

BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES

Option B - Électronique et Communications

Épreuve E4 : ÉTUDE D'UN SYSTÈME NUMÉRIQUE ET D'INFORMATION

SESSION 2018

Durée: 6 heures
Coefficient : 5

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

Présentation du système	PR1
Sujet	
Questionnaire Partie 1 Électronique	S-Pro1 à S-Pro7
Document réponses à rendre avec la copie	DR-Pro1 à DR-Pro4
Questionnaire Partie 2 Physique	S-SP1 à S-SP6
Document réponses à rendre avec la copie	DR-SP1 à DR-SP4
Documentation	DOC1 à DOC15

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Chaque candidat remettra deux copies séparées : une copie « domaine professionnel » dans laquelle seront placés les documents réponses pages DR-Pro1 à 4 et une copie « Sciences Physiques » dans laquelle seront placés les documents réponses pages DR-SP1 à 4.

Session 2018	BT Systèmes Numériques	Page de garde
18SN4SNEC1	Option B Électronique et Communications Épreuve E4	

PRÉSENTATION DU SYSTÈME

Optimisation d'un éclairage public

1. Généralités

Une ville moyenne de 30 000 habitants ne compte pas moins de 3 000 points lumineux sur son territoire. Au quotidien, la ville gère son parc d'éclairage public et cherche sans cesse à l'optimiser grâce aux nouvelles technologies, sans perdre de vue son objectif premier : assurer la sécurité des biens et des personnes.

En France, selon l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), l'énergie consommée par l'éclairage public (environ 1,5 Million de kW·h par an) représente 37 % de la facture d'électricité des collectivités territoriales, une part non négligeable dans le budget d'une ville. C'est pourquoi la maîtrise de l'éclairage public est une source importante de réduction des consommations électriques.

Pour s'adapter aux nouvelles recommandations, les ampoules classiques qui ne fonctionnent plus sont systématiquement remplacées par des ampoules à LED.

Avec une puissance de 70 W pour les ampoules à LED contre 150 W pour les ampoules conventionnelles, à qualité d'éclairage équivalente, la baisse de la consommation d'énergie est évidente.

La technologie à LED offre un rendement bien supérieur.

Pour optimiser l'éclairage en tenant compte de la luminosité naturelle et mieux intégrer les rythmes de vie urbaine, certaines villes mettent en place un dispositif de gestion. Celui-ci permet de connaître la consommation énergétique de chaque lampadaire, son état de fonctionnement et de faire varier la puissance d'un point lumineux sur certaines plages horaires (abaissement par tranche horaire de la puissance entre 23 h et 5 h par exemple). Un potentiel de 40 à 75 % d'économies d'énergie est dès aujourd'hui réalisable lors de la modernisation des anciennes installations.

2. Mise en situation

Pour faire des économies d'énergie, une ville de 34 000 habitants veut moderniser son éclairage urbain. Pour cela, elle va changer le type d'ampoule et utiliser du matériel spécialisé avec lequel on peut moduler la puissance d'éclairage en fonction des horaires, des jours (semaine ou week-end) et des saisons. De plus, la nouvelle installation permettra de suivre la consommation en énergie et alertera les services techniques lors de dysfonctionnements.

Au total, 3 000 points lumineux sont répartis dans les différentes rues de cette ville.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page PR1 sur 1
18SN4SNEC1	Présentation	

SUJET

Option B Électronique et Communications

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

Partie A. Mise en situation

Problématique: évaluer les économies réalisables et l'intérêt de l'installation.

La première économie sur la consommation électrique de la ville est de remplacer les ampoules existantes de 150 W par des ampoules à LED de même éclairage mais de 70 W. Ces ampoules à LED ont un coût unitaire de 150 €.

Sur l'ensemble de l'année, la durée moyenne de mise en marche des éclairages de rue est de 11,8 h par nuit. Le coût de l'énergie électrique est de 11 centimes d'euros par kW·h.

On rappelle que la ville comporte 3 000 points lumineux.

Q1. Calculer l'énergie annuelle totale (en kW·h) consommée avec les anciennes ampoules.

En déduire le coût lié à cette consommation pour l'éclairage des rues de cette ville.

Q2. Calculer l'économie (en euros) sur le coût de la consommation d'électricité pour une année avec les nouvelles ampoules à LED.

Q3. Calculer le nombre d'années nécessaires pour rentabiliser l'achat des nouvelles ampoules si on économise 112 500 € par an.

Une autre possibilité d'économie est de réduire la puissance fournie aux lampadaires (réduction de l'éclairage) aux heures où il y a peu de monde dans les rues. On se place dans le cas où toutes les ampoules sont de technologie LED.

On considère que le coût annuel pour 10 h de fonctionnement quotidien à 100 % est de 100 000€.

On fait le choix d'un allumage :

- à 75 % de la puissance pendant 5 h (entre 21 h et minuit et entre 5 h et 7h);

- à 50 % entre minuit et 5 h.

-

Q4. Calculer l'économie annuelle (en euros) réalisée par la réduction à 75 %.

Calculer l'économie annuelle réalisée par la réduction à 50 %.

Q5. Calculer l'économie totale réalisée par la réduction d'éclairage.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro1 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

Partie B. Définition de l'architecture matérielle du système

Problématique : proposer une architecture matérielle permettant de réaliser la gestion de l'éclairage urbain dans une partie de la ville.

Pour déterminer l'architecture, le principe de fonctionnement et de gestion de l'éclairage urbain de la solution Augier est donné document réponses DR-Pro1 et pages DOC2 et DOC3. Des extraits de documentation du variateur Compacto Ils sont donnés page DOC4 et du module de télésurveillance AUGIER-Box page DOCS.

Dans un premier temps on s'intéresse à la fonction des différents éléments.

- Q6.** Compléter, sur le document réponses DR-Pro1, le diagramme des cas d'utilisations avec les propositions indiquées (reporter le numéro de la proposition).
- Q7.** Préciser la fonction du Compacto II.
Déterminer les deux critères principaux de choix du modèle de Compacto II dans une installation.
- Q8.** Préciser la fonction de l'AUGIER-Box.
Indiquer le type de communication mise en œuvre pour alerter les techniciens de maintenance d'un défaut sur l'installation.
- Q9.** Déterminer, à partir des diagrammes SysML, le nombre d'AUGIER-Box nécessaire par quartier.
- Q10.** Indiquer le type de liaison qui permet la communication entre l'AUGIER-Box et les Compacto II.

On cherche maintenant à déterminer les éléments nécessaires pour une partie de l'installation (pour un quartier de la ville). On supposera tous les lampadaires équipés d'ampoules à LED 70 W et des modèles de variateurs monophasés sous 230 V. Trois départs sont utilisés dans l'armoire de quartier n° 8. L'un d'eux alimente 40 lampadaires.

La relation simplifiée entre la puissance active (P en W) et la puissance apparente (S en V-A) est $S = P / 0,8$.

- Q11.** Calculer la puissance active à fournir par le Compacto II pour ce départ.
- Q12.** Choisir le modèle de Compacto II à installer dans l'armoire de quartier pour ce départ.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro2 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

Partie C. Étude de la communication CAN entre l'Augier-Box et le Compacto II

Problématique : analyser la communication entre les deux appareils pour le paramétrage du Compacto II et la remontée des informations.

Un extrait de la documentation messagerie CAN du Compacto II est donné pages DOC6 et DOC7. Des éléments de la norme du bus CAN sont donnés pages DOCB à DOC10.

- Q13.** Préciser le nom de la norme CAN utilisée par les appareils Augier mis en œuvre.
- Q14.** Indiquer, en hexadécimal, l'identifiant du message CAN qui permet de mettre à jour la date et l'heure d'un variateur ayant un VECM de 0x02.
- Le document réponses DR-Pro2 présente une trame de communication entre l'AUGIER- Box et un variateur Compacto II. Le bit de départ (SOF) est repéré.
- Q15.** Identifier sur le document réponses DR-Pro2 les signaux CAN_H et CAN_L.
- Q16.** Repérer, comme pour le bit SOF, tous les bits de "stuffing" sur la trame du document réponses DR-Pro2.
- Q17.** Repérer, comme pour le bit SOF, les bits SRR, IDE et RTR sur la trame du document réponses DR-Pro2.
Indiquer (sur la copie) s'il s'agit d'une trame de données ou de requête.
- Q18.** Reporter dans le tableau du document réponses DR-Pro2 les valeurs binaires des parties haute et basse de l'identificateur sur 29 bits.
- Q19.** Extraire l'identifiant 21 bits et la valeur de VECM du message envoyé et compléter le tableau du document réponses DR-Pro2 (en hexadécimal).
- Q20.** Indiquer à quelle commande du Compacto II correspond ce message CAN.

On s'intéresse maintenant à l'échange qu'il y a entre l'AUGIER-Box et un Compacto II (dont le numéro VECM vaut 1) pour remonter les informations. On utilisera la valeur suivante pour la mesure : tension efficace en sortie = 234 V.

- Q21.** Compléter le diagramme de séquence du document réponses DR-Pro3 pour cet échange.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

Partie D. Intégration autonomes Dans le système de lampadaires

Problématique : intégrer des lampadaires autonomes existants dans l'installation.

Le principe d'intégration de lampadaires autonomes dans le système d'éclairage centralisé est donné page DOC11. Pour limiter les coûts (pas de passage de câbles dans les chaussées ou trottoirs), le pilotage et la remontée d'informations avec ces lampadaires se fera par liaison radio grâce à un module LoRaBee. La documentation du module est donnée pages DOC12 et DOC13.

Q22. Préciser l'élément essentiel à ajouter dans l'installation Augier pour pouvoir intégrer ces lampadaires autonomes.

Q23. Délimiter, sur le document réponses DR-Pro3, la zone de transmission du module LoRaBee en comparaison des autres types de liaison radio.

La solution utilisant le réseau 3G ou GSM+ n'est pas utilisée.

Q24. Donner le principal inconvénient de cette solution.

La portée maximale des modules radio est donnée en champ libre c'est-à-dire dans un espace dégagé de tout obstacle. Pour faire les tests de portée en ville, on utilise deux modules LoRaBee.

On va utiliser les commandes AT pour configurer les deux modules au maximum de leur puissance (donc sur le bon canal) puis en mode « pingpong ».

Q25. Indiquer le numéro de canal qui permet d'obtenir la puissance d'émission maximale.

Q26. Compléter, sur le document réponses DR-Pro4, les commandes à envoyer au module « master » pour obtenir cette configuration.

Des mesures faites en ville permettent de modéliser l'atténuation de la liaison (Att) en fonction de la distance d exprimée en mètres. On obtient l'équation :

$$\text{Att} = 40 \cdot \log(d) + 17,6 \quad (\text{exprimée en dB})$$

Les modules LoRaBee sont configurés pour émettre avec une puissance de 14 dBm. Le lampadaire le plus éloigné de la passerelle serait situé à 1 600 m.

Q27. Calculer la puissance reçue par la passerelle en tenant compte de la distance.

Q28. Vérifier que la puissance reçue est suffisante.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro4 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

Partie E. Étude de la passerelle de communication

Problématique : analyser et compléter le schéma.

Le schéma partiel de la carte passerelle est donné page DOC14. La référence exacte du composant U3 est SN65HVD230DR.

La documentation du composant SN65HVD230DR est donnée page DOC15, celle des LED page DOC13.

Q29. Indiquer la fonction de la résistance R6 branchée sur le bus CAN.

On souhaite limiter le temps de transition des signaux CAN en sortie du composant U3 à 0,1 μ s. On considérera que les signaux CAN (H et L) ont une variation de 1 V lors d'un changement d'état sur le bus.

Q30. Calculer la pente correspondante sur les signaux CAN en V/ μ s. Déterminer la valeur de la résistance à ajouter.

Q31. Compléter le schéma sur le document réponses DR-Pro4 en ajoutant cette résistance avec sa valeur.

Q32. Préciser le type de communication qui est utilisé entre le microcontrôleur et le module LoRaBee.

On considérera que les tensions de sortie du microcontrôleur sont de 3,3 V ou 0 V suivant le niveau logique.

On limite l'intensité du courant dans les LED à sa valeur typique.

Q33. Calculer la valeur à donner aux résistances R4 et RS.

Pour ne perdre aucune information, on souhaite que les messages CAN et les données radio soient traitées immédiatement dès leur arrivée.

Q34. Expliquer l'intérêt d'utiliser des sous-programmes d'interruption pour le traitement des messages CAN.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro5 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

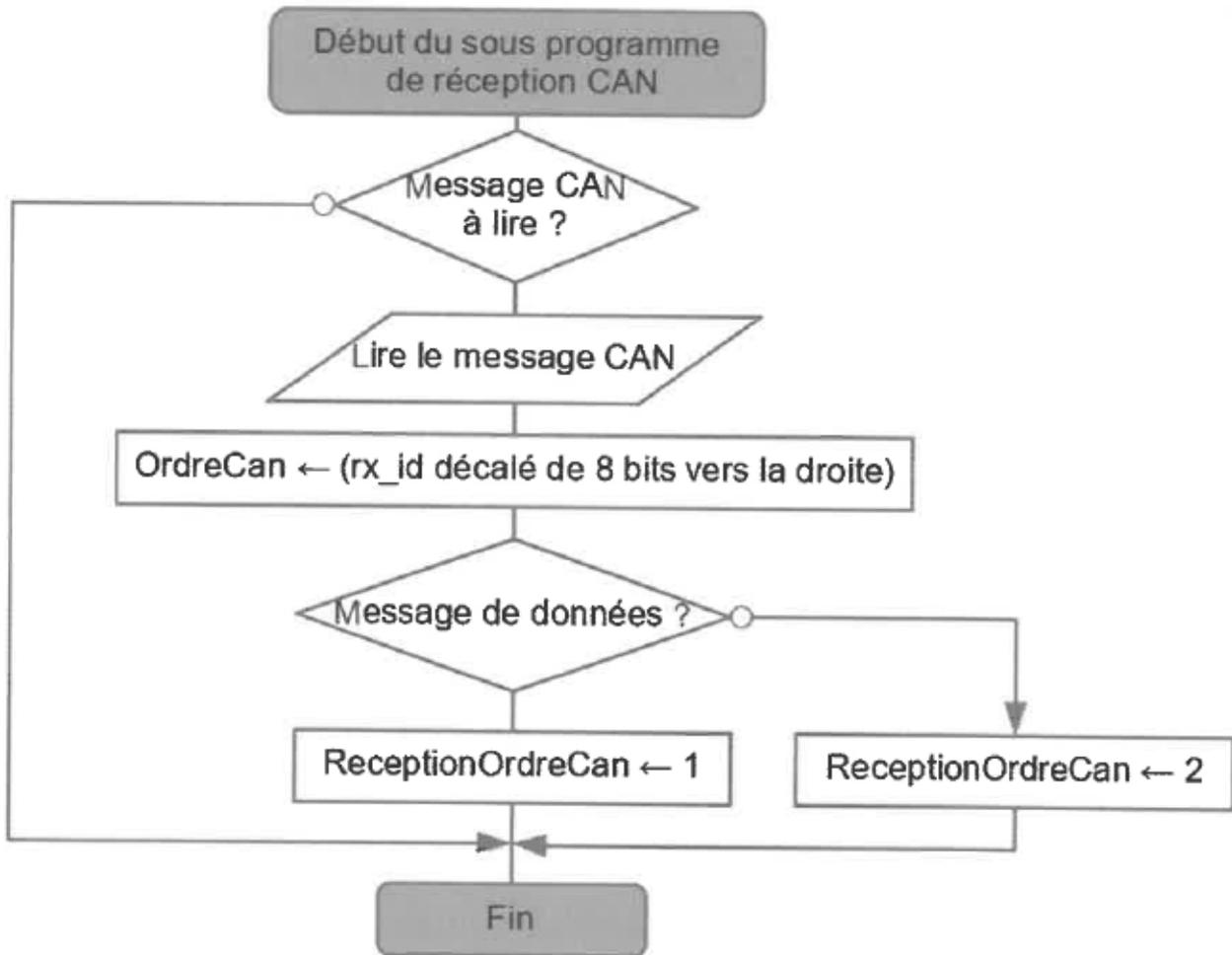
Lors de la réception d'une trame CAN, on souhaite extraire :

- la commande reçue (partie haute de l'identifiant CAN) ;
- la donnée;
- le nombre d'octets de données ;
- le type de message (donnée ou requête).

La passerelle reçoit une trame avec les informations suivantes :

- Identifiant 29 bits = 0x00000204 ;
- Contenu du message = 0xCO (valeur de la tension 196 Volts) ;
- Bit RTR = 0.

L'algorithme et l'extrait de programme ci-dessous permettent de traiter les données reçues.



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro6 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

Le code source qui suit utilise la fonction **can_getd()** qui permet d'extraire les informations de la trame.

Définition des variables globales modifiées par la fonction : rx_id: identifiant 29 bits;

dataCan : donnée(s) ;

rxCan_/en : nombre d'octets de données ;

rxstat : valeur du bit **RTR**.

Code source du sous-programme de réception CAN

```
/* variables globales :
   rx_id, dataCan, rxCan_len, rxstat, ordreCan, ReceptionOrdreCan
*/

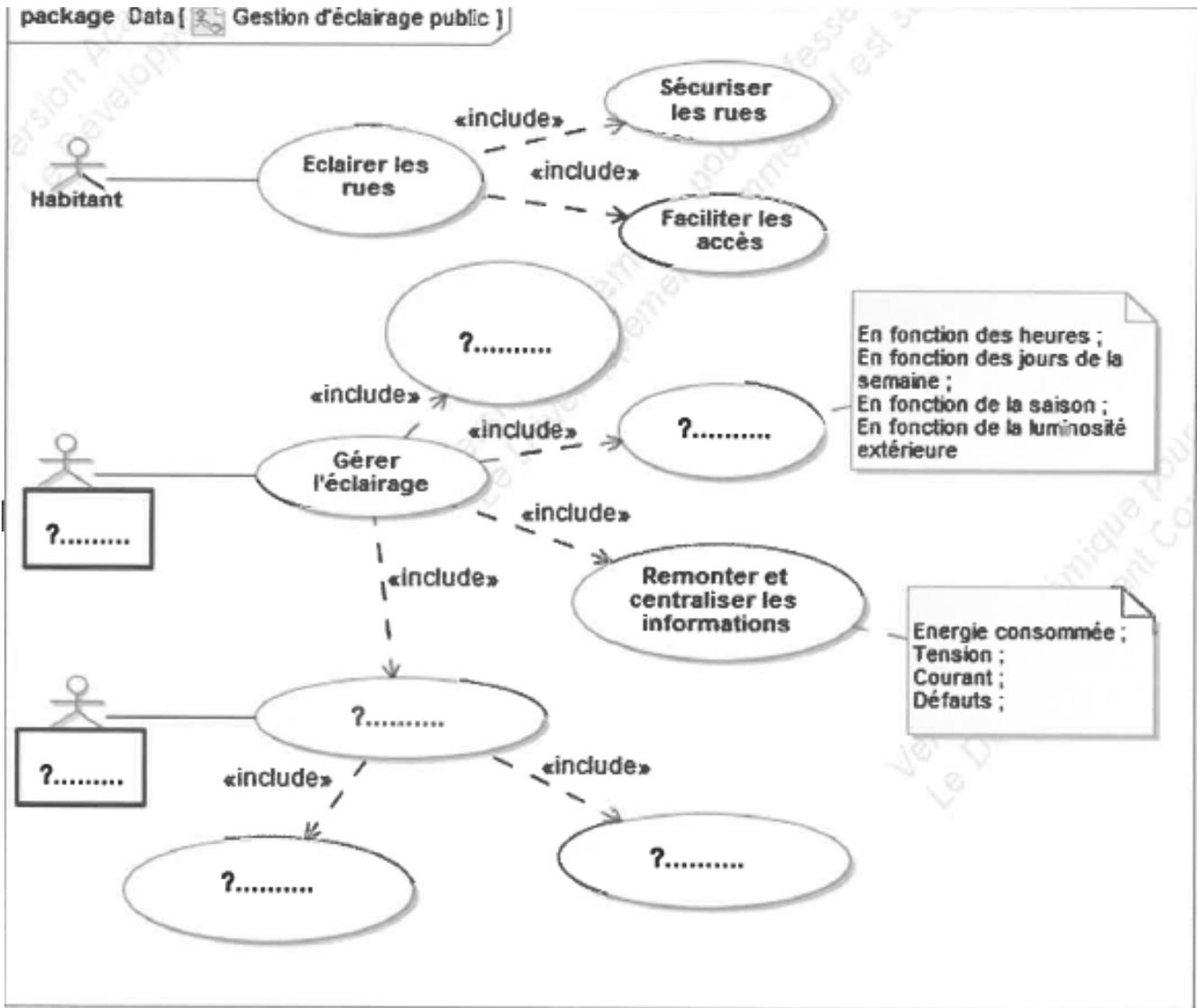
void canrx0_int ( )
{
    if ( can_kbhit() )           // si données arrivées
    {
        can_getd();             // lecture du message CAN et
                                // affectation des variables
        ordreCan = rx_id>>8;
        if( rxstat )
            { ReceptionOrdreCan = 2; }
        else
            { ReceptionOrdreCan = 1; }
    }
}
```

Q35. Compléter le tableau du document réponses **DR-Pro4** en indiquant les valeurs des variables au retour de la fonction **canrx0_int**.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-Pro7 sur 7
18SN4SNEC1	Domaine professionnel - sujet	

À RENDRE AVEC LA COPIE

Réponse à la question Q6

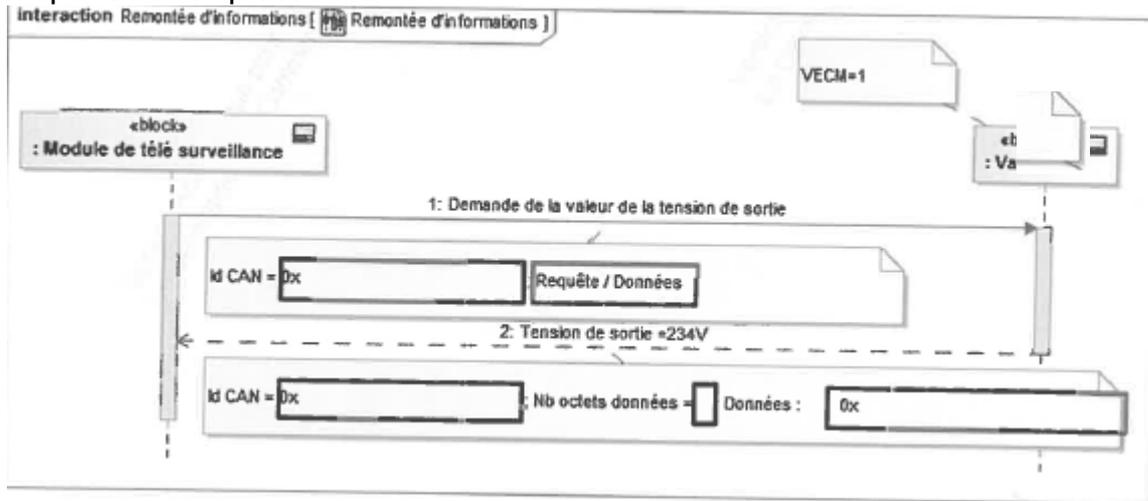


Compléter les zones vides avec le numéro de la proposition appropriée :

