

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/>

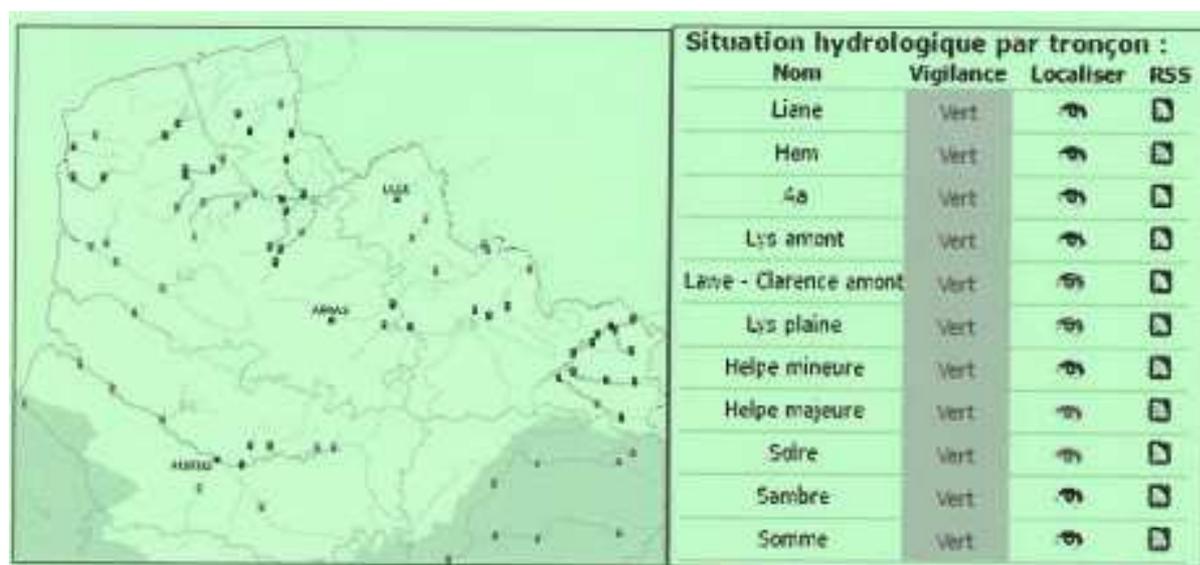


Fig.1 : carte de vigilance « crues »

