


Figure 4 : schéma du circuit pour les deux tests.

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 $120\ \Omega$.

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 :

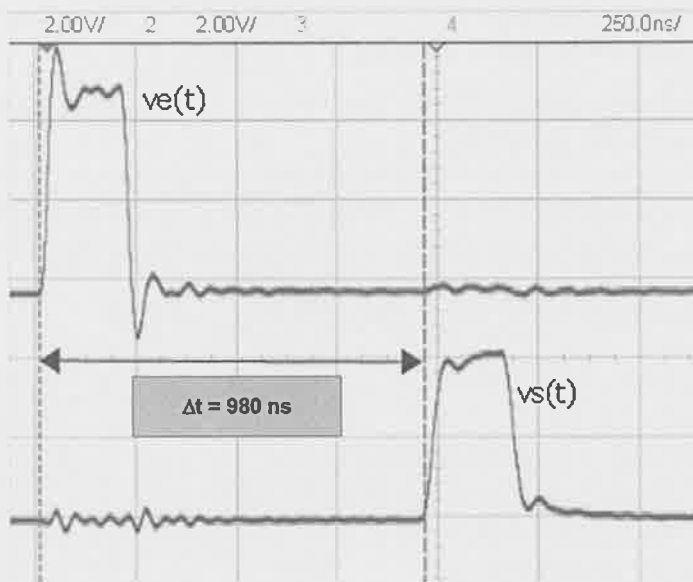


Figure 5 : chronogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$ (test impulsionnel).

- 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 : $v_{constr} = 1,98.10^8\text{ m.s}^{-1}$ 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.

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 $\widehat{V}_e$ 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.

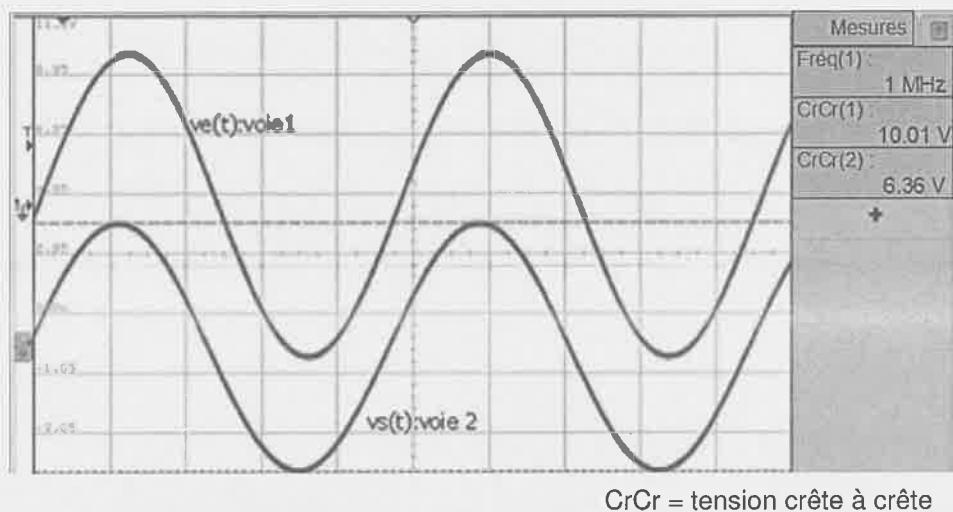


Figure 6 : chronogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$ (test d'atténuation)

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

- 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.

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.

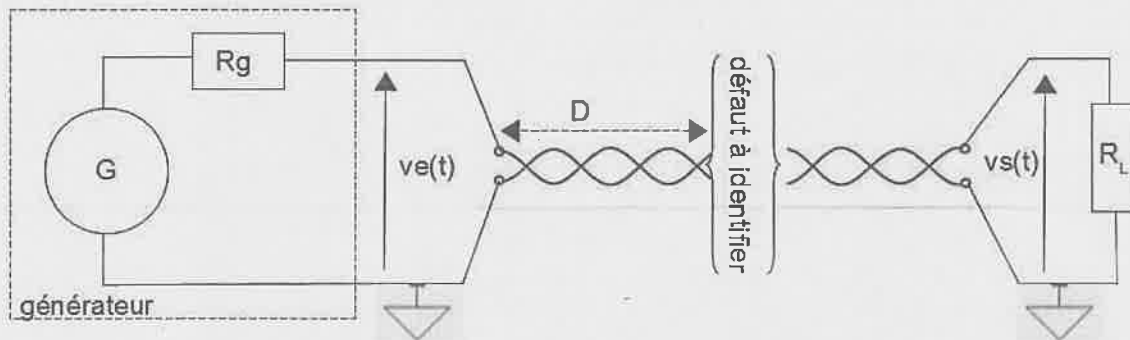


Figure 7 : schéma du test de réflectométrie.