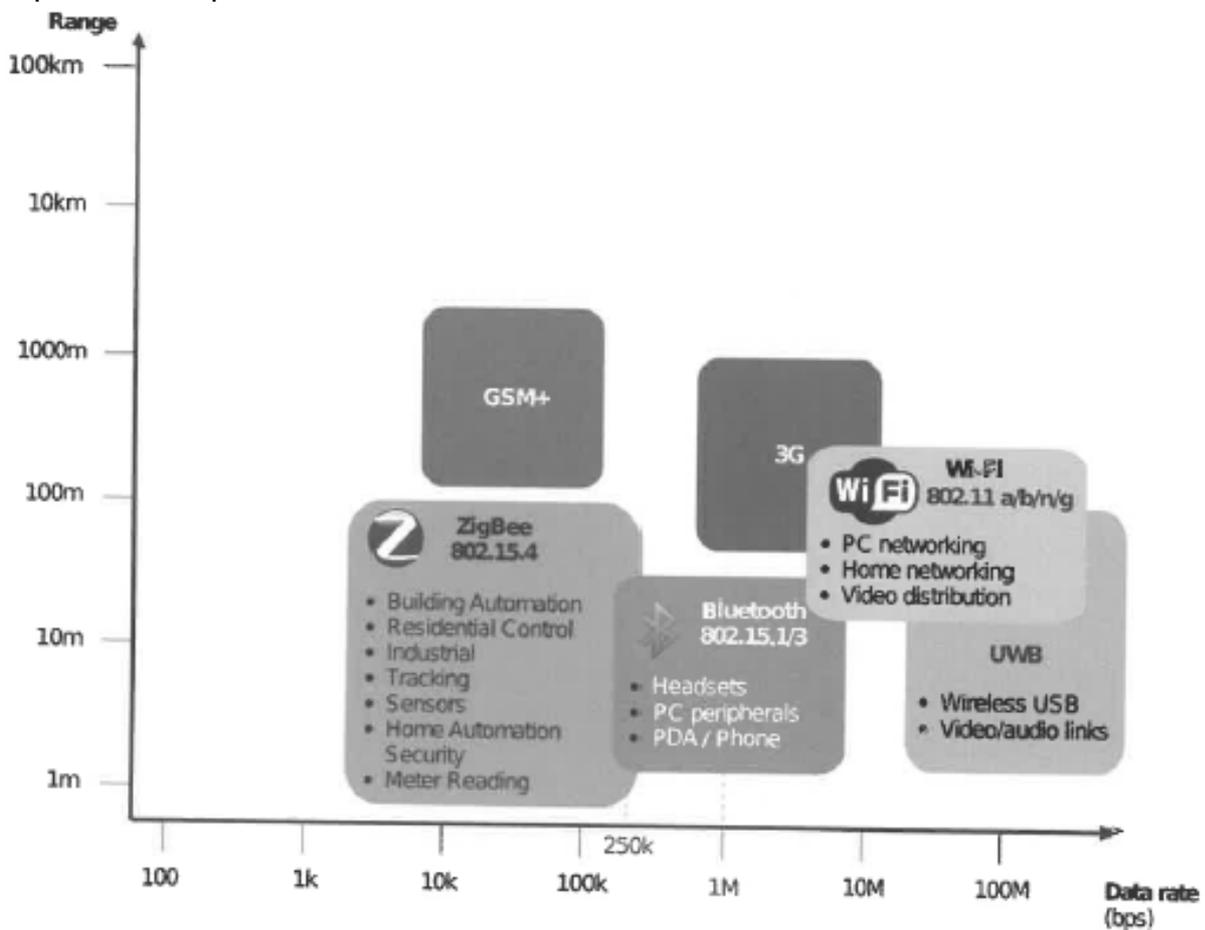
- 1 : assurer la maintenance
- 2 : service technique municipal
- 3 : modifier les cycles
- 4 : configurer le matériel
- 5 : technicien de maintenance
- 6 : alerter en cas de défaut
- 7 : minimiser les coûts

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-Pro1 sur 4
18SN4SNEC1	Domaine Professionnel - Document Réponses	

Réponse à la question Q21



Réponse à la question Q23



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-Pro3 sur 4
18SN4SNEC1	Domaine Professionnel - Document Réponses	

Réponse à la question Q26

1- Passage en mode AT

.....

2- Réglage du canal

ATS.....=... ..+ENTER

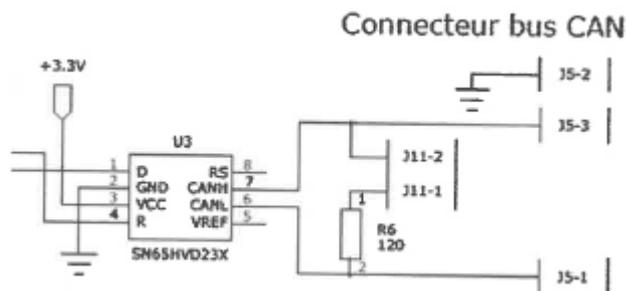
3- Réglage de la puissance maximale d'émission

ATS.....=.....+ ENTER

4- Passage en mode ping-pong master

.....+ ENTER

Réponse à la question Q31



Réponse à la question Q35

Nom des variables	Valeur après exécution
rx id	
dataCan	
rxCan_len	
rxstat	
ordreCan	
ReceptionOrdreCan	

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-Pro4 sur 4
18SN4SNEC1	Domaine Professionnel - Document Réponses	

SUJET

Option B Électronique et Communications

Partie 2 Sciences physiques

Durée 2 h coefficient 2

Ce sujet est composé de trois parties indépendantes.

Partie A. Choix des lampes

Problématique : remplacer les lampes des lampadaires pour un meilleur confort visuel.

Le remplacement des lampes d'éclairage public doit se faire en tenant compte de leur indice de rendu des couleurs (IRC). L'IRC est un indice qui indique la faculté d'un éclairage donné à se rapprocher de la lumière du soleil et de permettre de bien distinguer les couleurs des objets éclairés, c'est à dire la capacité d'une source de lumière à restituer les différentes couleurs du spectre visible sans en modifier les teintes. L'IRC maximum correspond à une lumière ayant le même spectre que celui de la lumière solaire. Cet IRC vaut 100.

On cherche à justifier le remplacement des lampes à vapeur de sodium sous haute pression (HPS) par des lampes à LED.

On donne figure 1 le diagramme énergétique de l'atome de sodium.

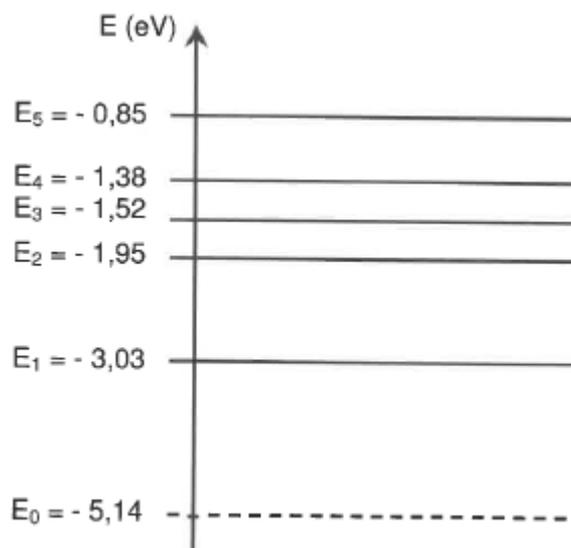


Figure 1

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP1 sur 6
18SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

On rappelle que : 1 eV= 1,6·10⁻¹⁹ joule

Q36. Déterminer la variation d'énergie E de l'atome de sodium entre les niveaux E_1 et E_0 . Elle est définie par $E = E_1 - E_0$. Elle sera exprimée en eV, puis en J.

Lors de la variation de niveau d'énergie E , la lampe de sodium émet des photons de longueur d'onde notée λ .

La relation entre la variation de niveau d'énergie et la longueur d'onde est donnée par :

$$\Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ avec } h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}, c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et } \Delta E \text{ en J.}$$

Q37. Montrer que la valeur de la longueur d'onde λ correspondant à un photon d'énergie E , vaut 589 nm.

On donne **Figure 2** les longueurs d'ondes associées aux couleurs de la lumière visible.

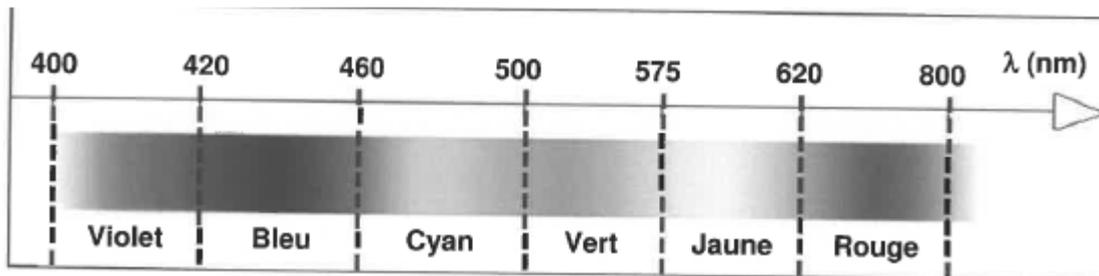


Figure2

Q38. Indiquer la couleur dominante émise par l'atome de sodium.

Le point W du blanc de référence est placé sur le document réponses page DR-SP1. Une analyse plus poussée des lampes HPS, donne les coordonnées 0,53 pour x et 0,42 pour y du point H, dans le diagramme de colorimétrie CIE 1931.

Q39. Placer le point H sur le diagramme CIE du document réponses page DR-SP1 puis le point S correspondant à l'intersection de la demi-droite [WH) avec le contour défini par les couleurs spectrales pures.

Le taux de saturation des lampes HPS, noté T_{sat} , est défini comme le rapport de la longueur WH sur la longueur WS.

Q40. Calculer le taux de saturation \hat{I}_{sat} et indiquer sa valeur en pourcentage sur le document réponses page DR-SP1.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP2 sur 6
18SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Pour avoir un IRC satisfaisant pour une source donnée, il faut que toutes les couleurs d'une mire donnée par la norme FD-X0B-018 soient vues sous des teintes différentes. Deux points A et B, caractérisant chacun un élément de cette mire, ont été placés sur le diagramme du document réponses DR-SP1. Le point L des lampes à LED est placé sur le document réponses page DR-SP1.

Q41. Montrer, en vous aidant du document réponses page DR-SP1 et de la figure 2, que l'élément caractérisé par le point A de la mire, éclairée par la LED (point L), prend la teinte verte. Préciser alors la longueur d'onde associée, notée

ÀALed•

On rappelle que la longueur d'onde est déterminée par l'intersection de la droite reliant les points A et L avec le contour des couleurs spectrales pures.

Q42. Expliquer, en faisant apparaître les constructions sur le document réponses page DR-SP1, si les points A et B de la mire sont vus sous des teintes différentes lorsqu'ils sont éclairés par la lampe HPS (point H) puis lorsqu'ils sont éclairés par la LED.

Q43. Justifier le remplacement des lampes HPS par des lampes à LED.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP3 sur 6
18SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Partie B. Transmission radio par modulation LoRa

Problématique : comparer les modulations LoRa et FSK.

La communication entre les passerelles et les lampadaires autonomes se fait par une liaison hertzienne avec un protocole de liaison LoRa (Long Range).

Pour la modulation LoRa, on transfère les informations par une variation linéaire de fréquence entre deux valeurs autour de la porteuse.

Nous allons étudier certaines caractéristiques de la modulation LoRa et les comparer à une transmission en modulation FSK (frequency shift keying).

On donne la densité spectrale de puissance de l'émission LoRa sur le document réponses page DR-SP2.

Q44. Relever la fréquence centrale du spectre correspondant à la fréquence f_p de la porteuse puis indiquer sa valeur arrondie à six chiffres sur le document réponses page DR-SP2.

Q45. Mesurer l'encombrement spectral BW_{LORA} et indiquer sa valeur en kHz sur le document réponses page DR-SP2.

On définit le débit utile, exprimé en bits/s, $D = CR \cdot SF \cdot BW_{wRA} / \gamma SF$ avec :

- le facteur d'étalement, $SF = 8$.
- le rendement du correcteur d'erreur $CR = 4/8$.

- l'encombrement spectral BW_{LoRa} exprimé en Hz.

Q46. Calculer le débit utile D .

Q47. L'encombrement spectral noté BW_{FSK} de la modulation FSK est défini par $BW_{FSK} = 2(D + Lit)$ avec $f = 62,5$ kHz. Calculer BW_{FSK} pour ce même débit, puis le comparer avec l'encombrement spectral BW_{LoRa} de la modulation LoRa.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP4 sur 6
18SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Le technicien désire enfin déterminer la sensibilité SLoRa de la modulation LoRa et la comparer à la sensibilité SFsK de la modulation FSK.

La sensibilité d'un appareil est la puissance reçue minimale pour un bon décodage.

On donne sur le document réponses page DR-SP3 les courbes de sensibilité des deux modulations en fonction du débit D en bits/s

Q48. Déterminer graphiquement, pour un débit D de 1 875 bits/s, les sensibilités SLoRa et SFsK des modulations LoRa et FSK puis indiquer leurs valeurs sur le document réponses page DR-SP3.

On rappelle que le rapport signal sur bruit, exprimé en dB, est $(S/N) = SdBm - NdBm$

Q49. Déterminer graphiquement les rapports signal sur bruit $(S/N)_{LoRa}$ et $(S/N)_{Fsk}$ des liaisons LoRa et FSK pour le débit de D, puis indiquer leurs valeurs sur le document réponses page DR-SP3.

Q50. Expliquer la particularité de la modulation LoRa vis-à-vis du rapport signal sur bruit.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP5 sur 6
18SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

Partie C. Bilan de liaison des modulations LoRa

Problématique : vérification des performances annoncées d'une modulation LoRa

La portée d'une modulation FSK est d'un kilomètre maximum.

Un technicien cherche à déterminer la portée des modules utilisant la modulation LoRa de fréquence porteuse f_p , valant 869,525 MHz. Il dispose d'antennes adaptées pour le Wifi dont le gain, exprimé en dBi, est défini par $G_i = -185,6 + 20 \cdot \log(f)$, avec f en Hz.

Q51. Calculer le gain d'antenne G_i à la fréquence d'utilisation f_p

Le technicien utilise un module de puissance d'émission P_e qui vaut 20 dBm.

Le bilan de liaison et les gains d'antenne, pour une distance de propagation d de 100 m,

sont donnés sur le document réponses page DR-SP4.

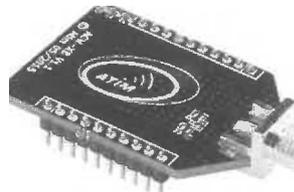
En milieu urbain, l'équation de propagation donne le gain dû à la propagation

$G_{p,opa} = -40 \cdot \log(d) - 4$ avec d distance en mètres.

Q52. Calculer le gain noté G_{propa} dû à la propagation, la puissance captée par l'antenne de réception, notée $P_{captée}$, et la puissance reçue, notée $P_{reçue}$, en vous aidant du bilan de liaison puis indiquer leurs valeurs respectives sur le document réponses page DR-SP4.

Un extrait de la documentation du module LoRa utilisé est donné ci-dessous :

- Fréquences : 865-870 MHz
- Débit RF : de 180 à 10 000 bps
- Modulation : CSS (LORA)
- Puissance de sortie 14/20 dBm
- Sensibilité : -142 dBm
- Liaison radio : 161 dB
- Portée jusqu'à 25 km



La sensibilité d'un récepteur correspond à la puissance minimale reçue assurant une bonne réception. Elle est notée $P_{reçue\ min}$.

Q53. Donner la valeur de la puissance minimale reçue $P_{reçue\ min}$

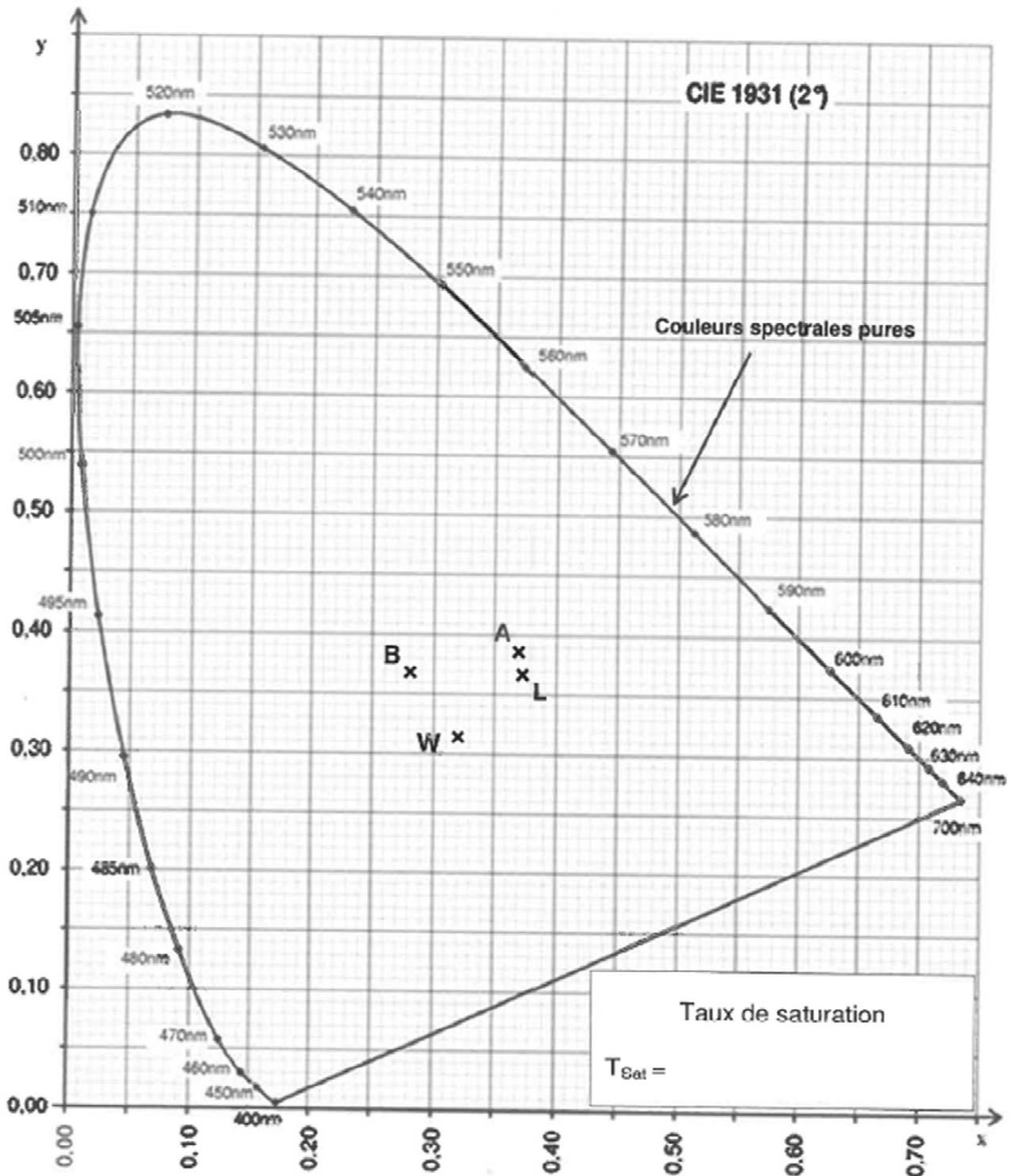
Q54. Déterminer la portée théorique, notée d_{max} , de la liaison LoRa.

La portée de la liaison LoRa est de l'ordre de 4 km.

Q55. Comparer la portée théorique à la portée d'une liaison FSK.

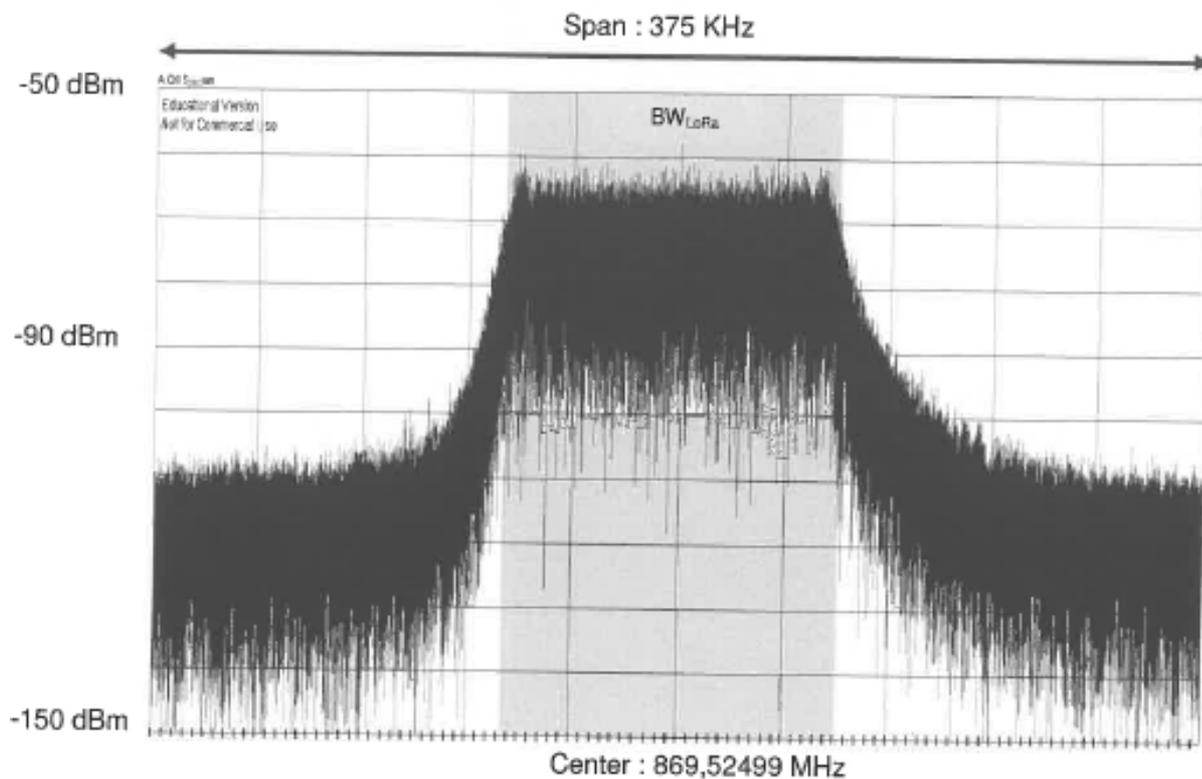
Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page S-SP6 sur 6
18SN4SNEC1	Sciences physiques - Sujet	

À RENDRE AVEC LACOPIE



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP1 sur 4
18SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Réponses aux questions Q44 et Q45

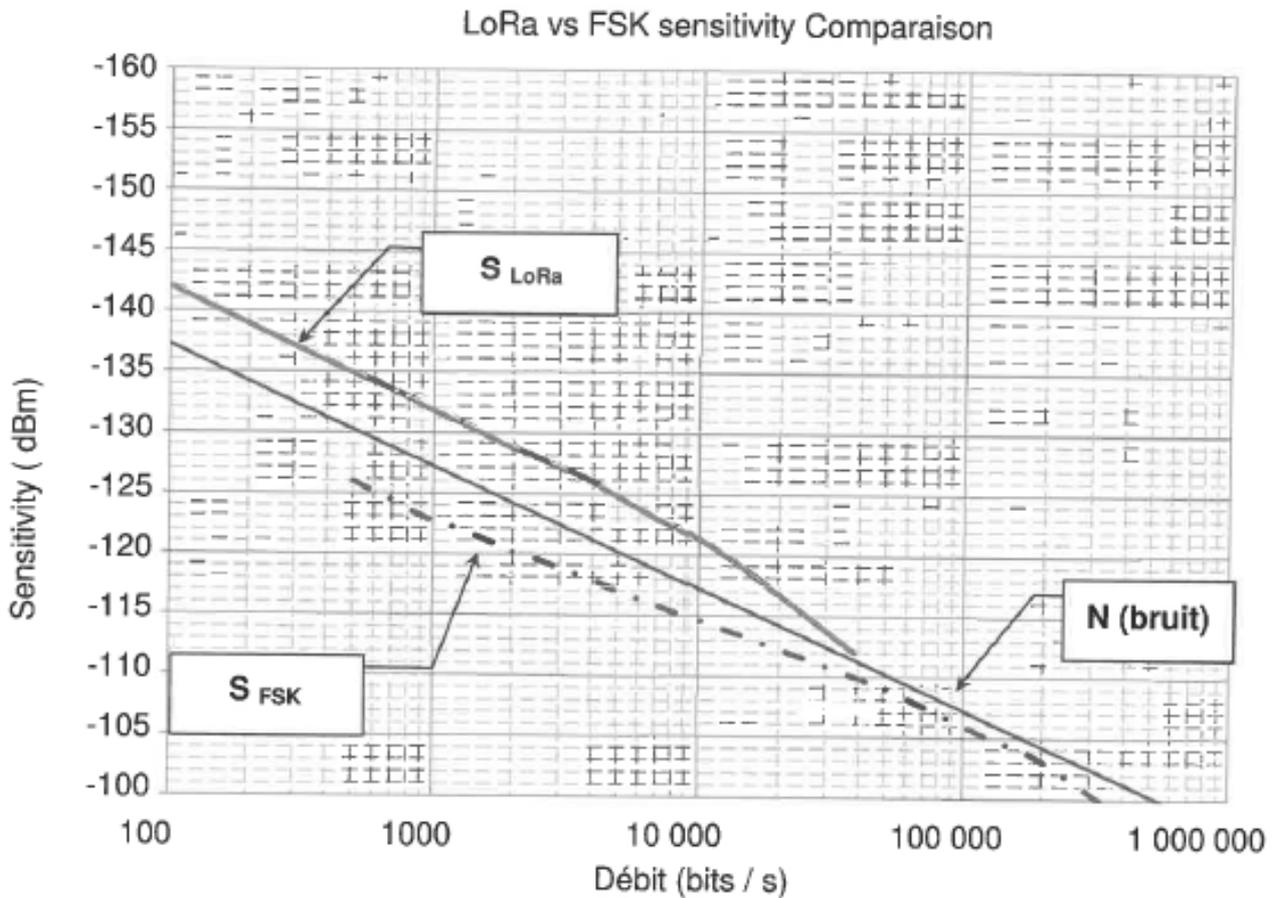


$f_p =$

$BW_{LORA} =$

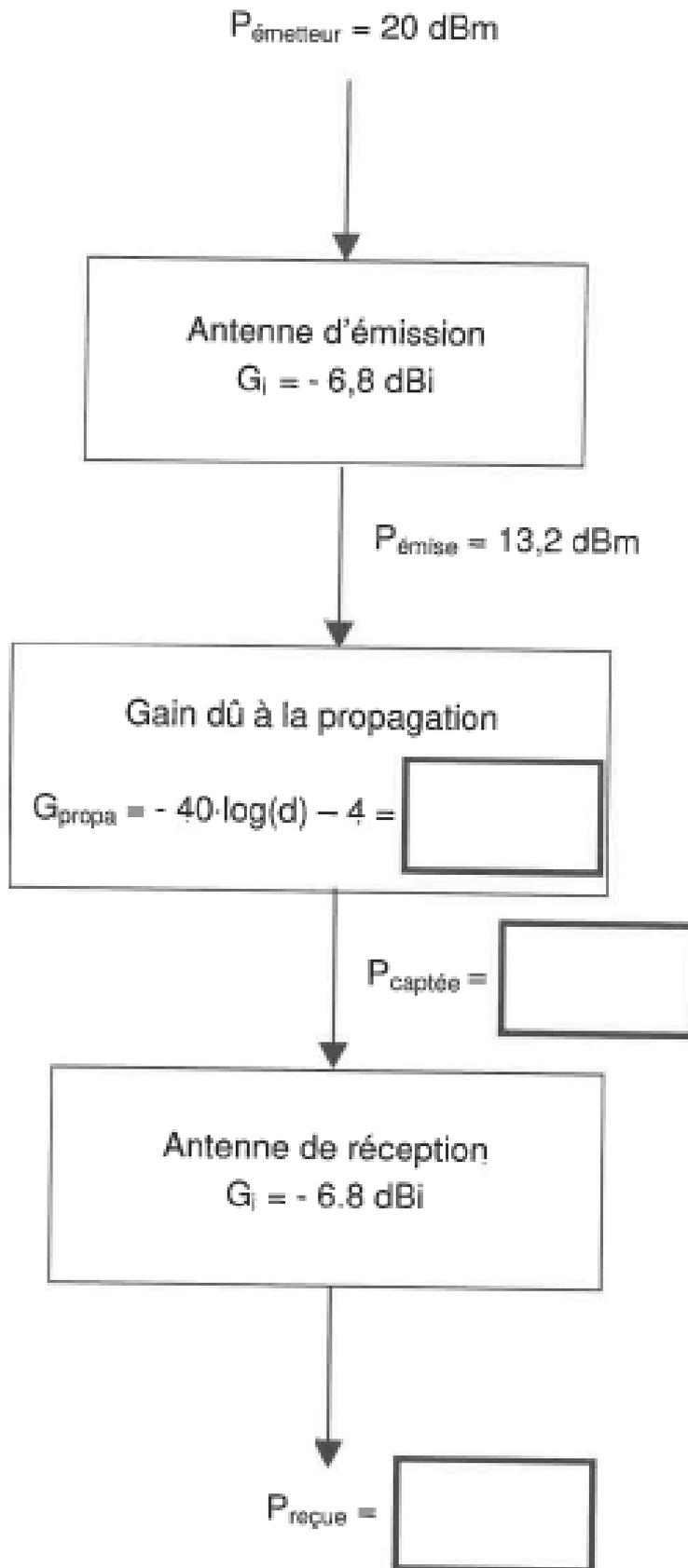
Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP2 sur 4
18SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

Réponses aux questions Q48 et Q49



	Modulation LoRa	Modulation FSK
Sensibilité (dBm)		
Rapport signal sur bruit S/N (dB)		

Réponse à la question Q52 Bilan de Liaison pour d = 100 m



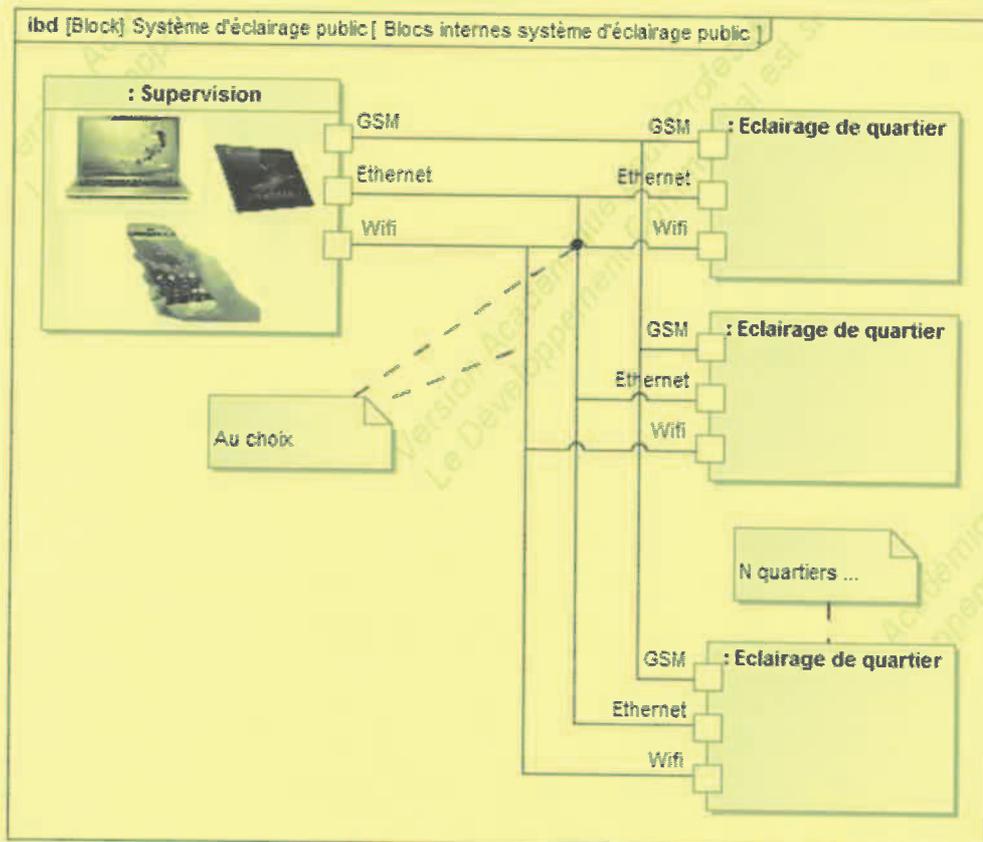
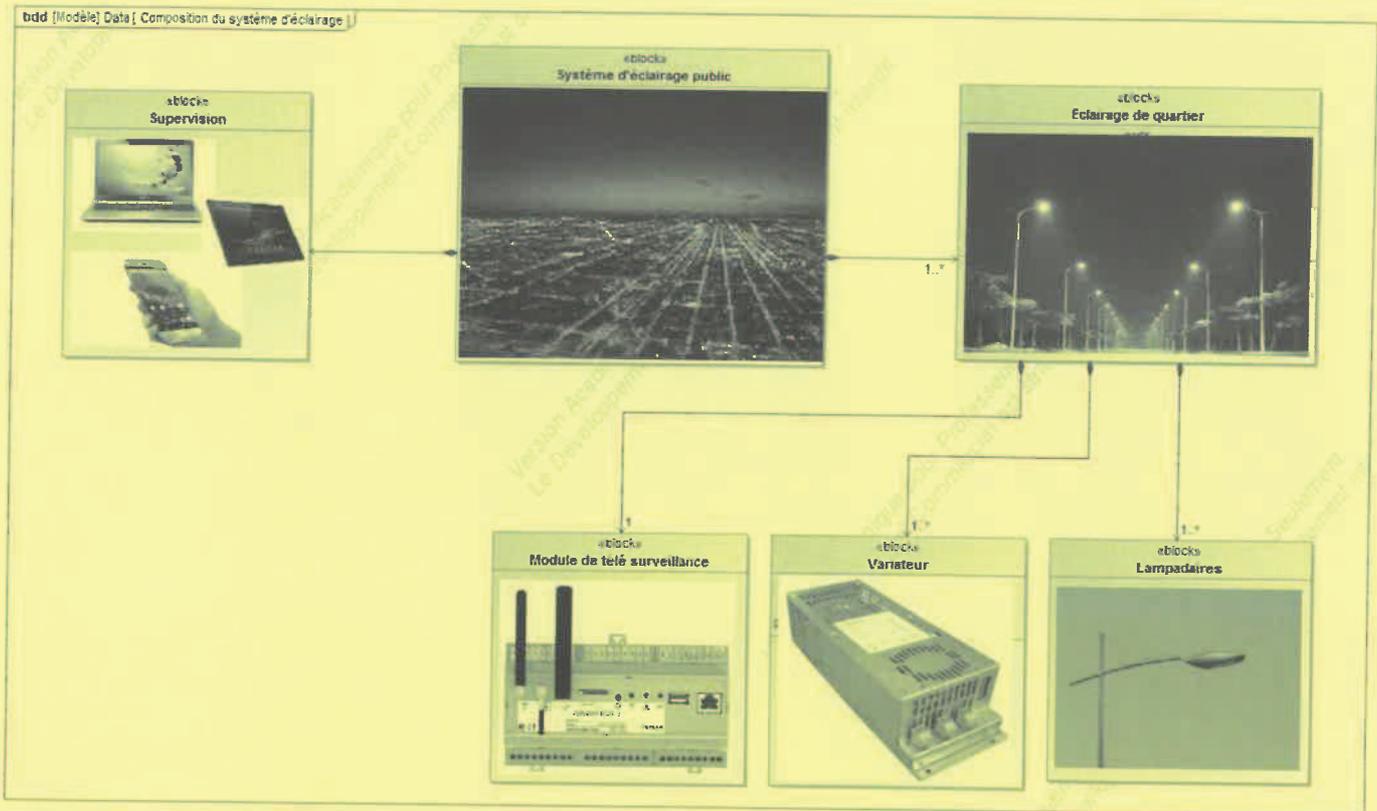
Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DR-SP4 sur 4
18SN4SNEC1	Sciences Physiques - Document réponses	

DOCUMENTATION

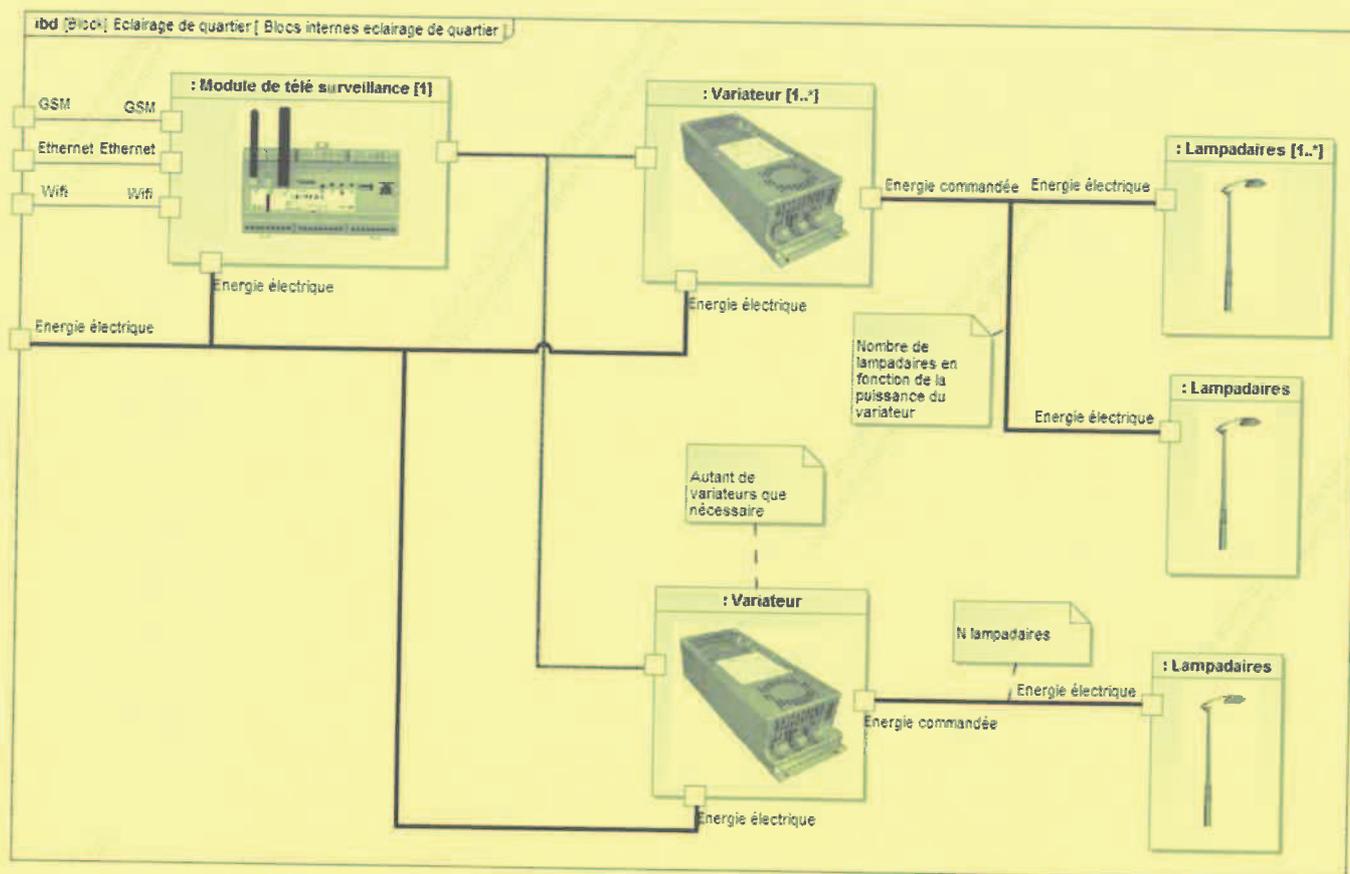
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	Page DOC2
VARIATEUR AUGIER COMPACTO II	Page DOC4
MODULE DE TELESURVEILLANCE AUGIER BOX II®	Page DOC5
MESSAGERIE CAN DU COMPACTO II	Page DOC6
ÉLEMENTS DE LA NORME DU BUS CAN	Page DOC8
PRINCIPE D'INTEGRATION DE LAMPADAIRES AUTONOMES	Page DOC11
MODULE LORABEE ARM-N8-LR DE CHEZ ATIM	Page DOC12
LED KP-2012LSGC DE CHEZ KINGBRIGHT	Page DOC13
SCHEMA PARTIEL DE LA CARTE PASSERELLE	Page DOC14
SN65HVD23X DE CHEZ TEXAS INSTRUMENT	Page DOC15

Principe de fonctionnement

La solution Augier pour réaliser un système de gestion de l'éclairage d'une ville est décrite par les diagrammes suivants :



On retrouvera dans chaque quartier la structure suivante :



Variateur Augier Compacto II

ECONOMISEURS D'ENERGIE

COMPACTO II

Variateur - Régulateur BT pour l'Eclairage Public



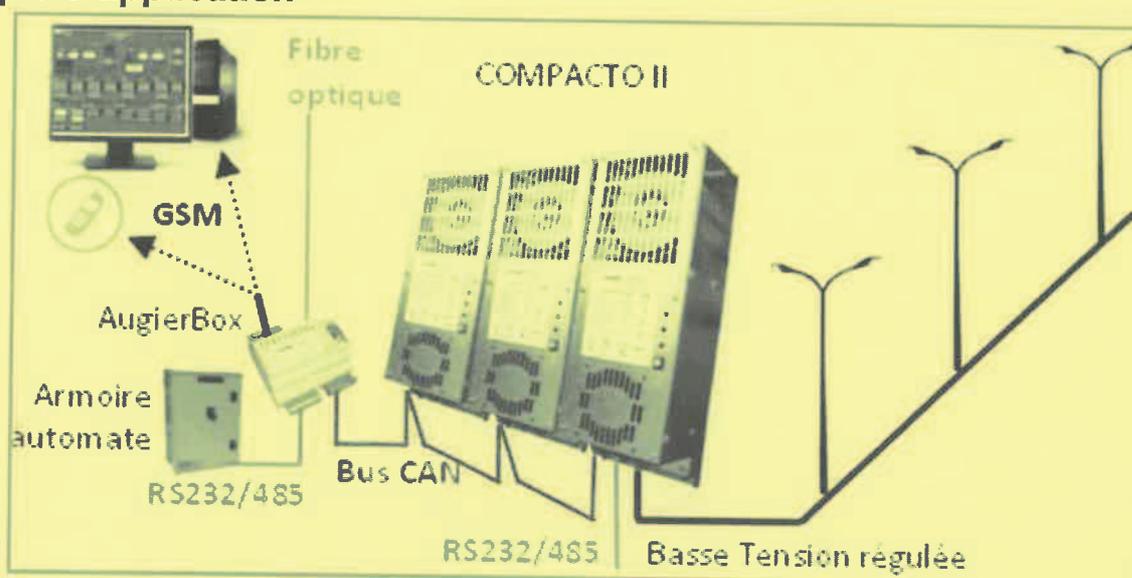
Applications

Gestion de l'éclairage public, des routes et autoroutes, des bâtiments industriels et commerciaux, de l'éclairage fonctionnel, architectural et festif, des roades et parkings, des zones portuaires et aéroportuaires...

Tensions et Puissances pour le Compacto II

Monophasé 230-240V						Triphasé 400-410V					
(kVA)	(A)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(kVA)	(A)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)
3	14	10	150	150	394	9	14	28	360	180	500
4	17	10	150	150	394	12	17	28	360	180	500
6	26	12	150	120	444	18	26	36	510	120	444
9	40	18	120	205	530	27	40	54	420	205	530
12	53	24	160	210	555	36	53	72	540	210	555

Exemple d'application



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications	Page DOC4 sur 15
18SN4SNEC1	Épreuve E4 Documentation	

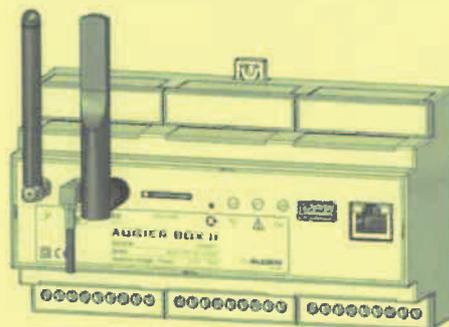
AUGIER BOX II

Module de Télésurveillance pour l'Eclairage Public

L'**AUGIER-Box II®** est un automate qui assure la surveillance totale des éléments de l'armoire électrique et des événements survenant au réseau.

L'**AUGIER-Box II®** est équipée d'un modem 3G qui vous informe par SMS, directement sur votre téléphone ou au travers d'un poste de supervision.

L'**AUGIER-Box II®** embarque un serveur Web permettant son paramétrage via smartphone ou tablette PC (liaison WiFi).



L'AUGIER-Box II® Intègre

- Une carte électronique utilisant un processeur de dernière génération, et assurant la surveillance, la commande,
- La gestion de l'heure, la mesure et la détection de défauts,
- Un modem 3G avec batterie, support de carte SIM et une antenne intégrée,
- Un modem WiFi permettant le paramétrage via un smartphone ou une tablette PC,
- Un récepteur GPS permettant la géolocalisation de l'armoire,
- Une horloge astronomique pour la commande de l'éclairage,
- Des ports de communication : RS485/422, CAN, Télé info EDF, Ethernet,
- Des entrées/sorties filaires : 8 entrées TOR, 1 entrée analogique 4-20mA, 2 sorties contact.

Fonctionnalités de l'AUGIER-Box II®

Installée à l'intérieur de l'armoire d'éclairage, elle permet de surveiller et de contrôler les différents éléments du réseau d'éclairage :

- Allumage / Extinction de l'éclairage (commande du contacteur),
- Mesure de la tension du réseau d'éclairage,
- Disparition / Réapparition de la tension d'alimentation et du réseau d'éclairage,
- Défaut d'enclenchement de l'éclairage (défaut contacteur ou du système de commande),
- Surveillance de l'état des lampes,
- Surconsommation (défaut, surcharge, piratage).

Ces mesures, détections et états sont diffusés grâce aux éléments constitutifs suivants :

- Liaison sans fil : l'AUGIER-Box II® comporte un modem permettant de communiquer toute alarme par SMS via le réseau 3G (téléalarme envoyée sur un téléphone mobile), et toute autre information ou mesures sur le réseau 3G (contrôle et supervision).
- Bus de communication : l'AUGIER-Box II® comporte des bus de différentes technologies (CAN, RS485, Télé Info EDF), autorisant la connexion directe avec des modules ou des appareils externes.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications	Page DOC5 sur 15
18SN4SNEC1	Épreuve E4 Documentation	

Messagerie CAN du Compacto II

Un extrait de la messagerie CAN du Compacto II est donné ci-dessous :

Abréviation	Définition
VECM	Variateur Electronique Compacto Mono
VECT	Variateur Electronique Compacto Tri (composé de 3 VECM)

I. GENERALITES

L'interface CAN permet de paramétrer les Compacto (mode de fonctionnement, paramètres). Elle permet aussi de récupérer des informations (alarmes et défauts, tension, puissances, énergies, ...).

Chaque VECM possède un 'Identifiant VECM', valeur codée sur un octet, par défaut égale à 0 et accessible dans la table Jbus.

Caractéristiques du réseau CAN : CAN étendu, 250 kBauds.

Pour changer un paramètre du Compacto, il faut renseigner l'identifiant 21 bits correspondant et l'identifiant VECM de 8 bits qui correspond au Compacto.

Quand le Compacto répond à une trame de requête il renseigne son identifiant VECM.