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 :

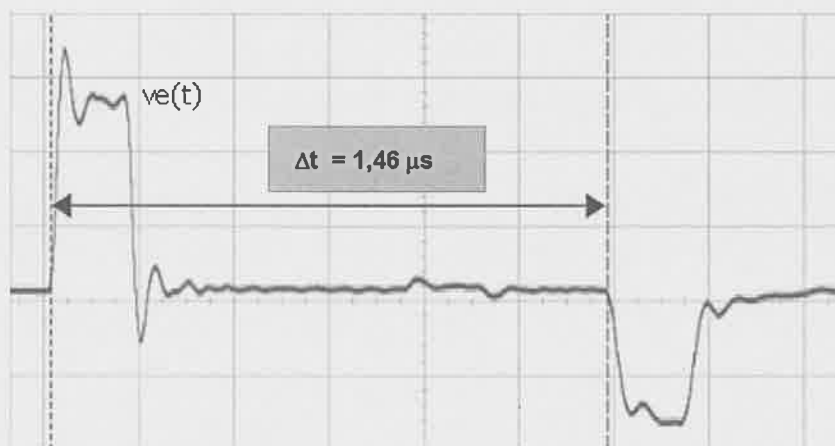


Figure 8 : chronogramme de $v_e(t)$ (test de réflectométrie)

- 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.

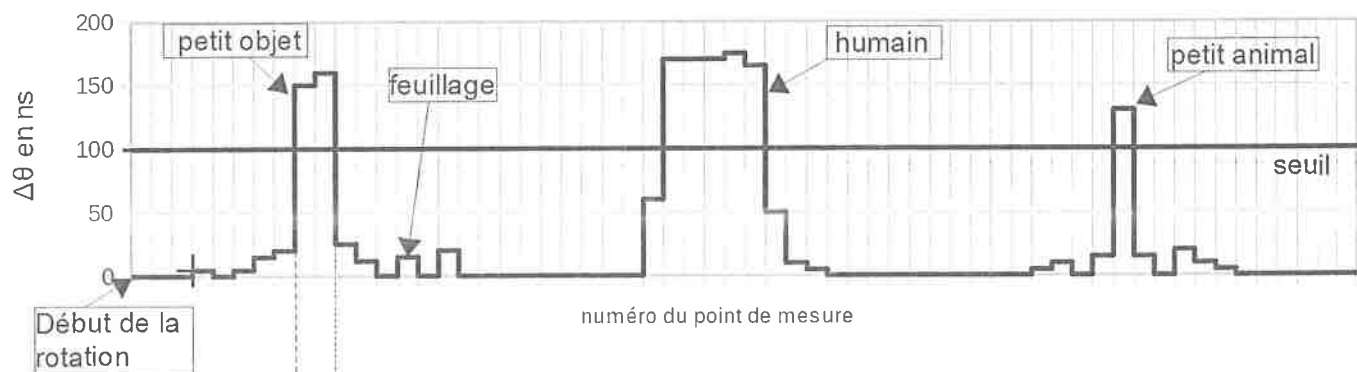
Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP11 sur 11
19SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

DOCUMENT RÉPONSES – Sciences Physiques

À RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponses DR-SP1 (Q46)

Retard $\Delta\theta$ (sans traitement).