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message
Identifiant 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	O0:O1:O2:O3:O4:O5:O6:O7:
0x000001	0x00	

II. MESSAGES CAN

II.1 TRAMES DE DONNEES (extrait)

II.1.1 MODE

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message sur 1 octets
Identifiant mode stop 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	O0:
0x000001	0x00	O0 = 0 : Mode Stop O0 = 1 : Mode Manuel O0 = 2 : Mode Auto

II.1.2 TENSION DE CONSIGNE EN MODE MANUEL (LOCAL)

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message sur 1 octets
Identifiant mode stop 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	O0:
0x000002	0x00	O0: Tension (180 à 240Volts)

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications	Page DOC6 sur 15
18SN4SNEC1	Épreuve E4 Documentation	

II.1.5 DATE & HEURE

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message sur 7 octets
Identifiant Date & heure 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	Date et heure O0:O1:O2:O3:O4:O5:O6:
0x000008	0x00	O0: Minutes (0 à 59) O1: Heures (0 à 23) O2: Jour (1 à 7) , 1=Lundi O3: Date (1 à 31) O4: Mois (1 à 12) O5: Année (00 à 99) 2000 à 2099 O6: Passage automatique été/hiver

II.1.7 FONCTION HORLOGE PROGRAMMABLE

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message sur 1 octets
Identifiant 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	O0:
0x00000A	0x00	O0 = 0 : Nominal O0 = 1 : Monocycle O0 = 2 : Multicycle

II.1.8 HEURES D'ECONOMIE MONOCYCLE

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message sur 4 octets
Identifiant 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	O0:O1:O2:O3:
0x00000B	0x00	O0: Minutes début économie 1 (0 à 59) O1: Heures début économie 1 (0 à 23) O2: Minutes fin économie 1 (0 à 59) O3: Heures fin économie 1 (0 à 23)

II.2 TRAMES DE REQUÊTES (extrait)

II.2.2 REQUETE DE LA TENSION DE SORTIE

Identifiant message sur 29 bits		TRAME DE REQUETE (RTR)
Identifiant 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	Data Length Code = 2 octets
0x000021	0x00	

Réponse du Compacto :

Identifiant message sur 29 bits		Contenu du message sur 2 octets
Identifiant 21 bits	Identifiant VECM 8 bits	Tension de sortie en dixième de Volts
0x000021	0x00	O0: Poids fort O1: Poids faible

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC7 sur 15
18SN4SNEC1	Documentation	

Éléments de la norme du bus CAN

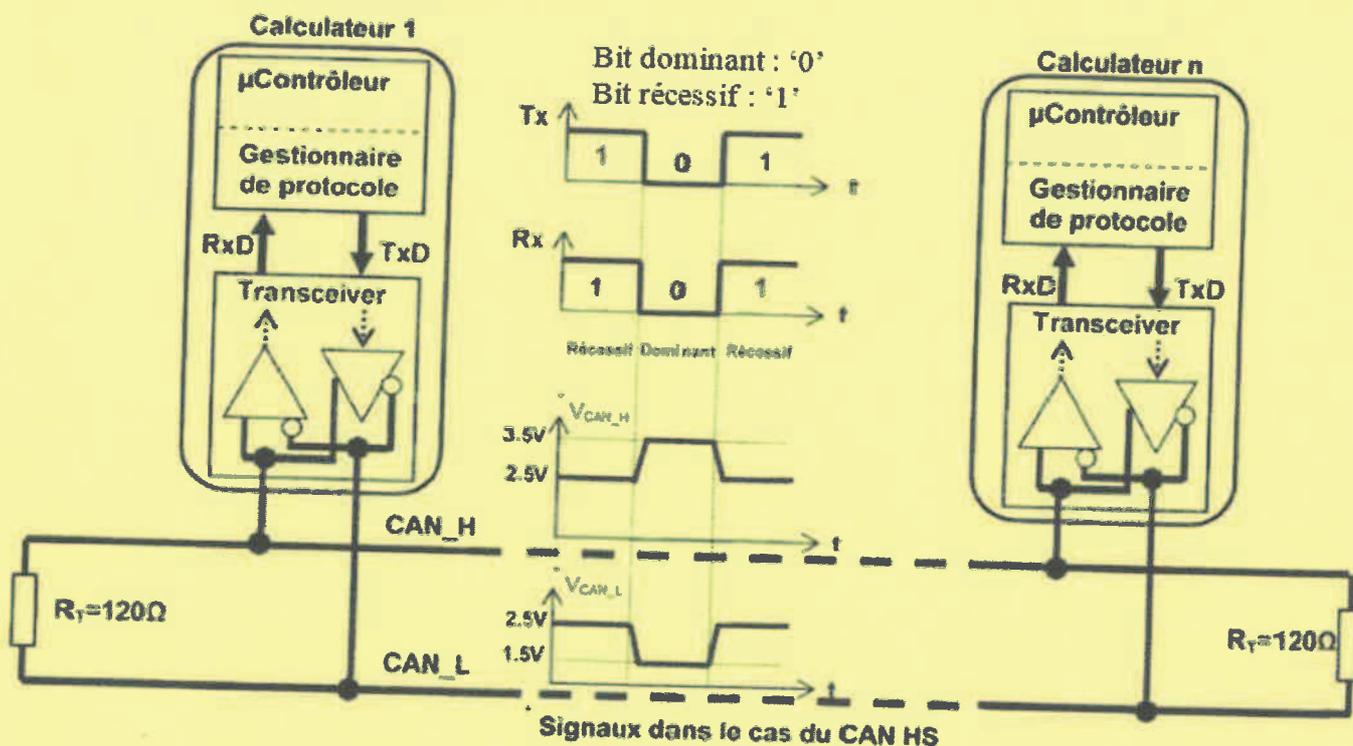
I. GENERALITES

Le bus CAN (Controller Area Network) est né pour répondre au besoin d'assurer une communication de type série entre plusieurs calculateurs dans les véhicules automobiles. Ce bus a été développé par BOSCH en 1983 et sa première normalisation référencée ISO11519 date de 1994. Cette norme également notée CAN 1.0 ou CAN Low Speed (LS) a un débit pouvant atteindre 125 kbits/s.

Depuis, la norme du protocole du bus CAN définit deux autres formats dont la normalisation ISO11898 date de 1994 nommés également CAN High Speed :

- Version standard CAN 2.0 A (champ identificateur sur 11 bits)
- Version étendu CAN 2.0 B (champ identificateur sur 29 bits)

Le débit de transmission sur le réseau CAN High Speed est de 125 kbits/s jusqu'à 1 Mbits/s.



Comme illustré ci-dessus, un réseau CAN est constitué d'un médium (le support physique qui transporte le signal informationnel), qui utilise deux fils électriques en mode différentiel : CAN_H et CAN_L.

Cette paire de fils (généralement torsadée pour des problèmes de CEM) est raccordée à chaque calculateur (appelé nœud) grâce à une paire d'amplificateurs différentiels intégrés au boîtier et appelée "transceiver" (ou interface de ligne).

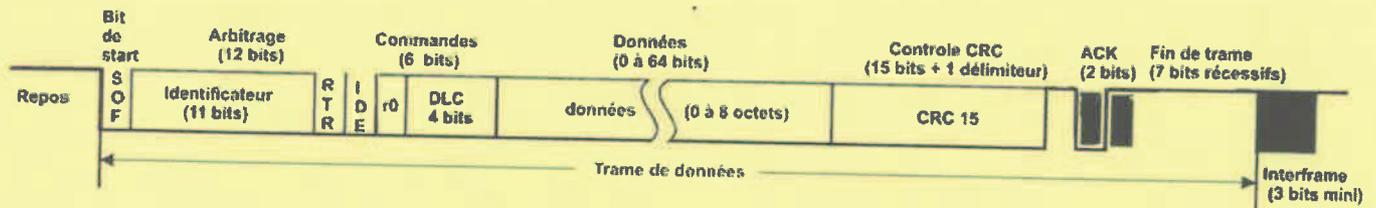
Le nombre de calculateurs branchés sur la même paire est limité. La paire de fils est chargée par deux résistances de terminaison (R_T = 120 Ω chacune).

Le "transceiver" est relié au bloc gestionnaire du protocole CAN par deux lignes logiques : transmission (Tx) et réception (Rx).

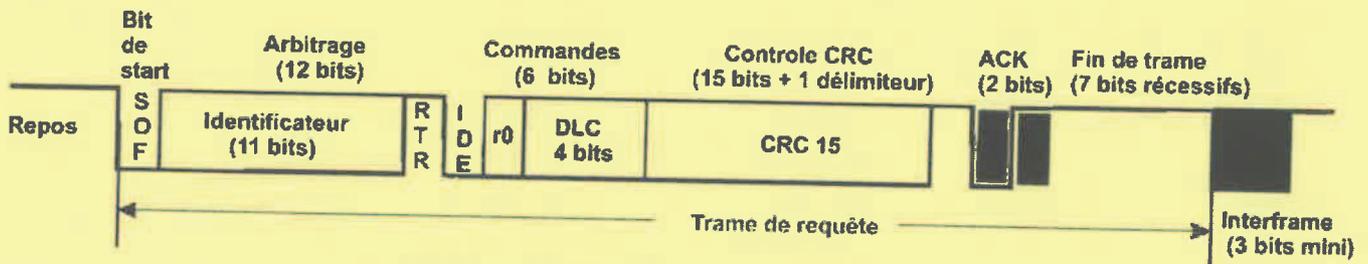
Le gestionnaire du protocole CAN comporte des *buffers* d'émission, des *buffers* et des filtres de messages en réception. Souvent, le microcontrôleur intègre le gestionnaire du protocole CAN.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC8 sur 15
18SN4SNEC1	Documentation	

II. FORMAT D'UNE TRAME STANDARD (CAN 1.0 ou CAN 2.0A)



Trame de données (trame standard)



Trame de requête (trame standard)

II.1 SOF (START OF FRAME)

Constitué par un seul bit, de niveau dominant (niveau '0'), indique aux nœuds le début de la trame. La détection du front descendant du SOF par les nœuds va leur permettre de se synchroniser sur la trame en cours de transmission.

II.2 CHAMP D'ARBITRAGE

Constitué de l'identificateur du message (11 bits en trame standard) et du bit RTR (Remote Transmission Request). L'identificateur de longueur 11 bits est spécifique à chaque message. Le bit de poids fort de l'identificateur est transmis en premier.

Le bit RTR de niveau dominant indique que c'est une trame de données qui est en cours de transmission.

Le bit RTR de niveau récessif (niveau '1') indique que c'est une trame de requête (absence du champ de données) qui est en cours de transmission.

La trame de requête est envoyée par un nœud vers les autres nœuds pour demander un renvoi de données.

Le champ d'arbitrage influe sur l'attribution du bus dans le cas où deux nœuds ou plus émettent simultanément leurs trames.

Pour éviter les collisions et par conséquent la destruction de la trame, l'arbitrage du bus CAN s'appuie sur l'évaluation des identificateurs commençant la trame.

II.3 CHAMP DE COMMANDE

Constitué de 6 bits :

- 2 bits r1 et r0 : sont réservés et toujours au niveau dominant.
- 4 bits formant le champ DLC qui indiquent le nombre d'octets qui seront transmis dans le champ de données.

II.4 CHAMP DE DONNEES

Constitué de 0 à 8 octets maximum de données utiles, l'octet le plus significatif est transmis en premier et les bits de chaque octet sont transmis dans l'ordre MSB LSB.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications	Page DOC9 sur 15
18SN4SNEC1	Épreuve E4 Documentation	

II.5 CHAMP CRC

C'est un code de contrôle, constitué de 15 bits, suivi d'un bit délimiteur au niveau récessif.

II.6 CHAMP D'ACQUITTEMENT ACK

Constitué de 2 bits : le bit ACK SLOT suivi d'un bit ACK délimiteur, qui est récessif.

II.7 FIN DE TRAME EOF

Constitué de 7 bits au niveau récessif, il permet d'identifier la fin de la trame.

III. FORMAT D'UNE TRAME ETENDUE (CAN 2.0B)



La trame d'arbitrage est constituée de l'identificateur principal sur 11 bits et complétée par une seconde partie de 18 bits supplémentaires.

Un bit récessif SRR est ajouté pour indiquer la fin de l'identificateur principal et informer de l'existence de l'identificateur "low Id".

Le bit IDE récessif indique que la trame est étendue.

IV. TECHNIQUE DE BIT DE BOURRAGE « STUFFING »

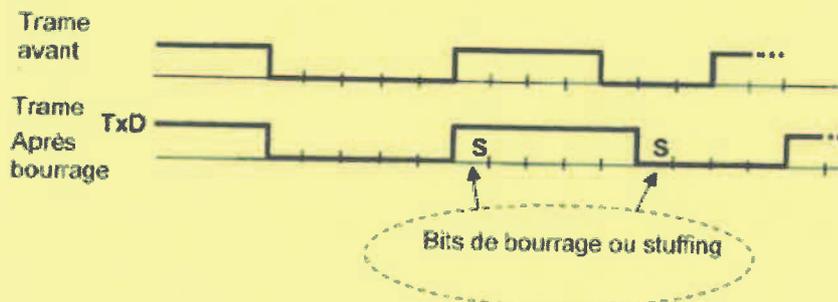
La synchronisation des nœuds récepteurs sur le nœud émetteur exploite les transitions entre les niveaux récessif et dominant.

Pour éviter une longue suite de niveaux identiques, le gestionnaire du protocole introduit (au niveau de la transmission TxD), après 5 bits de niveaux identiques (dominants ou récessifs), un bit supplémentaire de niveau opposé pour casser le rythme, c'est ce qu'on appelle le bit de "bourrage" ou de "stuffing".

Cette technique allonge bien sûr la longueur de la trame et donc le temps de sa transmission.

Quant aux nœuds récepteurs, ils feront l'opération inverse, c'est-à-dire, enlever les bits de "stuffing" (qui peuvent être présents dans le signal RxD) avant de traiter le contenu de la trame.

Voici un exemple qui illustre la technique de bourrage :

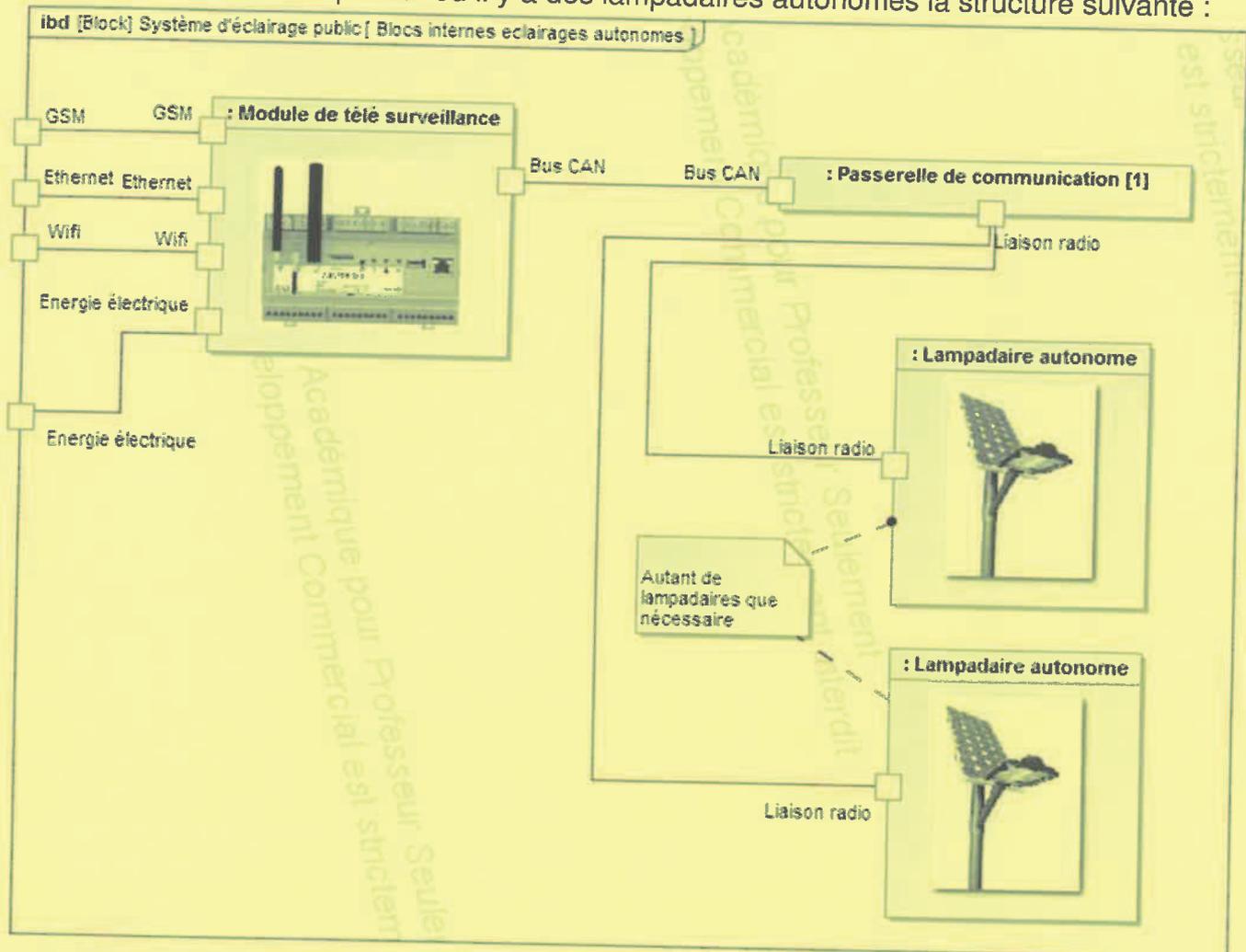


Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC10 sur 15
18SN4SNEC1	Documentation	

Principe d'intégration de lampadaires autonomes

On entend par lampadaire autonome, un lampadaire non relié au réseau électrique de la ville. L'énergie nécessaire pour l'éclairage est issue d'un panneau solaire. Elle va être stockée tout au long de la journée dans une batterie pour pouvoir être utilisée la nuit pour éclairer les rues.

On retrouvera dans un quartier où il y a des lampadaires autonomes la structure suivante :



Pour pouvoir intégrer ces lampadaires dans l'installation filaire existante, il faut les équiper d'une liaison radio et créer une passerelle de communication CAN-radio pour l'insérer sur le bus CAN de l'Augier-Box.

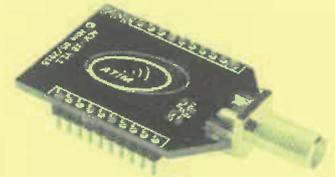
Le type de liaison radio choisie ici est une liaison LoRa. LoRa est une modulation utilisée pour créer une communication longue portée. Basée sur une modulation à étalement de spectre (CSS), LoRa atteint les mêmes caractéristiques de faible consommation que les autres modulations, tout en gagnant sur la portée de communication atteinte.

L'étalement de spectre est utilisé depuis des décennies dans le domaine des communications militaires et spatiales de par sa robustesse aux interférences et sa grande distance des communications.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC11 sur 15
18SN4SNEC1	Documentation	

Module LoRaBee ARM-N8-LR de chez ATIM

Généralités module LoRaBee (ARM-N8-LRN)



Ce petit module de communication peut être paramétré par commandes AT (en local).

Ce modèle est spécialement adapté pour la réalisation d'applications de transmission de données point à point ou multipoints et ne nécessite ni abonnement, ni de réseau spécifique.

Informations générales :

- Fréquences : 865-870MHz
- Débit RF : de 180 à 10000 bps
- Modulation : CSS (LORA)
- Puissance de sortie 14/20 dBm
- Sensibilité : -142dBm
- Liaison radio : 161dB
- Portée jusqu'à 25km
- Interfaces : UART

Applications :

- Bâtiments intelligents,
- Télémétrie,
- Alarme sans fil et des systèmes de sécurité
- Télécommande
- M2M
- Capteurs sans fil
- Internet des objets

Modes de fonctionnement :

- Mode transparent « UART/RF bridge »
- Mode paramétrage « AT » local et distant
- Modes tests : Ping-pong ; Porteuse pure ; Réception continue ; Lecture RSSI

Commandes AT

Mode test

Commande	Fonction
+++	Entrer en commandes AT
ATT'ZZ' + ENTER	Lancement mode Test 'ZZ' :
	'ZZ' = 00 : Ping-Pong Master
	'ZZ' = 01 : Ping-Pong Slave
	'ZZ' = 03 : BER résultats
	'ZZ' = 04 : Emission porteuse pure
	'ZZ' = 0A : valeur RSSI sur canal courant
	'ZZ' = 0D : Reset BER résultats

Paramétrage radio (partiel)

Commande	Fonction	Valeur
ATS002='xx' + ENTER	Canal radio	'xx' (tableau des canaux radio)
ATS004='yy' + ENTER	Puissance d'émission	'yy'= 02 : 5 dBm
		'yy'= 03 : 7 dBm
		'yy'= 04 : 10 dBm
		'yy'= 05 : 12 dBm
		'yy'= 06 : 14 dBm
		'yy'= 07 : 20 dBm

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications	Page DOC12 sur 15
18SN4SNEC1	Épreuve E4 Documentation	

Canaux radio du LoRaBee

Puissance d'émission pour une bande passante (BW) réglée à 125 kHz.

Fréquence (MHz)	Canal (hexa)	Puissance	Fréquence (MHz)	Canal (hexa)	Puissance	Fréquence (MHz)	Canal (hexa)	Puissance
865,1125	1	14dBm	866,4875	B	14dBm	867,8625	15	14dBm
865,25	2	14dBm	866,625	C	14dBm	868,1625	16	14dBm
865,3875	3	14dBm	866,7625	D	14dBm	868,3	17	14dBm
865,525	4	14dBm	866,9	E	14dBm	868,4375	18	14dBm
865,6625	5	14dBm	867,0375	F	14dBm	868,8125	19	14dBm
865,8	6	14dBm	867,175	10	14dBm	868,95	1A	14dBm
865,9375	7	14dBm	867,3125	11	14dBm	869,0875	1B	14dBm
866,075	8	14dBm	867,45	12	14dBm	869,525	1C	20dBm
866,2125	9	14dBm	867,5875	13	14dBm	869,85	1D	14dBm
866,35	A	14dBm	867,725	14	14dBm			

LED KP-2012LSGC de chez Kingbright

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	Super Bright Green	565		nm	$I_F=2mA$
λ_D [1]	Dominant Wavelength	Super Bright Green	568		nm	$I_F=2mA$
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	Super Bright Green	30		nm	$I_F=2mA$
C	Capacitance	Super Bright Green	15		pF	$V_F=0V; f=1MHz$
V_F [2]	Forward Voltage	Super Bright Green	1.9		V	$I_F=2mA$
I_F	DC Forward Current	Super Bright Green	2	25	mA	
I_R	Reverse Current	Super Bright Green		10	μA	$V_R=5V$

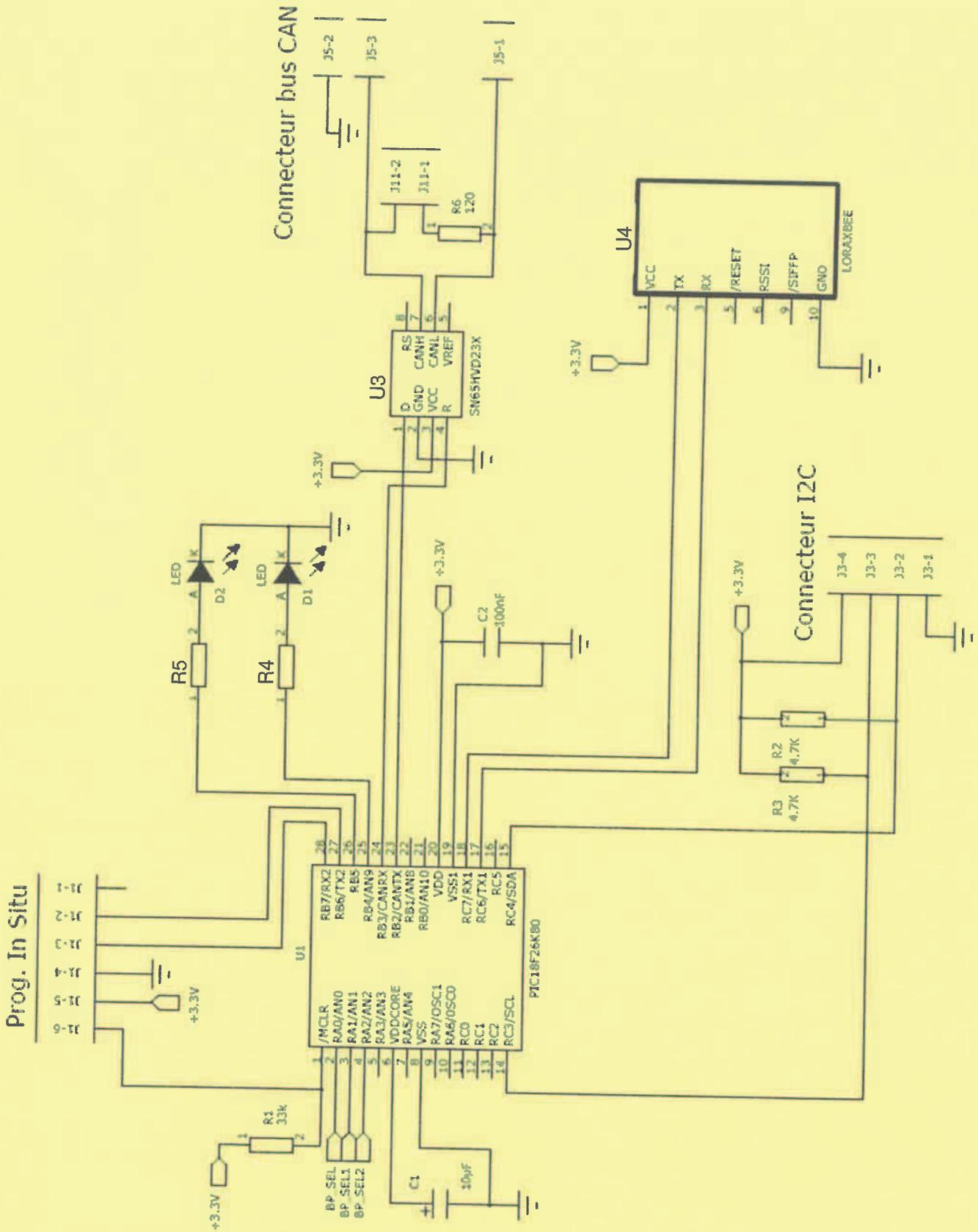
Notes:

1. Wavelength: +/-1nm.

2. Forward Voltage: +/-0.1V.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC13 sur 15
18SN4SNEC1	Documentation	

Schéma partiel de la carte passerelle



SN65HVD23x de chez Texas Instrument

Description :

The SN65HVD230, SN65HVD231, and SN65HVD232 controller area network (CAN) transceivers are compatible to the specifications of the ISO 11898-2 High Speed CAN Physical Layer standard (transceiver). These devices are designed for data rates up to 1 megabit per second (Mbps), and include many protection features providing device and CAN network robustness. The SN65HVD23x transceivers are designed for use with the Texas Instruments 3.3 V μ Ps, MCUs and DSPs with CAN controllers, or with equivalent protocol controller devices. The devices are intended for use in applications employing the CAN serial communication physical layer in accordance with the ISO 11898 standard.

The RS pin (pin 8) on the SN65HVD230 and SN65HVD231 provides three different modes of operation : high speed mode, slope control mode, and low-power mode. The high speed mode of operation is selected by connecting the RS pin to ground, allowing the transmitter output transistors to switch on and off as fast as possible with no limitation on the rise and fall slopes. The rise and fall slopes can also be adjusted by connecting a resistor in series between the RS pin and ground. The slope will be proportional to the pin's output current. With a resistor value of 10 k Ω the device will have a slew rate of ~ 15 V/ μ s, and with a resistor value of 100 k Ω the device will have a slew rate of ~ 2 V/ μ s.

Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
D	1	I	CAN transmit data input (LOW for dominant and HIGH for recessive bus states), also called TXD, driver input
GND	2	GND	Ground connection
V _{CC}	3	Supply	Transceiver 3.3V supply voltage
R	4	O	CAN receive data output (LOW for dominant and HIGH for recessive bus states), also called RXD, receiver output
V _{ref}	5	O	SN65HVD230 and SN65HVD231: V _{CC} / 2 reference output pin
NC		NC	SN65HVD232: No Connect
CANL	6	I/O	Low level CAN bus line
CANH	7	I/O	High level CAN bus line
R _S	8	I	SN65HVD230 and SN65HVD231: Mode select pin: strong pull down to GND = high speed mode, strong pull up to V _{CC} = low power mode, 10k Ω to 100k Ω pull down to GND = slope control mode
NC		I	SN65HVD232: No Connect

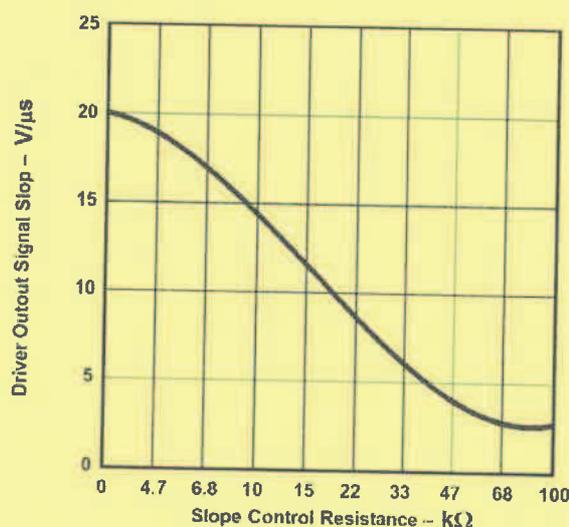


Figure 33. HVD230 Driver Output Signal Slope vs Slope Control Resistance Value

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option B Électronique et Communications Épreuve E4	Page DOC15 sur 15
18SN4SNEC1	Documentation	

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES

Option A - Informatique et Réseaux

Épreuve E4 : ÉTUDE D'UN SYSTÈME
NUMÉRIQUE ET D'INFORMATION

SESSION 2018

Durée : 6 heures

Coefficient : 5

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.
Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

Présentation du système	PR1 à PR4
Sujet	
Questionnaire Partie 1 Informatique	S-Pro1 à S-Pro9
Document réponses	DR-Pro1 à DR-Pro7
Questionnaire Partie 2 Physique	S-SP1 à S-SP9
Document réponses	DR-SP1 à DR-SP3
Documentation	DOC1 à DOC16

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Chaque candidat remettra deux copies séparées: une copie « domaine professionnel » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-Pro1 à 7 et une copie « Sciences Physiques » dans laquelle seront placés les documents réponses DR-SP1 à 3.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et réseaux Epreuve E4	Page de garde
18SN4SNIR1		

Systeme de prevision des crues

Évolution du système de collecte

1 MISE EN SITUATION

1.1 Présentation du système

Suite aux inondations répétées en France, le gouvernement a mis en place un Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévion des Crues (SCHAPI) afin de mieux informer la population. Le SCHAPI comporte 22 Services de Prévion des Crues (SPC) répartis sur l'ensemble du territoire. Les SPC éditent des cartes de vigilance « crues » accessibles au public à partir du site Web national <http://www.vigicrues.gouv.fr/>

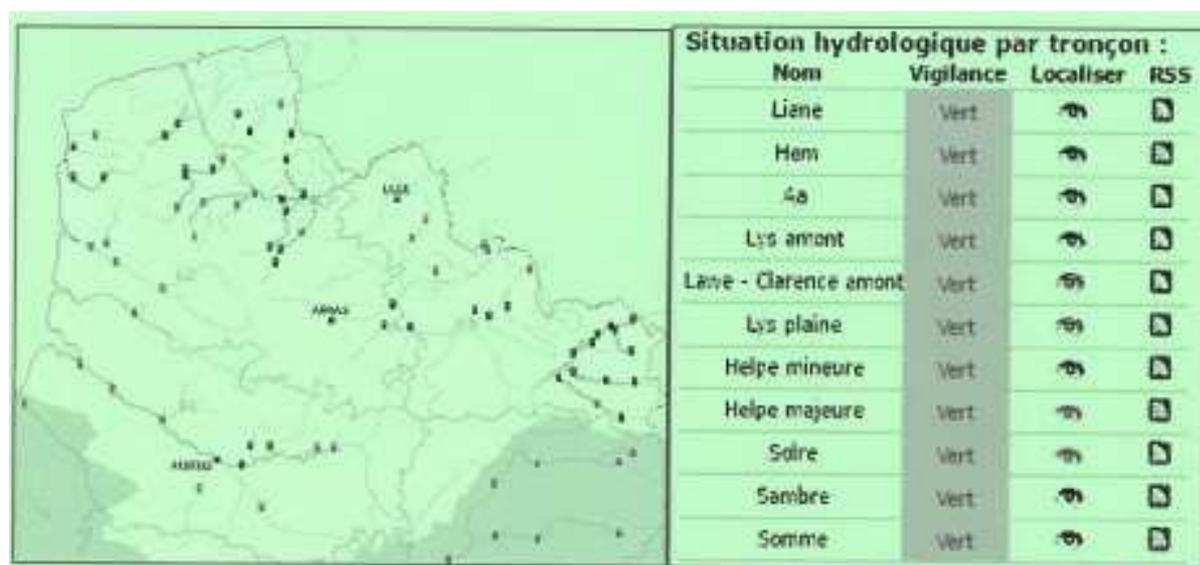


Fig.1 : carte de vigilance « crues »

1.2 Le SPC (Service de Prévion des Crues)

Le SPC Artois-Picardie est basé à Lille, au sein de la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL). Il collecte les données d'une centaine de stations de mesures réparties sur 11 bassins.

Les stations sont implantées au bord des rivières. Elles sont équipées d'un ou de plusieurs capteurs pour mesurer le niveau d'eau, la quantité de précipitations, etc. Le débit de la rivière est calculé à partir du niveau d'eau grâce à une courbe de tarage établie par les hydrologues.

La surveillance des débits des affluents, la quantité de précipitations et les prévisions météorologiques permettent d'anticiper les crues en aval.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR1 sur 4
18SN4SNIR1	Présentation	

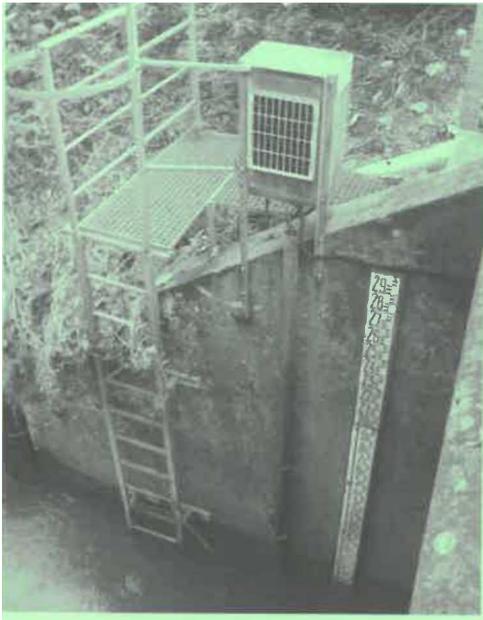


Fig. 2 : la station de collecte de Wirwignes

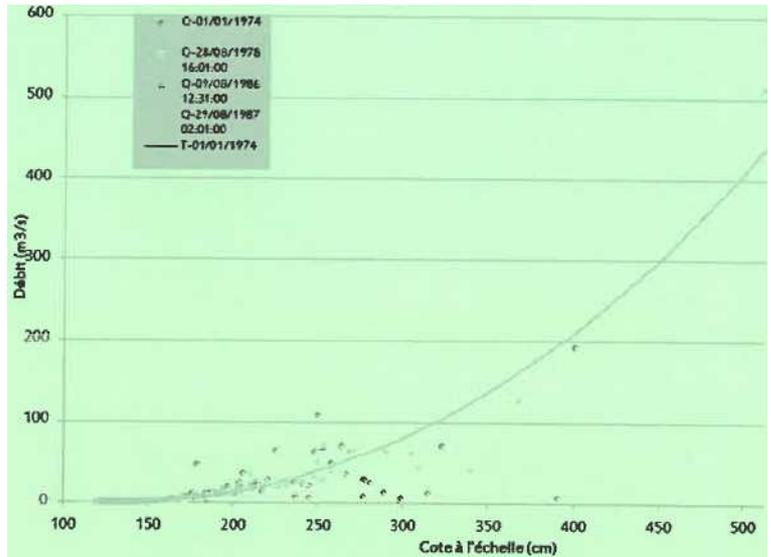


Fig. 3 : courbe de tarage d'une rivière (débit en fonction du niveau d'eau)

Exemple de données collectées par deux stations du bassin versant de la Liane (la station de Wimille n'a pas de pluviomètre) :

Station	Dernière donnée niveau/débit	Max24h	Dernière donnée pluie	Batt.
Wimille	30/11/2016 cote à 03h00: 151 mm débit à 03h00 : 0.611 m ³ /s	162 mm 0.671 m ³ /s		13.1 V
Wirwignes	30/11/2016 cote à 05h00 : 372 mm débit à 05h00 : 1.487 m ³ /s	380 mm 1.560 m ³ /s	30/11/2016 05h00 cumul 8h : 0.00 mm cumul 24h : 0.10 mm	14.1 V

1.3 Le système de collecte actuel

Actuellement, le SPC consulte les stations pour recevoir leurs données (mode PULL). Il utilise des lignes téléphoniques dédiées pour communiquer avec les stations (majoritairement RTC + GSM ou GPRS).

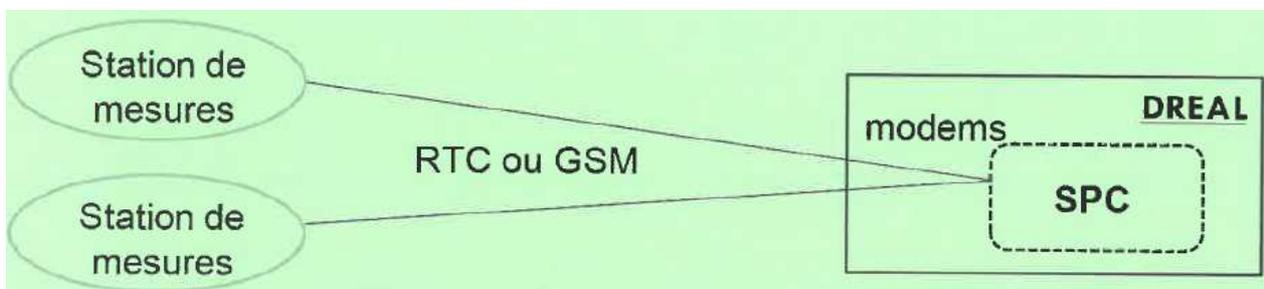


Fig. 4 : le système de collecte actuel

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Epreuve E4	Page PR3 sur 4
18SN4SNIR1	Présentation	

2 Évolution du système de collecte

2.1 Présentation du nouveau système de collecte

Le système étudié est une évolution du système de collecte des données des stations de mesures. Cette évolution vise à minimiser les coûts des communications et la consommation énergétique des stations pour les rendre totalement autonomes. Les stations enverront automatiquement leurs données au SPC (mode PUSH).

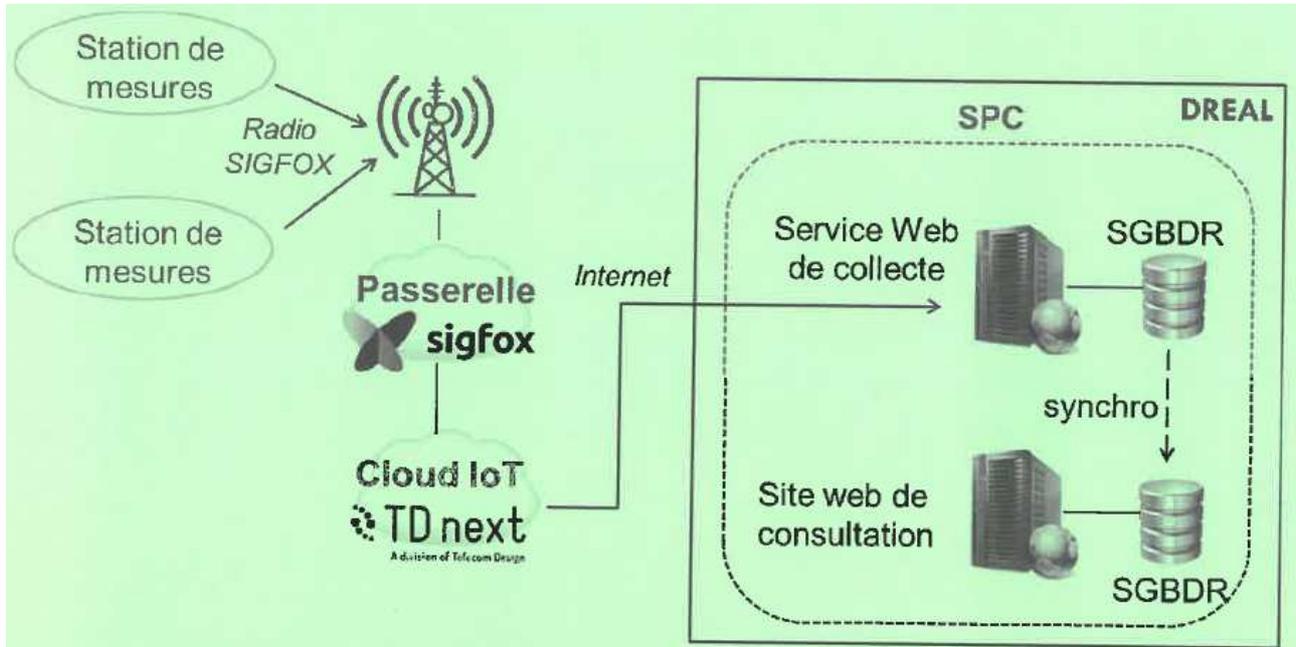


Fig.5: le nouveau système de collecte

2.2 Le réseau Sigfox

Sigfox est un opérateur télécom français de l'internet des Objets (**IoT: Internet of Things**). Sigfox est spécialisé dans le M2M (*Machine to Machine*) via des réseaux bas débit. Il contribue à l'internet des objets en permettant l'interconnexion des objets (ici, les stations de collecte) via une passerelle (*Passerelle Sigfox*). Sa technologie radio **UNB** (*Ultra Narrow Band*) lui permet de bâtir un réseau cellulaire bas-débit, longue distance et économe en énergie. Ce type de réseau est déployé dans la bande de fréquences ISM 868 MHz (*Industriel, Scientifique et Médica*).

Les messages émis par les objets (*uplink*) contiennent 12 octets maximum de charge utile (*payload*). L'abonnement Sigfox permet d'émettre jusqu'à 140 messages par jour. Les messages reçus par les objets (*downlink*) contiennent 8 octets maximum. Ces derniers sont utilisés pour la configuration à distance des objets.

Pour émettre sur le réseau Sigfox, les objets doivent posséder un modem Sigfox ainsi qu'un « Sigfox ID » (numéro d'identification unique du modem sur 8 caractères, par exemple "1234ABCD").

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR3 sur 4
18SN4SNIR1	Présentation	

2.3 Le Cloud IoT

Le système numérique embarqué dans les stations de collecte est un module TD1208R de la société TD next. Il intègre un microcontrôleur EFM32 et un modem Sigfox. Les messages émis sur le réseau Sigfox pourront être transférés automatiquement vers le Cloud IoT de TD next.

Le Cloud de TD next réalise un premier traitement des données reçues des stations. Il permet aussi de gérer facilement les regroupements de stations par SPC en regroupant les Sigfox ID des stations sous une seule « IoT Application ». Tous les messages d'une IoT Application pourront être retransmis à destination du service Web de collecte du SPC.

L'utilisation du Cloud IoT de TD next implique néanmoins de diminuer la charge utile des messages envoyés par les stations à 10 octets (2 octets sont réservés au traitement automatique de la validité des messages).

2.4 Le nouveau système numérique des stations de mesures

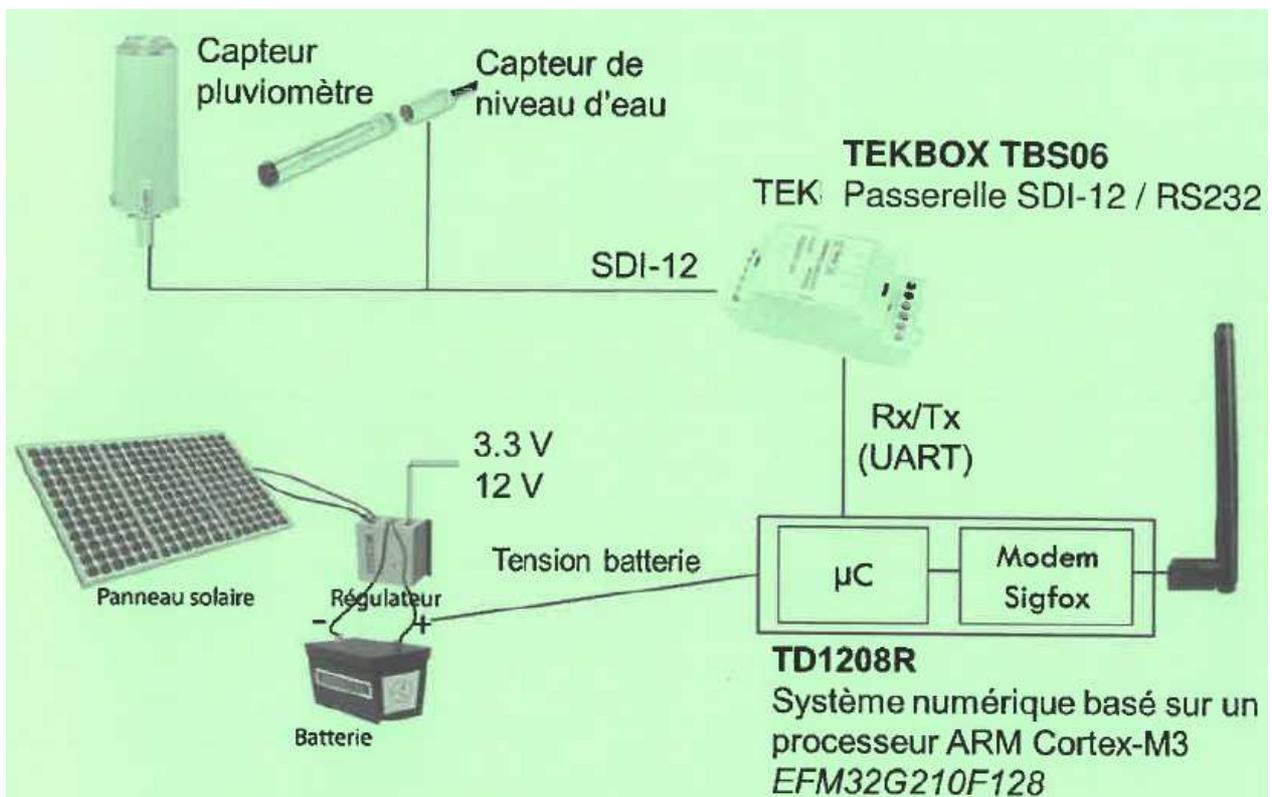


Fig.6 : le système numérique des stations de mesures

Remarque: le protocole **SDI-12** est détaillé dans les documentations PP1 et PP2.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR4 sur 4
18SN4SNIR1	Présentation	

SUJET

Option A Informatique et Réseau Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

Partie A. Spécifications

Les cas d'utilisation

Les cas d'utilisation présentés ci-dessous couvrent uniquement une station de mesures. Pour ce sujet, on considèrera que toutes les stations de mesures fournissent trois mesures : niveau d'eau, pluviométrie et niveau de tension de la batterie.