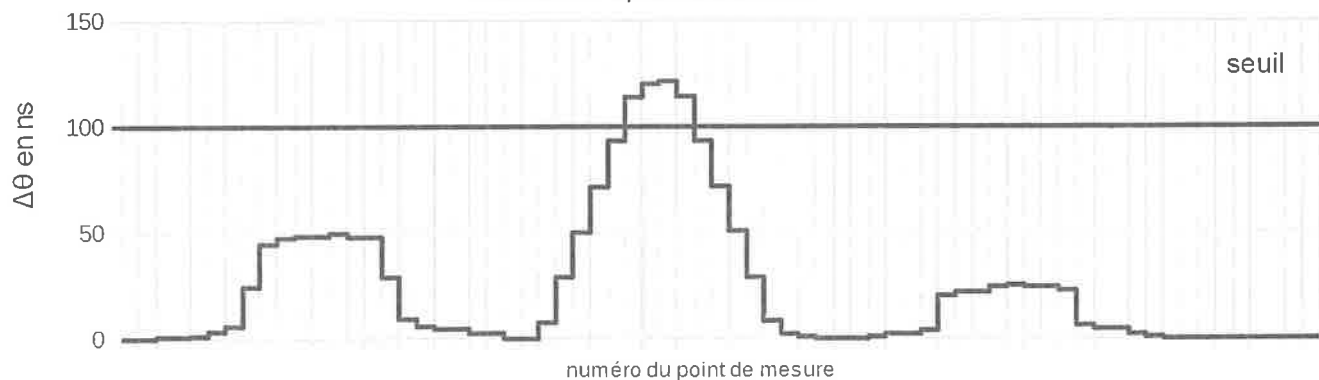
Objets détectés	NON	OUI
Nombre total d'objets détectés :		

Document réponses DR-SP2 (Q50)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\{x_n\}$	0	0	0	5	0	5	15	20	150	160	25
$\{y_n\}$	0	0	0	0,625	0,625	1,25	3,125	5,625	...	44,375	...

Document réponses DR-SP3 (Q51)

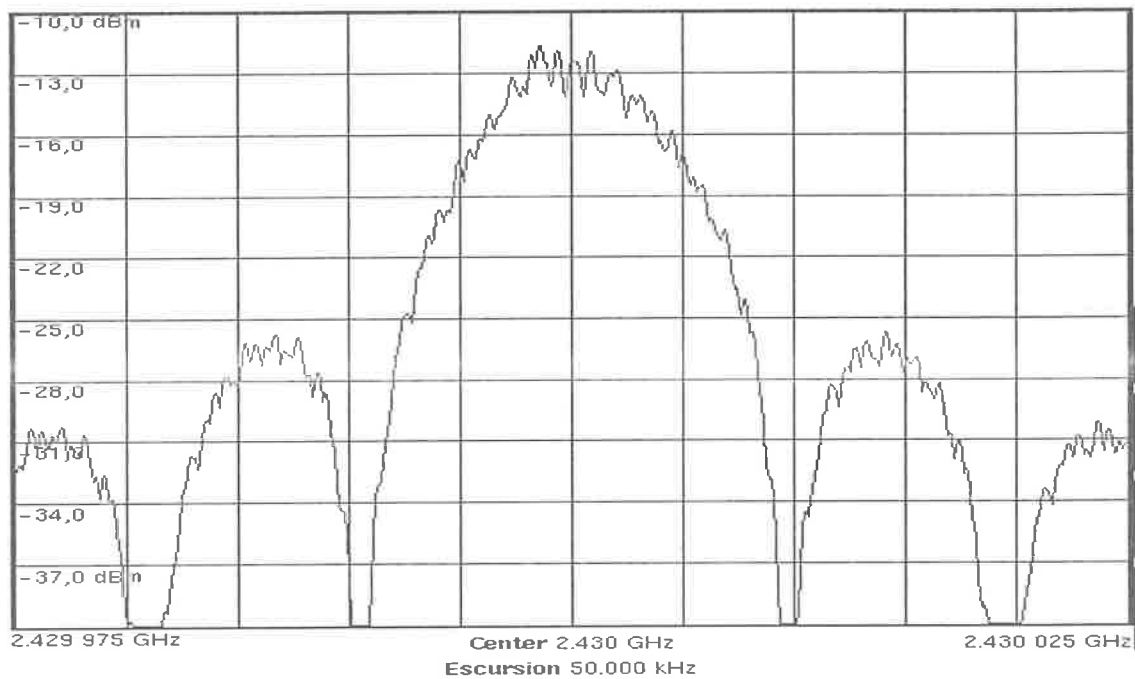
Retard $\Delta\theta$ après traitement



Objets détectés	
Nombre total d'objets détectés :	

Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP1 sur 4
19SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Densité spectrale de puissance (DSP) du signal modulé canal n° 3 :