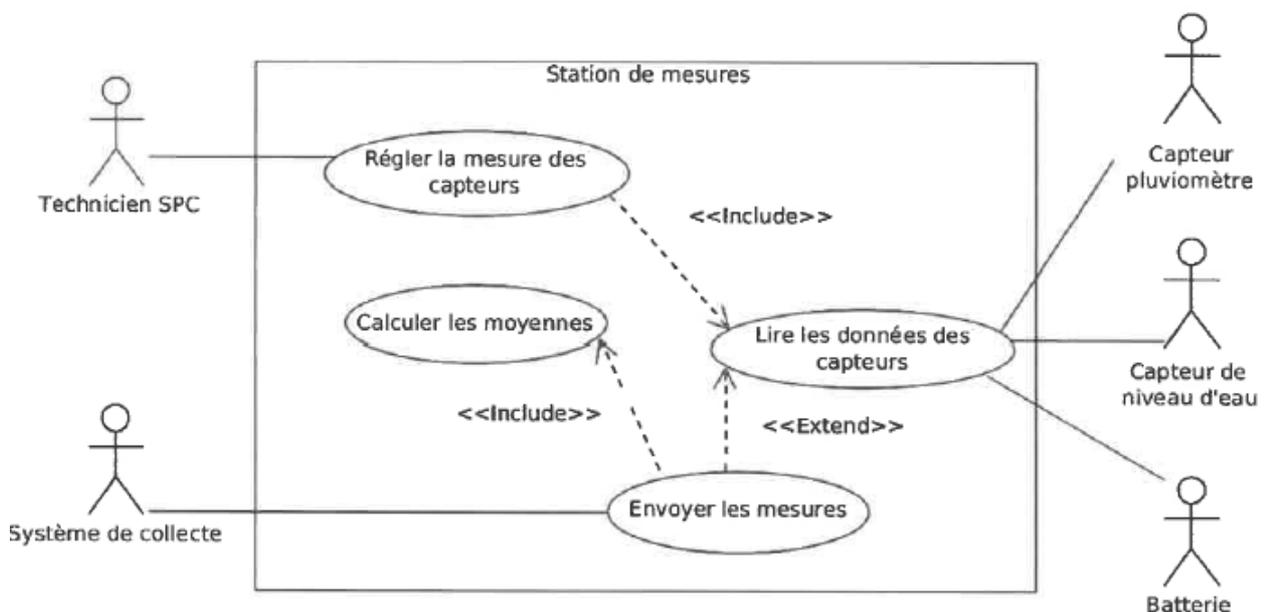


Fig. 1 : Diagramme des cas d'utilisation d'une station de mesures

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO1 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Description des cas d'utilisation

Toutes les 30 minutes, la station de mesures lit et enregistre la valeur instantanée des 3 capteurs (niveau d'eau, pluviométrie et niveau de tension de la batterie). Toutes les 2 heures, la station de mesures envoie une trame Sigfox contenant la dernière mesure instantanée de chaque capteur ainsi que la valeur moyenne de chaque mesure calculée depuis le dernier envoi (pour la pluviométrie, ce n'est pas une moyenne mais la somme des mesures instantanées).

Le système de collecte du SPC reçoit les données mesurées et les enregistre dans la base de données de collecte.

Q1. Compléter, sur le document réponses, le diagramme de séquence (point de vue système) de la station de mesures, en respectant la description des cas d'utilisation (hors réglage des capteurs).

Les données envoyées par les stations de mesures doivent être enregistrées dans la base de données « collecte ».

Q2. Préciser, à l'aide de la description des cas d'utilisation, les données à enregistrer dans la base de données suite à l'envoi d'une mesure.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO2 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Partie B. Analyse

Choix d'un capteur de niveau d'eau

Les capteurs hydrométriques (niveau d'eau, pluviométrie, etc.) sont connectés au système numérique grâce au protocole série SDI-12.

Le protocole de données SDI-12 définit précisément comment un capteur doit communiquer avec une centrale de mesures. La compatibilité avec le SDI-12 impose que le capteur comprenne un jeu de commandes standard et qu'il soit conforme aux normes électriques.

Q3. Compléter, sur le document réponses, à l'aide des documentations PP1 et PP2, le tableau avec les caractéristiques principales du protocole SDI-12.

Les capteurs sont connectés au système numérique TD1208R à l'aide de l'adaptateur TEKBOX TBS06 (voir documentation PP3).

Q4. Indiquer le ou les capteurs de niveau utilisables parmi ceux présentés dans le documentation PP4. Justifier votre réponse.

Q5. Justifier l'utilisation de l'adaptateur TEKBOX TBS06, à l'aide de la documentation PP3.

Configuration du capteur OTT-PLS

Pour la suite du sujet, nous utiliserons le capteur OTT-Pressure Level Sensor (voir documentation PPS).

Q6. Préciser la commande SDI-12 qui permet de modifier l'adresse du capteur OTT-PLS pour lui affecter l'adresse « 1 », sachant que le capteur n'a jamais été configuré auparavant.

Suite à l'envoi de cette commande de modification d'adresse, le capteur OTT-PLS émet une réponse SDI-12.

Q7. Préciser cette réponse SDI-12 du capteur OTT-PLS.

Q8. Préciser, lorsque le capteur est dans sa configuration d'usine, l'unité des valeurs mesurées par le capteur OTT-PLS.

La demande d'envoi des dernières mesures par le TD1208R (commande « 1DO! ») a généré la réponse suivante :

`1+0002.025+012.S<CR><LF>`

Q9 Décoder les données contenues dans cette réponse SDI-12 avec leur unité de mesure, sachant que le capteur est dans sa configuration d'usine.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO3 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Partie C. Conception

Codage du système numérique de la station de mesures

Une partie de l'application des stations de mesures a déjà été codée. Elle intègre l'architecture logicielle pour communiquer avec des capteurs SDI-12. La gestion du capteur de pluie est déjà codée. Il faudra proposer une évolution de ce codage pour y intégrer l'implémentation du capteur SDI-12 de niveau d'eau.

La documentation PP6 fournit une partie du codage déjà réalisé. Une ébauche du diagramme de classes correspondant est donnée dans le document réponses de la question Q10.

Le système numérique utilisé ne possédant qu'un seul port RS232 pour communiquer avec l'adaptateur TEKBOX, toutes les instances des classes de capteur (sur le modèle de **C_Pluie**) utiliseront la même instance de **C_RS232**.

Q10. À l'aide de la documentation PP6, ajouter les éléments suivants sur le document réponses:

- relations entre les classes,
- nom des rôles,
- multiplicités.
-

Il manque sur le diagramme de classes la classe **C_Niveau**. Cette classe possède une méthode **float ExtraireNiveau ()** qui retourne la valeur du niveau d'eau.

C_Niveau est une spécialisation de la classe **C_SDI_12**.

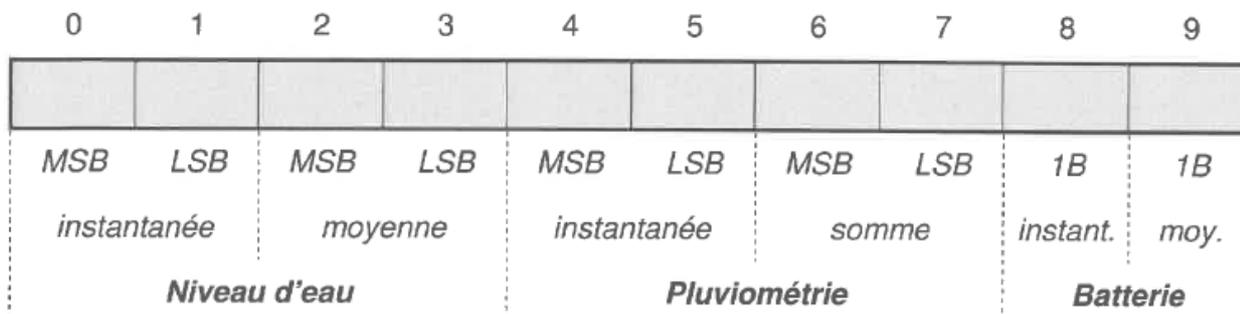
Q11. Ajouter la classe **C_Niveau** sur le document réponses de Q10.

Q12. Proposer, à l'aide de la documentation PP6, la déclaration de la classe **C_Niveau** en langage C++.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO4 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Envoi des données sur le réseau Sigfox

La trame Sigfox contient 10 octets de données utiles. Ces données (mesures fournies par les capteurs) sont contenues dans un tableau *unsigned char message [10]*. Elles sont organisées de la façon suivante :



Les valeurs de niveau d'eau sont exprimées en cm (valeurs entières de 0 à 999). Les valeurs de pluviométrie sont exprimées en mm (valeurs entières de 0 à 999). Les valeurs de tension de la batterie sont exprimées en dixièmes de volt.

Remarque : pour la conversion en valeurs entières, les valeurs sont tronquées et ne sont pas arrondies.

On souhaite envoyer sur le réseau Sigfox, les valeurs suivantes :

- niveau d'eau instantané = 2,751 m,
- niveau d'eau moyen = 2,544 m,
- pluviométrie instantanée = 13,107 mm,
- pluviométrie additionnée = 31,009 mm,
- tension de la batterie instantanée = 11 984 mV,
- tension de la batterie moyenne = 11 854 mV.

Q13. Préciser, sur le document réponses, le contenu hexadécimal du tableau **message []** à envoyer. Détailler les calculs correspondants.

La méthode **TD_USER_Loop ()** de la classe **TD_USER** est responsable de l'envoi des mesures sur le réseau Sigfox.

Q14. Compléter, sur le document réponses, l'implémentation en langage C++ de la méthode **TD_USER_Loop ()** permettant d'envoyer une trame Sigfox. Pour cette question, la trame Sigfox contient uniquement le niveau d'eau (valeur instantanée et valeur moyenne).

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO5 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Partie D. Intégration

Service Web de collecte

Les données transférées par le Cloud TD next sont formatées en JSON et intégrées dans une trame HTTP POST.

Le service Web de collecte est codé en langage PHP (voir documentation PP7). Il décode les données JSON pour en extraire deux informations qu'il stocke dans deux variables PHP:

- **\$payload** (string) contient les données émises par la station sous la forme d'une chaîne de 20 caractères correspondant à la représentation textuelle des 10 octets envoyés par la station. Si la station envoie le message [Ox02, OxDS, OxOI, ...] , *la variable \$payload contiendra "02D501..."*.
- **\$sigfoxid** (string) contient l'identification du modem Sigfox émetteur (exemple : "1234ABCD"). Cette information permettra d'identifier la station émettrice.

La documentation PP7 présente les bases du langage PHP ainsi que le détail des fonctions **substr** () et **hexdex** () .

Q15. Compléter, sur le document réponses, le décodage de la variable \$payload en langage PHP afin d'extraire le niveau d'eau instantané et sa valeur moyenne. Les deux valeurs doivent être exprimées en mètres.

Base de données de collecte

Le service Web de collecte enregistre les données des stations de mesures dans la base de données MySQL « vigicrues ». Une partie du schéma conceptuel de la base de données est disponible dans la documentation PPB.

Il faut ajouter une table « dataNiveau » pour stocker les valeurs de niveau d'eau. Cette table respecte le modèle des autres capteurs et contient un champ supplémentaire « Debit » pour le calcul du débit d'eau.

Q16. Préciser, à l'aide des documentations PP8 et PP9, le code SQL permettant de créer la table **dataNiveau**.

Q17. Préciser, à l'aide des documentations PP8 et PP9, le code SQL permettant d'insérer un nouvel enregistrement dans la table **dataNiveau** avec les valeurs suivantes : **IDstation** = 1, niveau instantané = 0,17 m, niveau moyen = 0,16 m, débit instantané = 0,6 m³/s.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO6 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Suite à l'exécution de la requête SQL suivante :

DELETE FROM station WHERE IDstation = 1

le serveur MySQL a répondu :

#1451 - Cannot delete or update a parent row

Q18. Expliquer, à l'aide des documentations PP8 et PP9, la raison de cette erreur et proposer une solution au problème. Les requêtes SQL ne sont pas demandées.

Le site Web de consultation utilise une base de données identique à la base « vigicrues ».

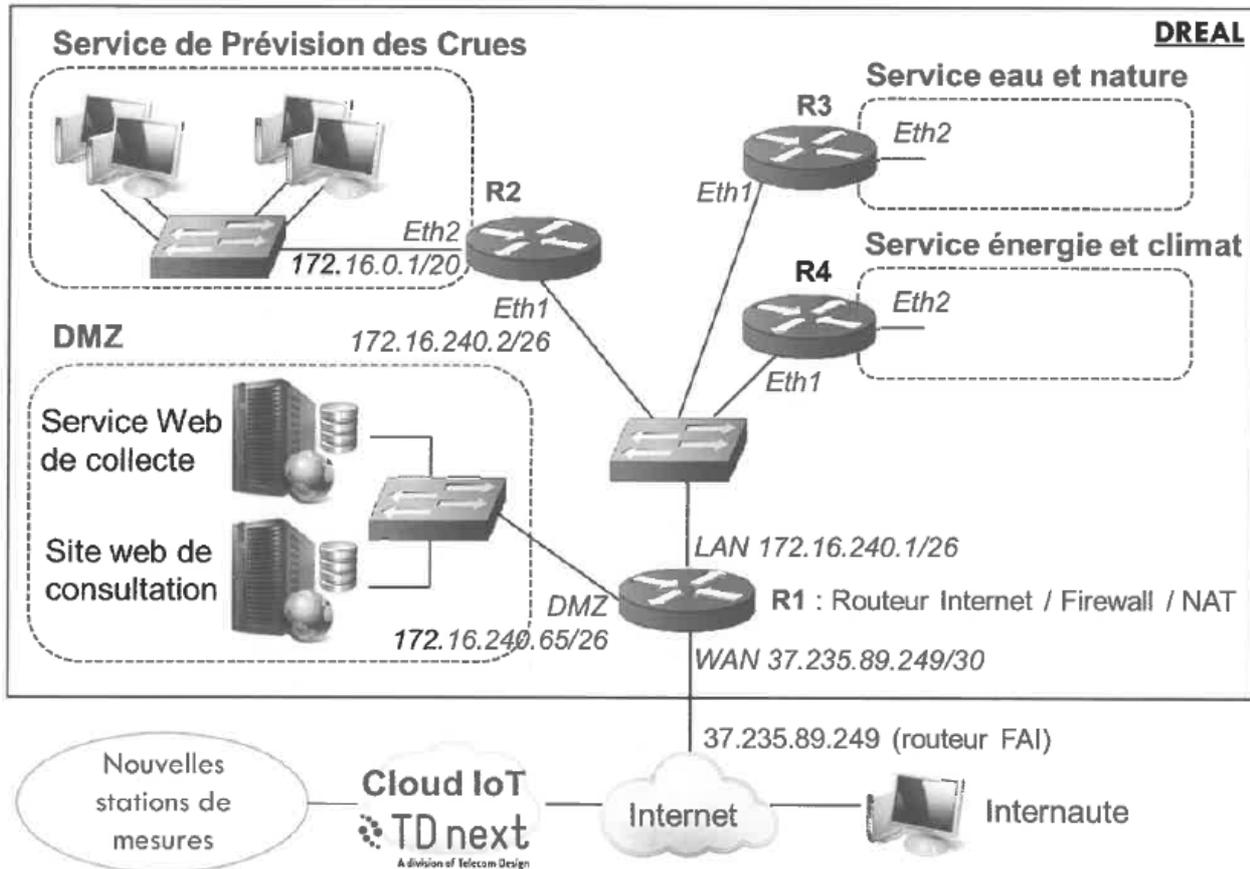
Q19. Préciser, à l'aide des documentations PP8 et PP9, le code SQL permettant de sélectionner toutes les moyennes de niveaux d'eau de la station qui s'appelle « Wimille » en commençant par la plus récente.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO7 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Partie E. Déploiement

Architecture réseau de la DREAL

Le système de collecte des stations de mesures doit s'intégrer dans le réseau de la DREAL. L'architecture réseau de la DREAL est représentée par le schéma logique suivant :



Tous les routeurs (R1 à R4) intègrent un firewall. Seul le routeur Internet (R1) utilise la fonctionnalité NAT.

La DREAL utilise un plan d'adressage IPv4 basé sur la classe 172.16.O.0 / 16.

On souhaite isoler les différents services de la DREAL dans des réseaux IP différents avec un masque / 20 :

- le « Service de Prédiction des crues » (SPC) utilise le réseau 172.16.0.0 / 20,
- le « Service eau et nature » utilise un réseau à définir,
- le « Service énergie et climat » utilise un réseau à définir.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO8 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

Les réseaux techniques utilisent des sous-réseaux IP avec un masque/ 26 :

- la dorsale (réseau IP utilisé pour connecter les routeurs entre eux) utilise le réseau 172.16.240.0 / 26,
- la DMZ utilise le réseau 172.16.240.64 / 26.

La documentation PP10 fournit la configuration IP de certains éléments du réseau.

Q20. Établir, sur le document réponses, le plan d'adressage IP de la DREAL à l'aide de l'architecture du réseau et de la documentation PP10. Proposer des sous-réseaux IP pour le « SeNice eau et nature » et le « Service énergie et climat ».

Les tables de routage des routeurs de la DREAL sont établies par l'administrateur réseau (routage statique). Le routeur R2 (vers le SPC) est configuré de la façon suivante:

	Réseau destination	Masque	Passerelle	Interface
Dorsale	172.16.240.0	/26	-	Eth1
SPC	172.16.0.0	/20	-	Eth2
Défaut	0.0.0.0	0.0.0.0	172.16.240.1	Eth1

Q21. Compléter les entrées de la table de routage du routeur R1 sur le document réponses.

Sur un des ordinateurs du Service de Prévision des Crues (SPC), le prévisioniste se plaint de ne pas pouvoir accéder au service Web de collecte. La configuration réseau de cet ordinateur est la suivante :

- adresse IP: 172 .16.0.13,
- masque de sous réseau : 255.255.240.0,
- passerelle par défaut : 172.16.16.1.

Q22. Proposer une modification de cette configuration pour accéder au seNice Web de collecte.

Le service Web de collecte est placé dans la DMZ (DeMilitarized Zone).

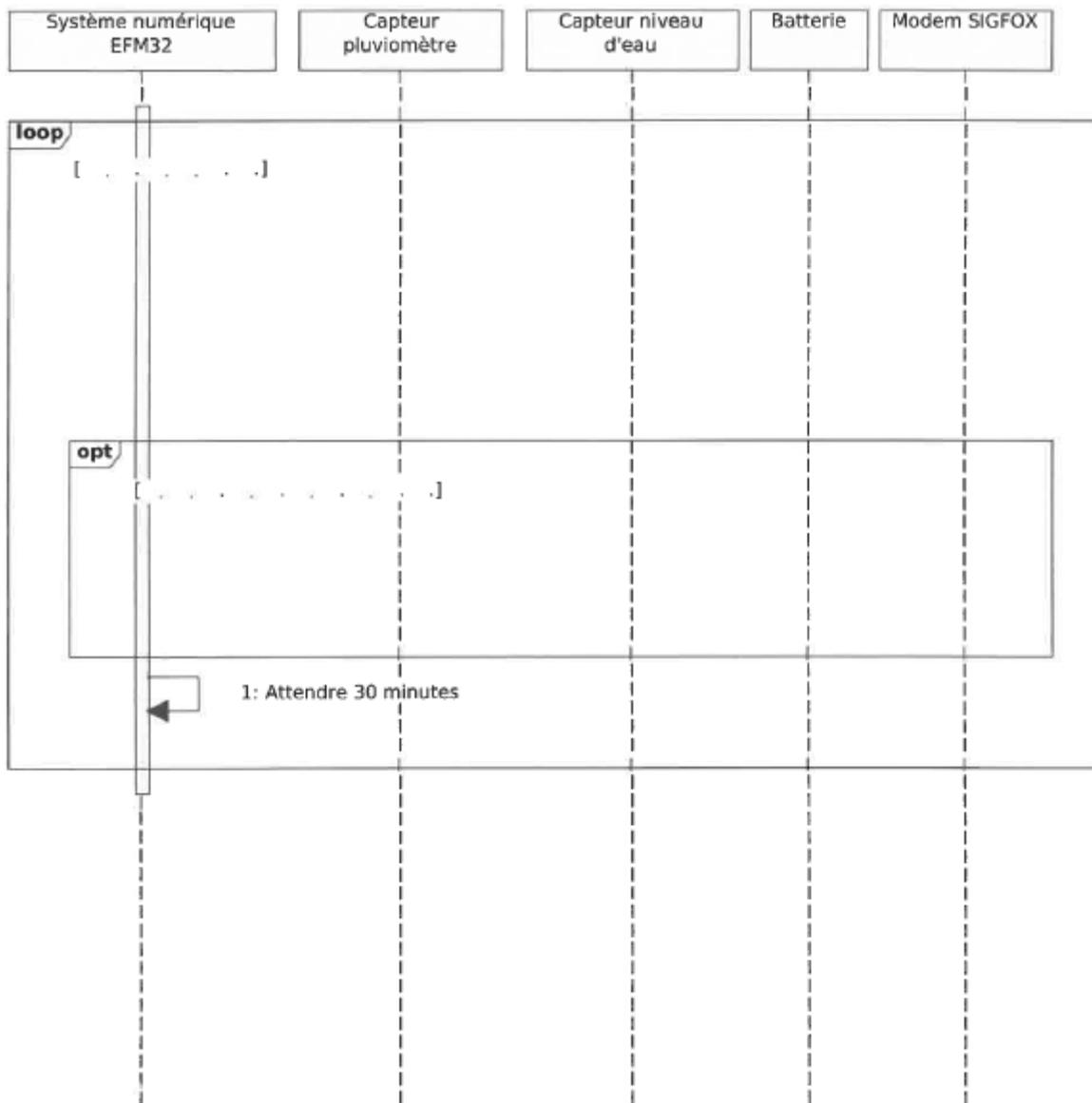
Q23. Justifier ce choix d'implantation.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Int,ormatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-PRO9 sur 9
18SN4SNIR1	Présentation	

DOCUMENT RÉPONSES - Domaine Professionnel À RENDRE AVEC LA COPIE

Partie A. Spécifications

Q1. Compléter, sur le document réponses, le diagramme de séquence (point de vue système) de la station de mesures, en respectant la description des cas d'utilisation (hors réglage des capteurs).



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DR-Pro1 sur 7
18SN4SNIR1	Domaine Professionnel – document réponses	

Partie B. Analyse

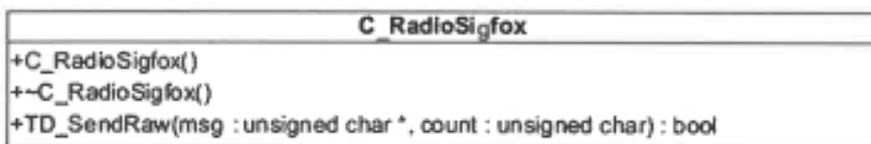
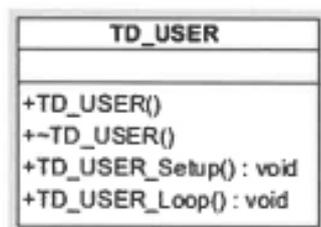
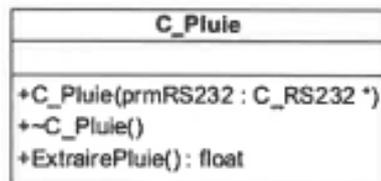
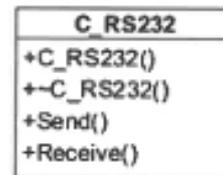
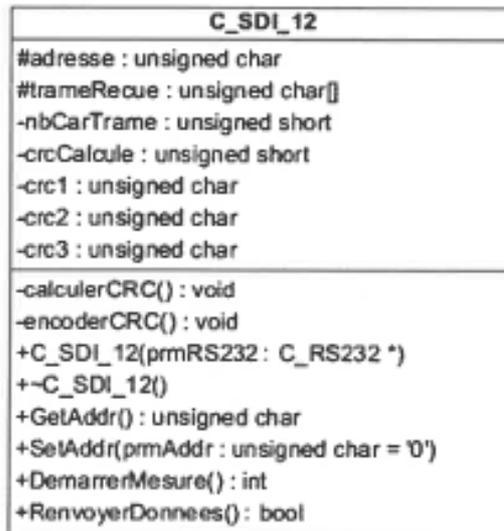
Q3. Compléter, sur le document réponses, à l'aide des documentations PP1 et PP2, le tableau avec les caractéristiques principales du protocole SDI-12.

Mode de transmission (synchrone /asynchrone)	
Topologie physique	
Méthode d'accès au support	
Nombre maximum de capteurs	
Liste de tous les caractères possibles pour les adresses de capteurs	
Codage standard des données SDI-12	
Vitesse de transmission	
Format de caractère série	

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DR-Pro2 sur 7
18SN4SNIR1	Domaine Professionnel – document réponses	

Partie C. Conception

Q10. Compléter, sur le document réponses, le diagramme de classes UML à l'aide de la documentation PP6. Ajouter sur ce diagramme une classe nommée **C_Niveau** qui possède une méthode **float ExtraireNiveau ()**. Cette méthode retourne la valeur du niveau d'eau.



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Epreuve E4	Page DR-Pro3 sur 7
18SN4SNIR1	Présentation	

Q14. Compléter, sur le document réponses, l'implémentation en langage C++ de la méthode `TD_USER_Loop()` permettant d'envoyer une trame Sigfox. Pour cette question, la trame Sigfox contient uniquement le niveau d'eau (valeur instantanée et valeur moyenne).

```
void TD_USER :: TD_USER_Loop(void) {  
    // Déclarations  
    unsigned char message[10]; //données à envoyer parSigfox  
    float niveauEau; // Niveau d'eau instantané  
    float moyenneNiveau; // Niveau d'eau moyen  
  
    // niveaux d'eau en cm  
    unsigned short niveauEauCm;  
    unsigned shortmoyenneNiveauCm;  
  
    // lecture du niveau d'eau instantané,  
    // calcul de sa moyenne  
    // et stockage dans niveauEau et moyenneNiveau  
    niveauEau = ptrObjC_Niveau->ExtraireNiveau();  
    moyenneNiveau = ptrObjC_Niveau->ExtraireNiveau();  
  
    // conversion des niveaux d'eau en cm  
  
    .....  
  
    .....  
  
    // ajout des valeurs de niveau d'eau  
    // dans le tableau message[]  
  
    .....  
  
    .....  
  
    // envoi de la trame Sigfox  
    ptrObjC_RadioSigfox->TD_SendRaw(message,10);  
    //    ...  
}
```

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DR-Pro5 sur 7
18SN4SNIR1	Domaine Professionnel – document réponses	

Partie E. Déploiement

Q20. Établir, sur le document réponses, le plan d'adressage IP de la DREAL à l'aide de l'architecture du réseau et de la documentation PP1O. Proposer des sous-réseaux IP pour le « Service eau et nature » et le « Service énergie et climat ».

	Service eau et nature	Service énergie et climat
Adresse du sous-réseau		
Masque de sous-réseau en décimal pointé		
Nombre d'adresses IP utilisables pour les machines		
Adresse de diffusion		
Plage d'adresses utilisables pour les machines		

Q21. Compléter les entrées de la table de routage du routeur R1 sur le document réponses.

	Réseau destination	Masque	Passerelle	Interface
Dorsale				
SPC				
Défaut				

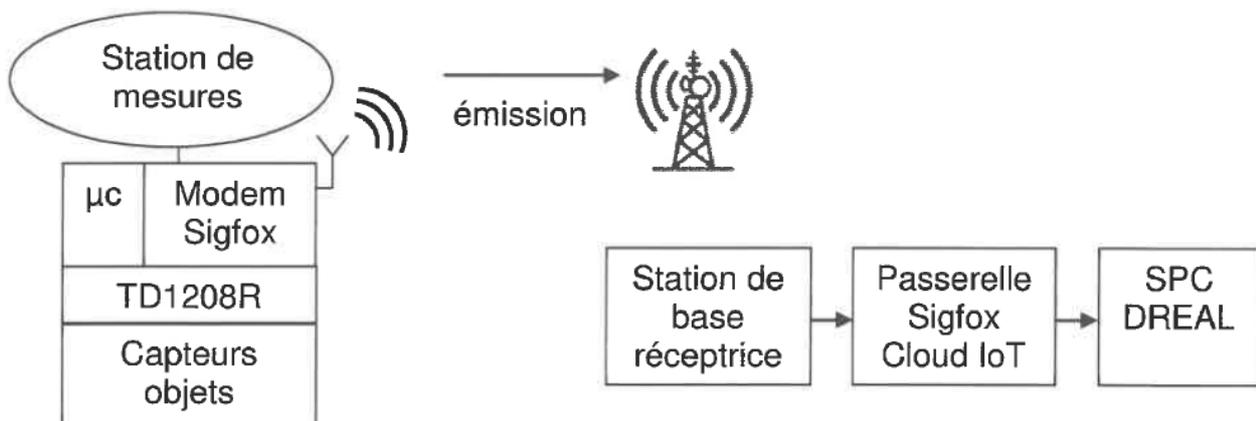
Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DR-Pro7 sur 7
18SN4SNIR1	Domaine Professionnel – document réponses	

SUJET

Option A Informatique et Réseaux

Partie 2 Sciences physiques Durée 2 h coefficient 2

Sigfox, opérateur télécom français de l'internet des Objets (IoT), est spécialisé dans le M2M (Machine to Machine) via des réseaux bas débit. Il contribue à l'internet des objets en permettant l'interconnexion des objets (ici, les stations de collecte) via une passerelle (Passerelle Sigfox).



Le réseau Sigfox permet la communication de données de taille réduite entre les appareils connectés sans passer par un téléphone mobile.

Sa technologie radio UNB (Ultra Narrow Band) lui permet de bâtir un réseau cellulaire bas-débit, longue portée. *Narrow : étroit.

Peu énergivore, ce réseau utilise des bandes de fréquences libres de droit disponibles pour le monde entier, comme les bandes ISM (Industrielle Scientifique Médicale). En Europe, il s'agit de l'ISM à 868 MHz et plus particulièrement une bande de 192 kHz située entre 868,034 MHz et 868,226 MHz. Cette bande de fréquences doit néanmoins suivre une réglementation dictée par l'ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes).

L'objectif est de vérifier que le réseau Sigfox est plus adapté à la collecte des données par le service de Prévision des crues que le réseau GSM actuel.

Le sujet est composé de 4 parties indépendantes.

Partie A : détermination du nombre maximal de messages envoyés par jour

Partie B : caractéristiques de la modulation employée

Partie C : détermination de la portée de transmission

Partie D : synthèse : validation du réseau Sigfox

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP2 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Partie A. Détermination du nombre maximal de messages envoyés par jour

L'ARCEP a fixé, en particulier, deux contraintes importantes pour la bande utilisée par Sigfox:

- Puissance d'émission maximale: 25 mW
- La durée d'émission Δt_E doit être au maximum égale à 1 % du temps.

Un message est envoyé par l'objet depuis la station de mesures vers la station de base réceptrice. Un message est constitué de 3 trames, chacune contient 12 octets identiques. Chaque trame est émise sur des fréquences porteuses f_{p1} puis f_{p2} et f_{p3} . Ces fréquences sont choisies de manière aléatoire. La durée de chaque trame est identique et vaut 2,08 s. La structure du message envoyé est donnée figure 1.

Q24. Calculer la durée maximale d'émission Δt_E par jour. Exprimer votre résultat en secondes

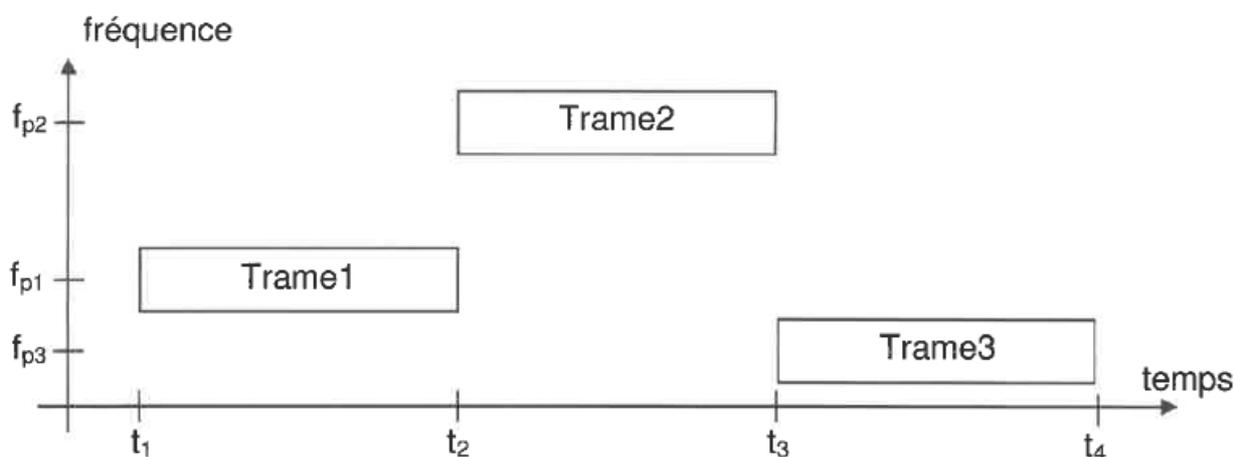


Figure 1. Structure du message envoyé

Q25. Calculer la durée t_m nécessaire à la transmission d'un message.

Q26. Calculer le nombre maximal N_{max} de messages pouvant être transmis par jour via le réseau.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP2 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Partie B. Caractéristiques de la modulation employée

Le cahier des charges lié à la technologie radio UNB impose :

- une modulation simple par ondes radiofréquences.
- un flux de données binaires de largeur de bande limitée à 100 Hz.
- une insensibilité du message Sigfox aux autres utilisateurs de la bande *ISM*.

Le relevé du spectre des trois trames, obtenu à l'aide d'un analyseur de spectre, est donné figure 2.

On donne $f_{p2} = 868,155$ MHz $f_{p3} = 868,065$ MHz.

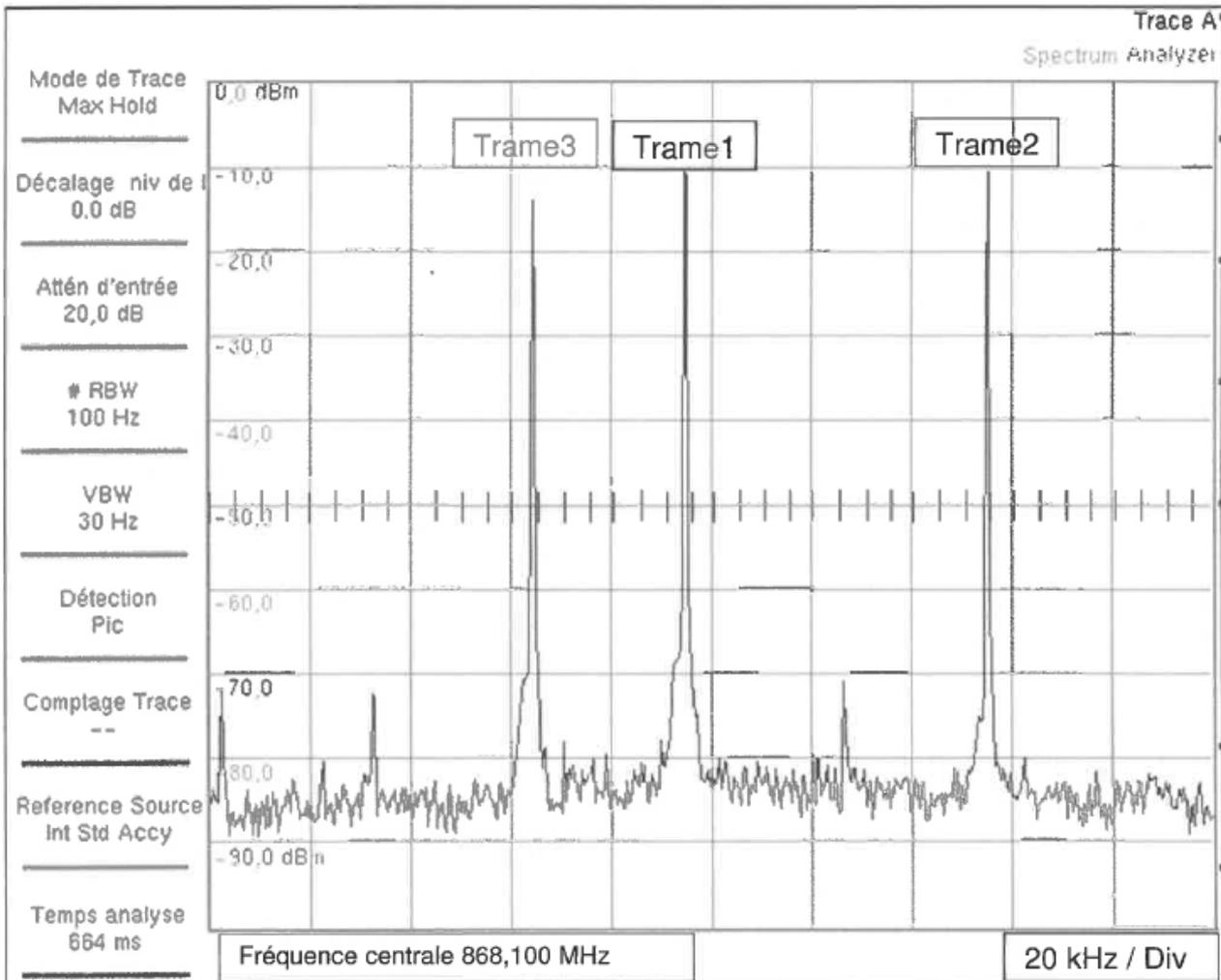


Figure 2 : DSP du message émis

Q27. Déterminer la fréquence porteuse f_{p1} de la trame 1 à partir du spectre représenté sur la figure 2.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP3 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Q28. Valider le fait que l'émission de ce message est bien réalisée dans la bande ISM définie à la page S-SP1.

Q29. Justifier le terme de transmission UNB (Ultra Narrow Band) à partir de la documentation SP1.

La transmission des messages est effectuée par ondes radiofréquences.

Le signal transmis est de type Differential Binary Phase Shift Keying, DBPSK ou encore Modulation par Déplacement de Phase Différentielle MDPD.

Pour cette modulation, la transmission du bit d_k est réalisée par un signal porteur $u_p(t) = U_m \sin(2\pi f_c t + \phi_k)$ telle que :

- Si $d_k = \text{« 0 »}$ alors $\phi_k = \phi_{k-1} - \pi$
- Si $d_k = \text{« 1 »}$ alors $\phi_k = \phi_{k-1} + \pi$.

Q30. Compléter le document réponses page DR-SP1 en déterminant les valeurs de la phase ϕ_k associée au mot binaire transmis.

Pour une fréquence porteuse de 868,1 MHz, le nombre de périodes de cette porteuse pendant la durée d'un bit T_a , est $N = 8\,680\,000$.

Q31. Calculer T_s la durée d'un bit.

Q32. En déduire le débit binaire D en bits par seconde (bps). Comparer à la valeur donnée dans la documentation SP1.

Q33. Qualifier ce débit en disant s'il est bas ou élevé.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP4 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Pour respecter le deuxième point du cahier des charges, un filtre d'émission est utilisé. La représentation, figure 3, donne la densité spectrale de puissance (DSP) du flux binaire brut et la DSP du flux binaire après filtrage.

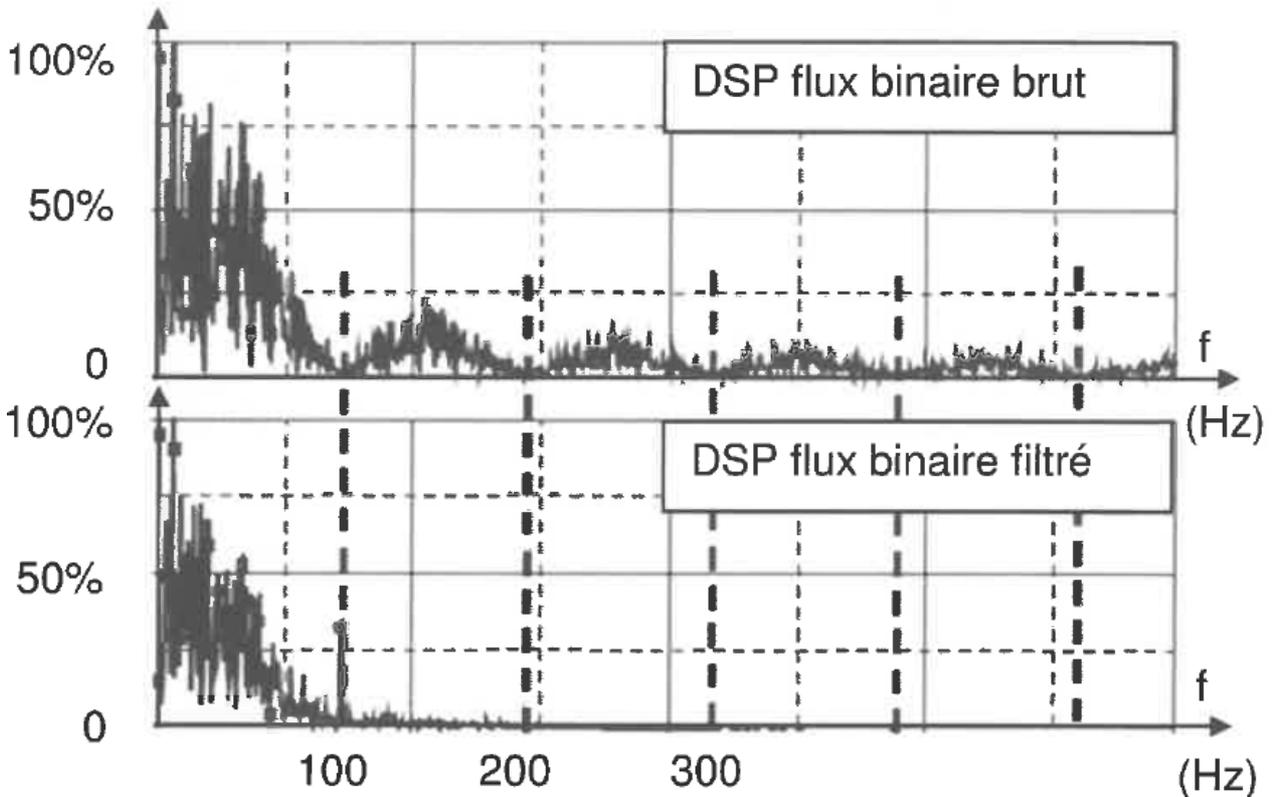


Figure 3 : DSP du flux binaire brut puis filtré

Q34. Donner la nature (passe-bas, passe-haut, passe-bande, coupe-bande) du filtre permettant de réaliser le filtrage du flux binaire.
Ce filtre est réalisé de manière numérique.



L'équation de récurrence associée à ce filtre de signaux d'entrée X_n et de sortie Y_n , échantillonnés à la fréquence $f_e = 1000$ Hz, est la suivante :

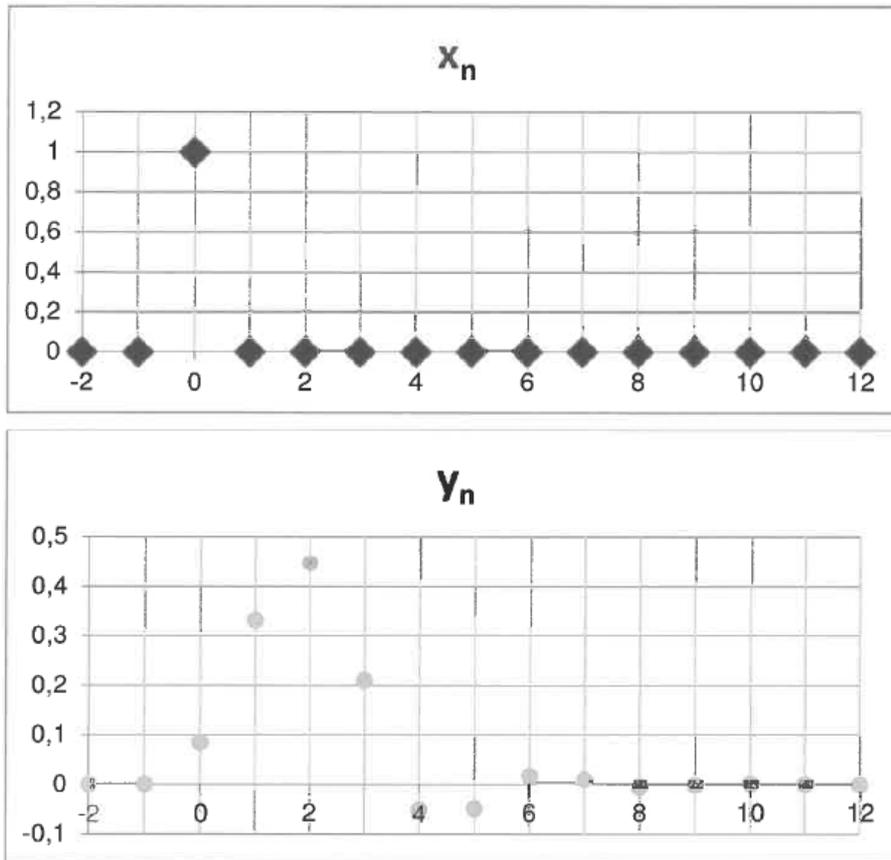
$$y_n = 0,085 \cdot x_n + 0,34 \cdot x_{n-1} + 0,51 \cdot x_{n-2} + 0,34 \cdot x_{n-3} + 0,085 \cdot x_{n-4} - 0,1 \cdot y_{n-1} - 0,255 \cdot y_{n-2} + 1,76 \cdot 10^{-3} \cdot y_{n-3} - 5,09 \cdot 10^{-3} \cdot y_{n-4}$$

Q35. Justifier la récursivité ou la non récursivité de ce filtre.

Q36. Compléter la structure du filtre sur le document réponses page DR-SP1.

La réponse $\{Y_n\}$ à l'impulsion unité $\{x_n\}$ de ce filtre est donnée ci-dessous figure 4.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP5 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	



n	x_n	y_n
-4	0	0
-3	0	0
-2	0	0
-1	0	0
0	1	0,08500
1	0	0,33150
2	0	0,455
3	0	0,20991
4	0	-0,05217
5	0	-0,04932
6	0	0,01632
7	0	0,00981
8	0	-0,00497
9	0	-0,00173
10	0	0,00138
11	0	0,00025
12	0	-0,00036

Figure 4 : réponse impulsionnelle unité

Q37. Exploiter les courbes de la figure 4 et conclure quant à la stabilité de ce filtre.

Le cahier des charges impose une insensibilité aux émissions qui peuvent provenir d'autres utilisateurs de la bande /SM à 868 MHz.

La figure 5 correspond à l'enregistrement d'un message Sigfox et d'un message d'un autre réseau. Elle comprend l'image d'un scanner et le spectre en puissance des messages.