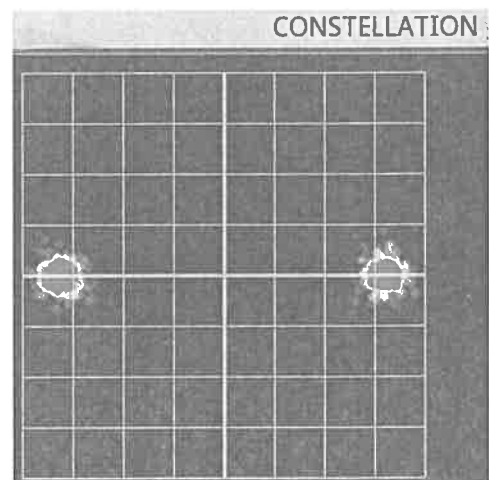
f_{p3} = fréquence de la porteuse du canal n°3 (en GHz) :

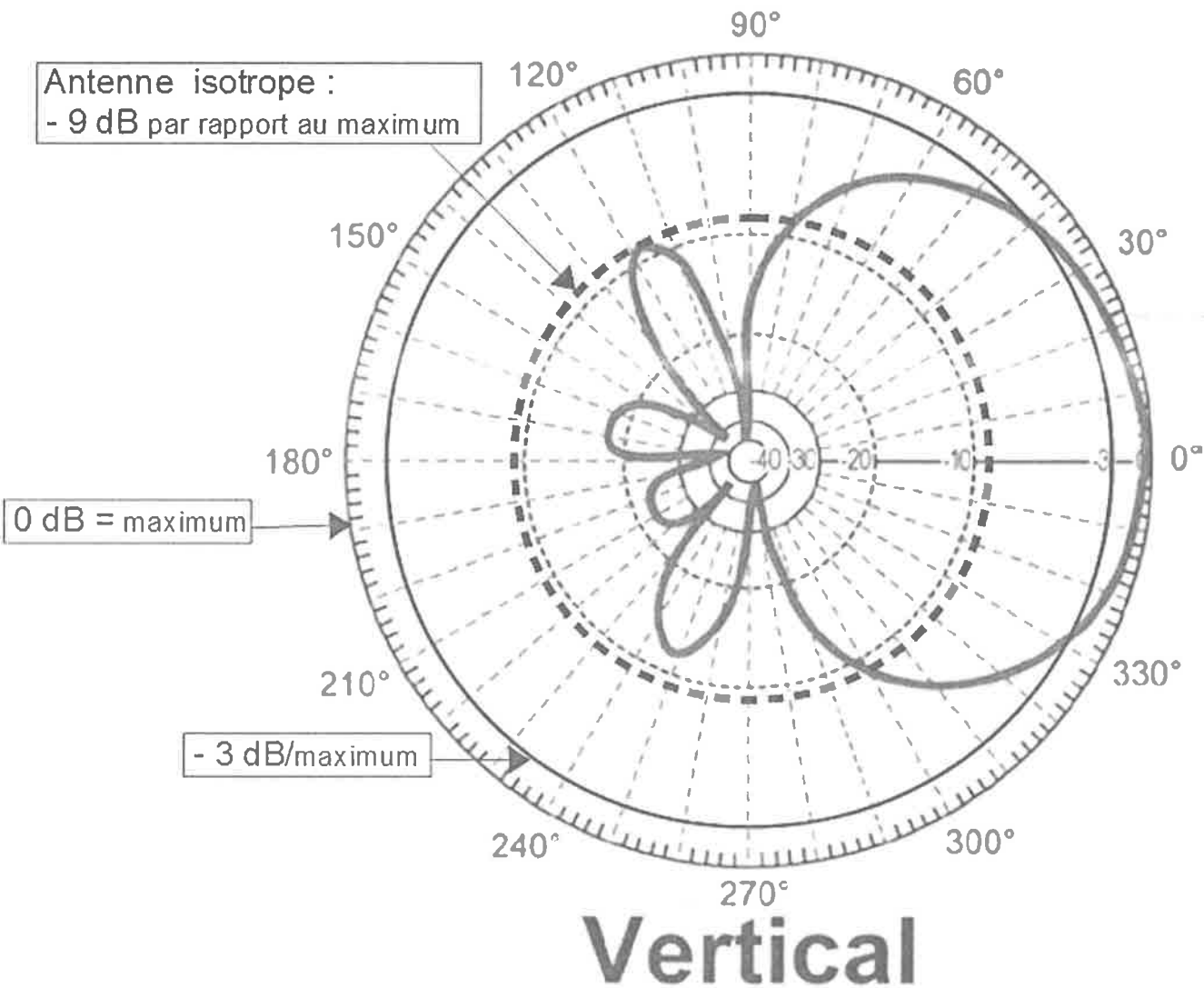
BW = encombrement spectral (en kHz) :