L'utilisation du scanner radio permet de relever les fréquences émises au cours du temps en faisant apparaître la puissance d'émission dont la représentation sera d'autant plus foncée que la puissance P est élevée.

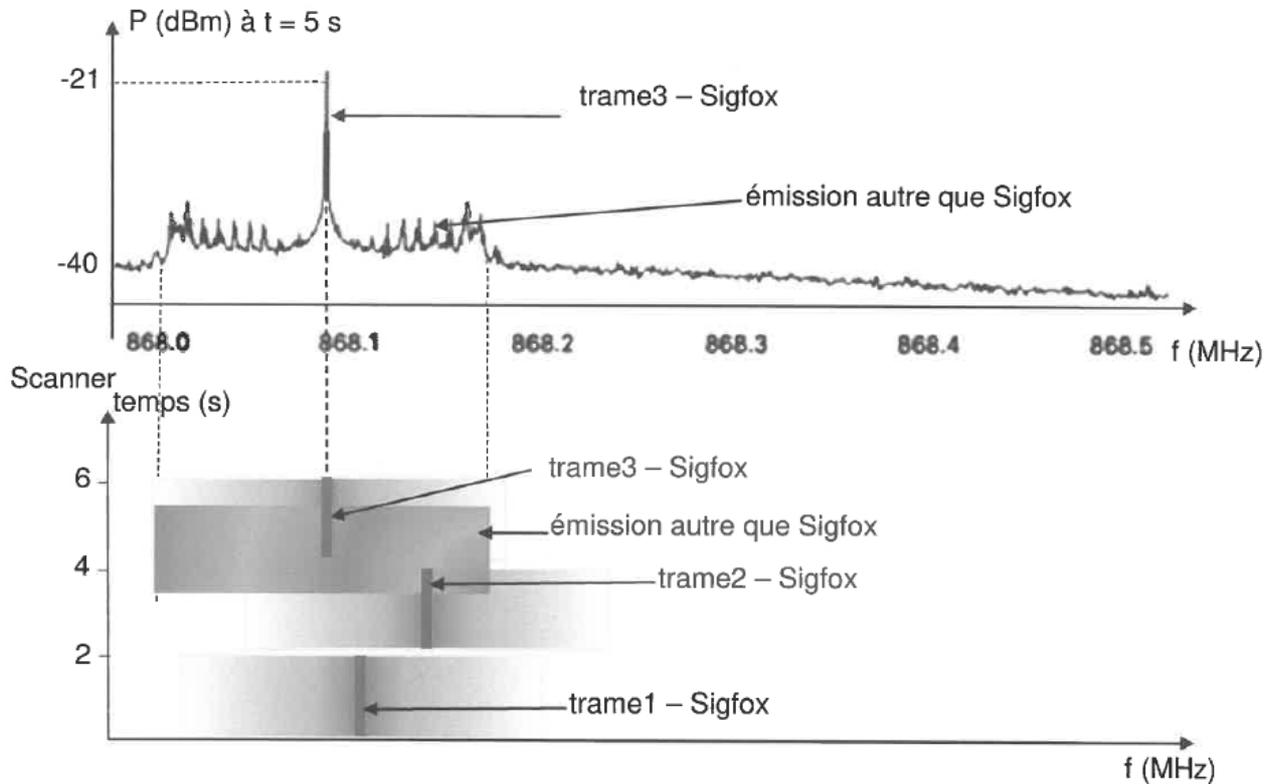


Figure 5 : Spectre en puissance

Q38. Donner deux arguments justifiant que le message Sigfox émis par l'objet sera bien reçu par les stations de base Sigfox malgré la présence d'autres émetteurs.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP7 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Partie C. Détermination de la portée de transmission

Dans cette partie, l'étude de la transmission se fait en espace libre, sans obstacle. L'émission de messages en UNB associée à une modulation DBPSK permet d'utiliser, pour les stations de base réceptrices, un module récepteur dont le seuil de sensibilité $S_r = -142$ dBm. Le gain de l'antenne réceptrice, $G_{\text{ant.R}}$, vaut 3 dBi. La puissance d'émission P_{rx} en sortie du module TD1208R est réglée à 25 mW. Rappel : puissance exprimée en dBm :

$$P_{\text{dBm}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{10^{-3}}\right) \quad \text{avec } P \text{ exprimée en watts}$$

Le gain de l'antenne émettrice, noté $G_{\text{ant.E}}$, vaut 2 dBi.

L'objectif est de déterminer la distance maximale d_{max} , assurant une liaison correcte.

Q39. Calculer la puissance d'émission exprimée en dBm, notée P_{rxdsm} -

Q40. Compléter le bilan de liaison côté émission et côté réception sur le document réponses page DR-SP2 en indiquant les valeurs, en dBm, des différentes grandeurs indiquées dans les encadrés et en utilisant la réponse de la question Q39.

Q41. Exprimer la perte de puissance en espace libre, notée FSL, en fonction de la PIRE et de la puissance reçue par l'antenne notée $P_{\text{R.ant}}$

Q42. Montrer que FSL vaut 136 dB.

Q43. En déduire la distance maximale d_{max} permettant une transmission correcte en espace libre à partir d'une construction graphique sur le document réponses page DR-SP3.

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP8 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Partie D. Synthèse : validation du réseau Sigfox

Le bureau d'étude a besoin de recevoir 12 messages par jour en temps normal et 4 fois plus en cas de pluies importantes, d'une grande autonomie de fonctionnement et d'un coût d'utilisation faible.

Q44. Rédiger une synthèse argumentée, de 10 lignes maximum, montrant que le réseau Sigfox est plus adapté à la collecte des données que le réseau GSM actuel. Votre synthèse portera sur 2 arguments qui seront développés en vous appuyant sur les parties précédentes ou sur le document figure 6.

	SIGFOX UNB	Competition GSM/cellular	Competition Proprietary ISM technology
Density of antennas to cover a city (1M habitants)	3	60	200
Density of antennas to cover 1000 km ² rural area	1 to 3 per 1000 km ²	10 to 20 per 1000 km ²	200 to 500 per 1000 km ²
Power consumption in (μW)	50 μW mono / 1000 μW bidir	5000 μW	150 to 700 μW
Radiated power / Em pollution	Very low	Medium to high	Low
Typical stand-by time (in years) for 2.5 Ah battery	20	0.2	2 to 10
Security level	High	High+	High
Signal penetration into buildings	High	Medium	Medium+
Versatility	Worldwide	Subject to license	Subject to local spectrum allocation
Modem cost estimation (with silicon integration)	Below 1 \$	10 \$	Between 5 and 10 \$
Typical communications cost	< 3 \$	30 \$	No operator available

Figure 6 : comparatif des différents réseaux

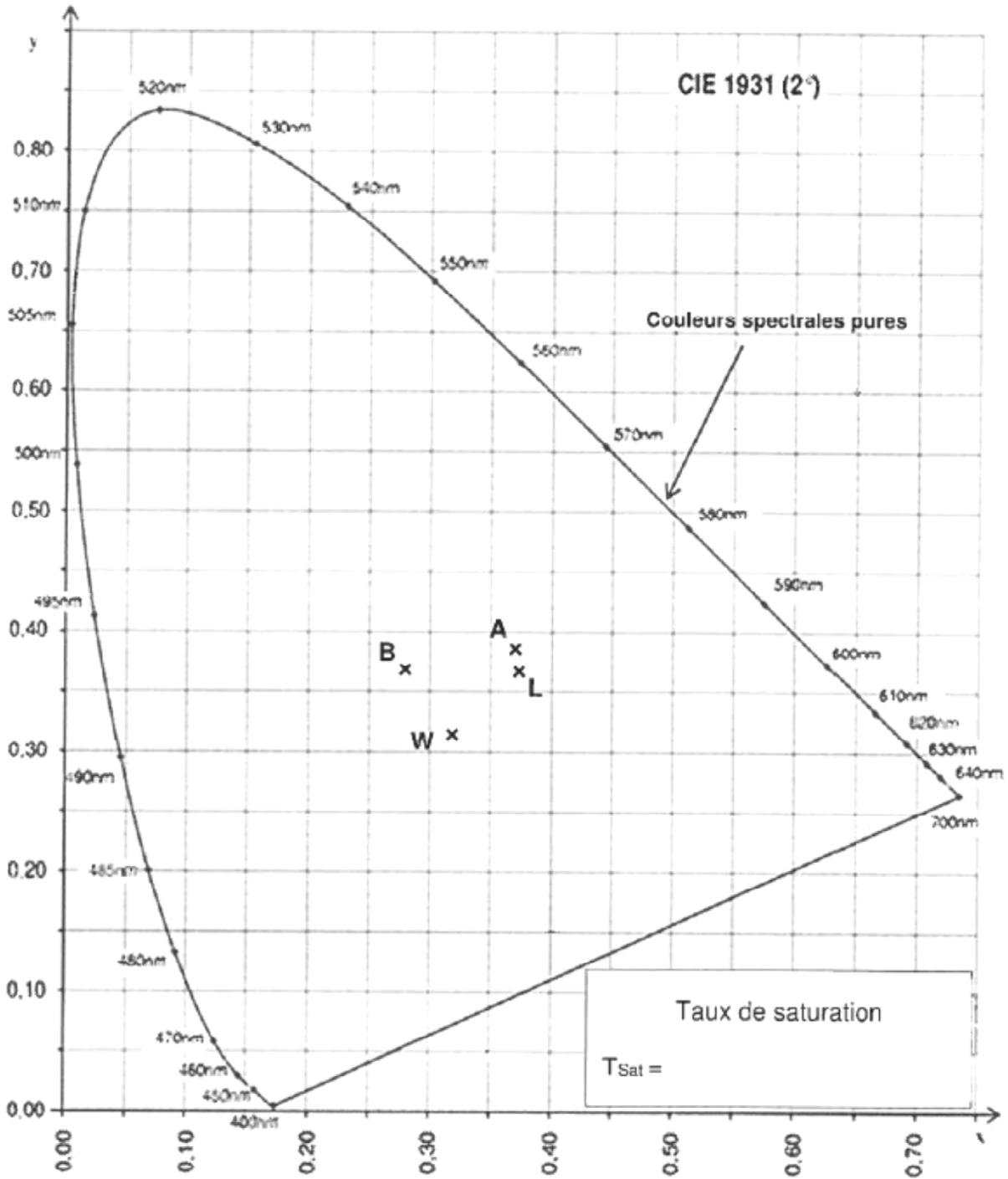
Source : <http://www.domotique-info.fr/2014/02/sigfox-technologie-de-rupture-pour-le-marche-du-m2m/>

Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-SP9 sur 9
18SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

DOCUMENT RÉPONSES - Sciences Physiques

À RENDRE AVEC LACOPIE

Réponses à la question Q39 à 49



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Epreuve E4	Page DR-SP1 sur 4
18SN4SNIR1	Sciences Physiques - Document Réponses	

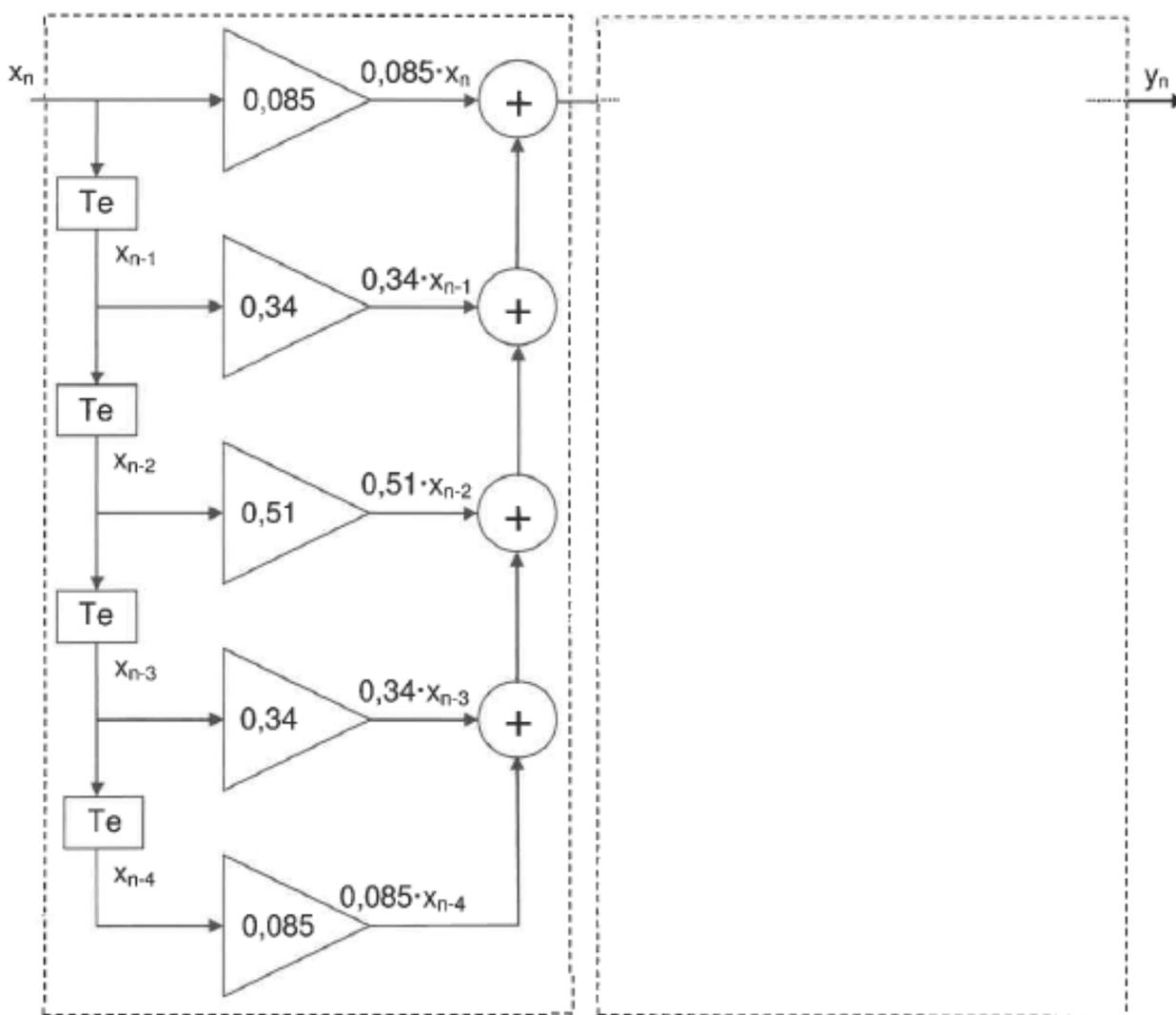
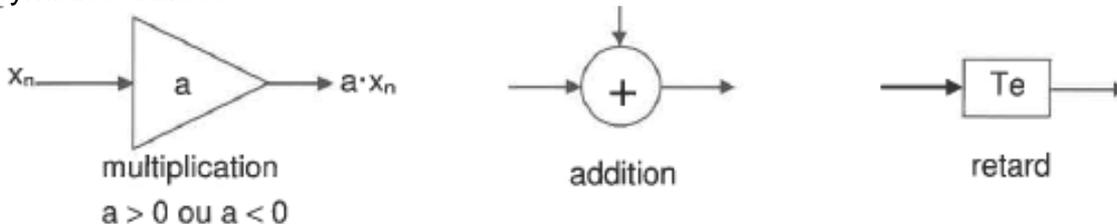
Document réponses à la question Q3

Document réponses à la question Q30

Dk	0	0	0	1	1	1	0	1
$\angle k$ (rad)	0							

Document réponses à la question Q36

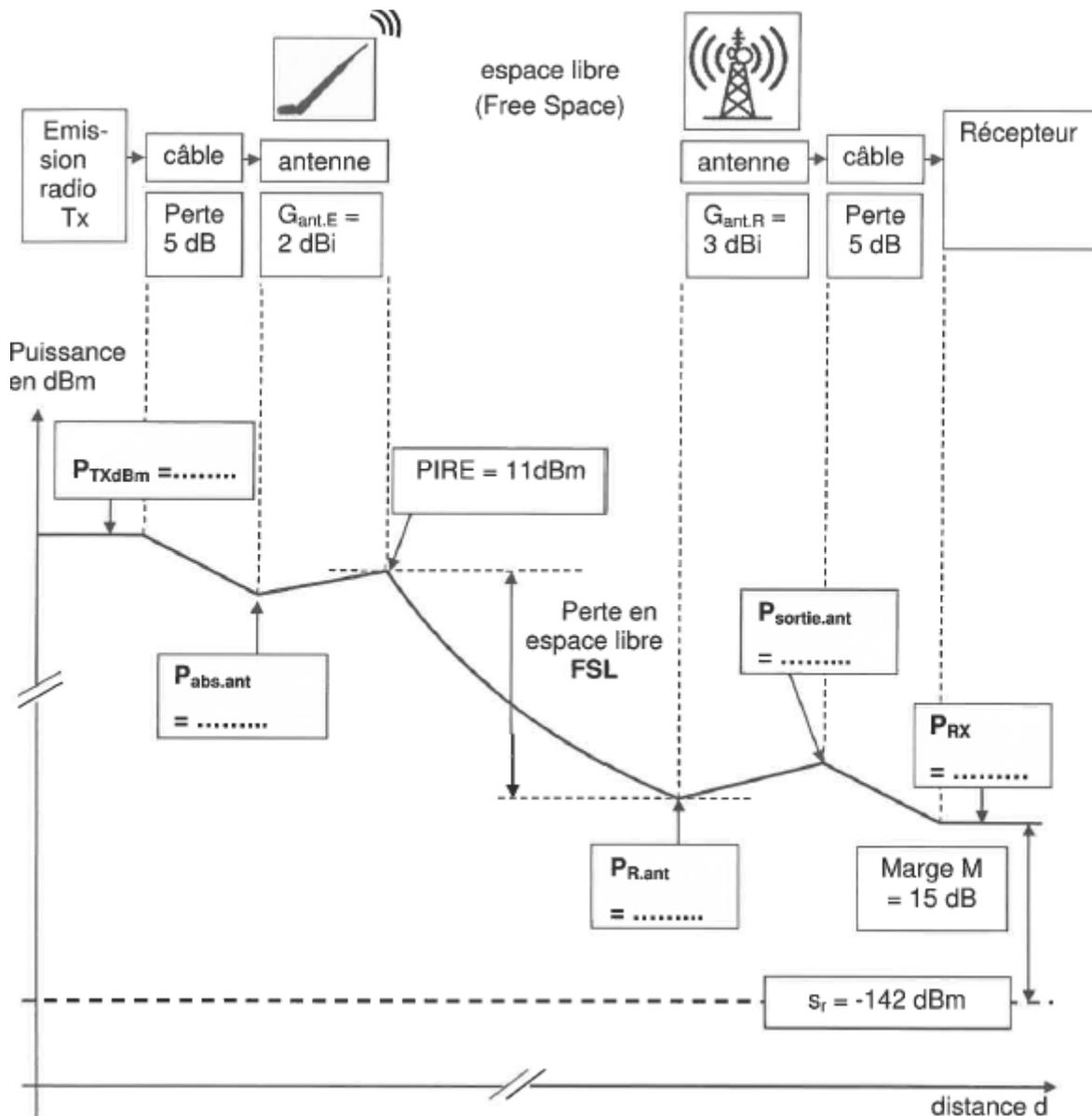
Symbiles utilisés



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Epreuve E4	Page DR-SP1 sur 4
18SN4SNIR1	Sciences Physiques - Document Réponses	

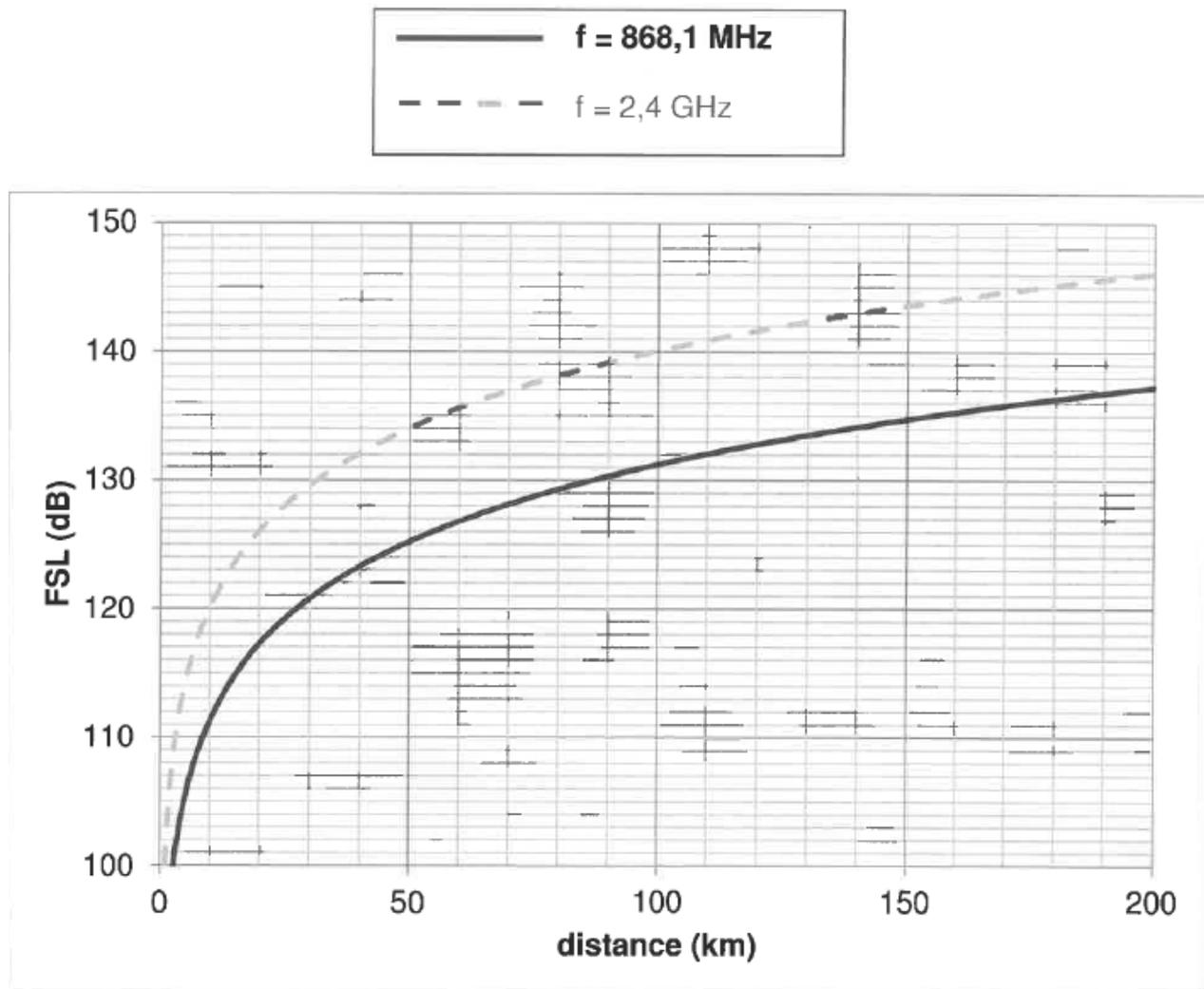
Document réponses à la question Q40

Bilan de liaison en espace libre



$P_{TX\text{dBm}}$: puissance d'émission	$G_{ant,R}$: gain de l'antenne réceptrice
$P_{abs.ant}$: puissance absorbée par l'antenne émettrice	$P_{R,ant}$: puissance reçue par l'antenne réceptrice
$G_{ant,E}$: gain de l'antenne émettrice	$P_{sortie,ant}$: puissance de sortie de l'antenne réceptrice
	P_{RX} : puissance reçue par la base

Document réponses à la question Q43
FSL (dB) en fonction de la distance d (km)



Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Epreuve E4	Page DR-SP3 sur 3
18SN4SNIR1	Sciences Physiques - Document Réponses	