R = débit des symboles :

D = débit binaire :

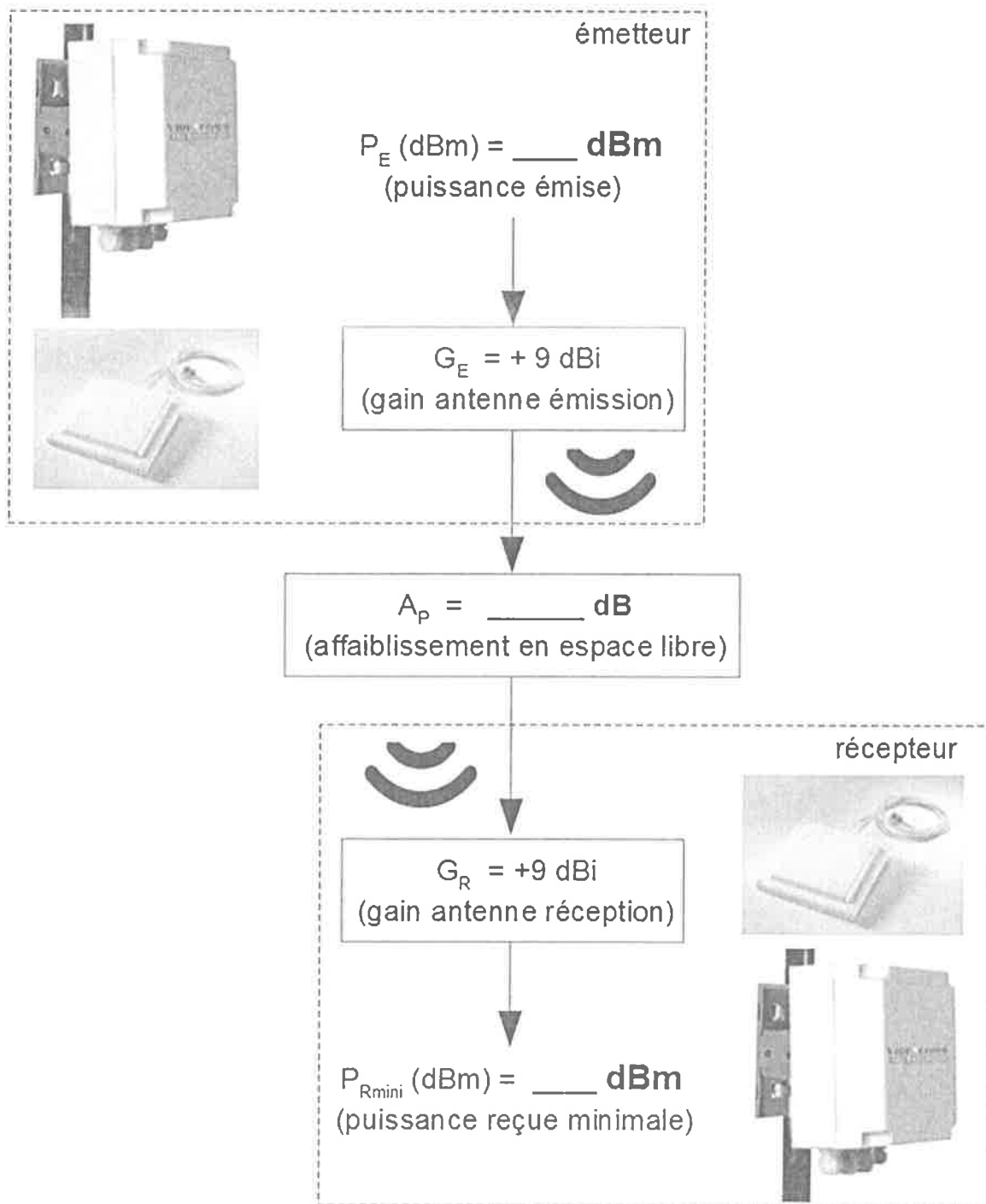
Diagramme de constellation du canal n°3 :





Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP3 sur 4
19SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Bilan de liaison à compléter pour $d = d_{\max}$:



Session 2019	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP4 sur 4
19SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