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	

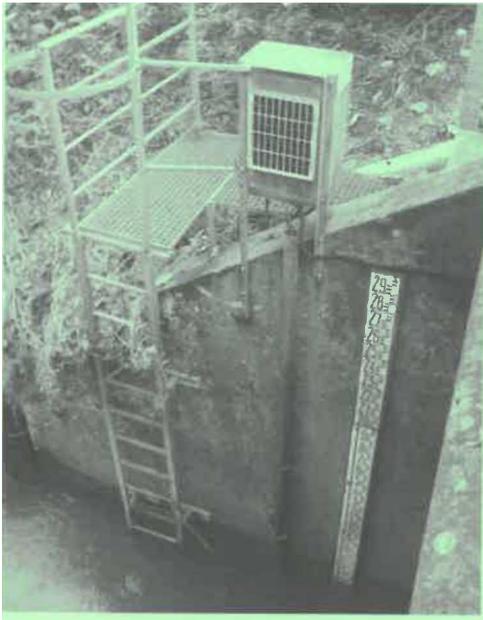


Fig. 2 : la station de collecte de Wirwignes

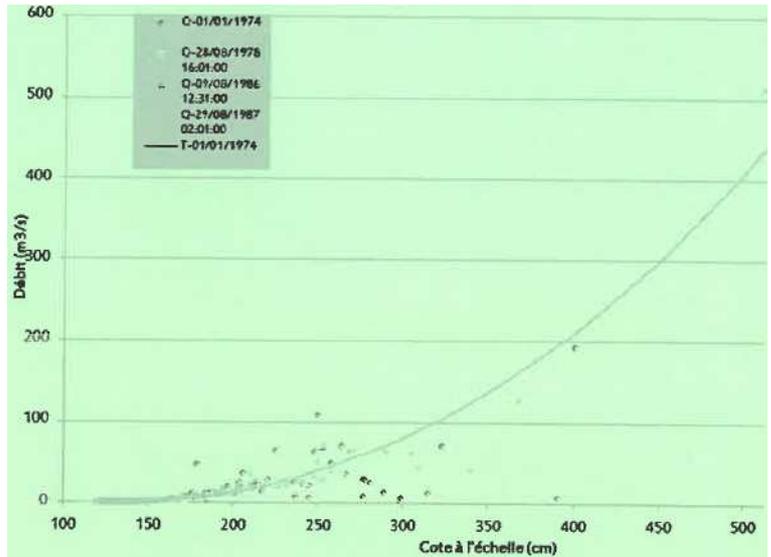


Fig. 3 : courbe de tarage d'une rivière (débit en fonction du niveau d'eau)

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).

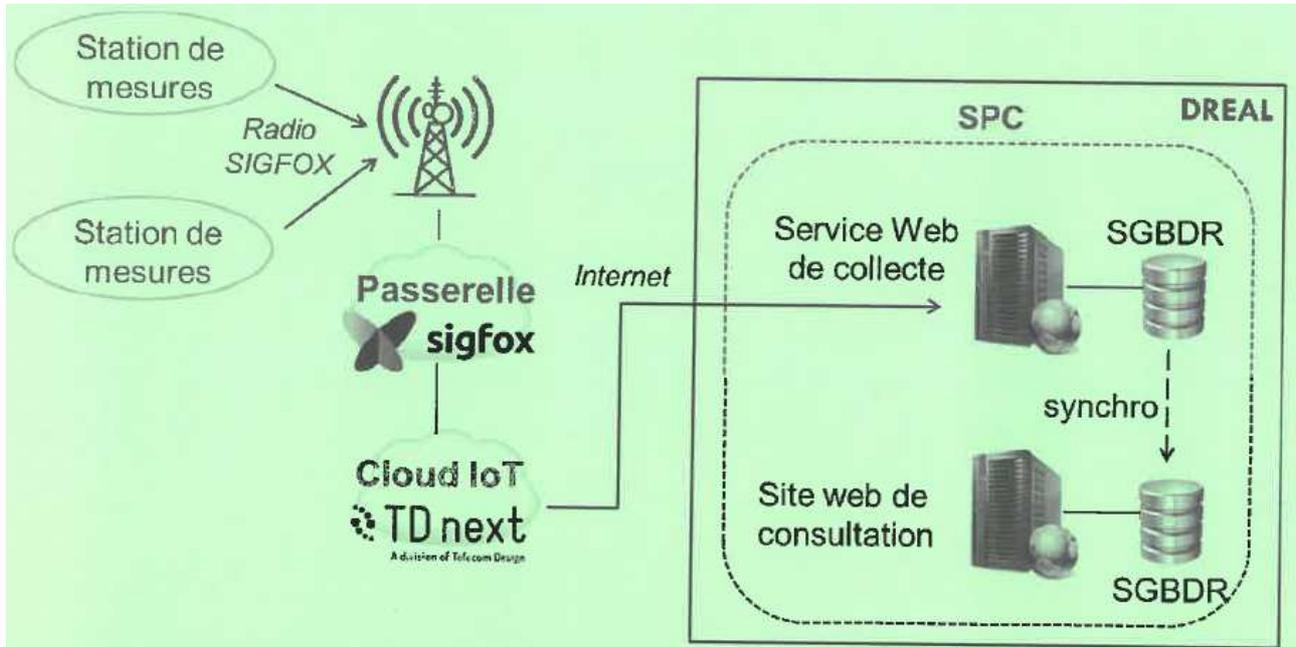


Fig.5: le nouveau système de collecte

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

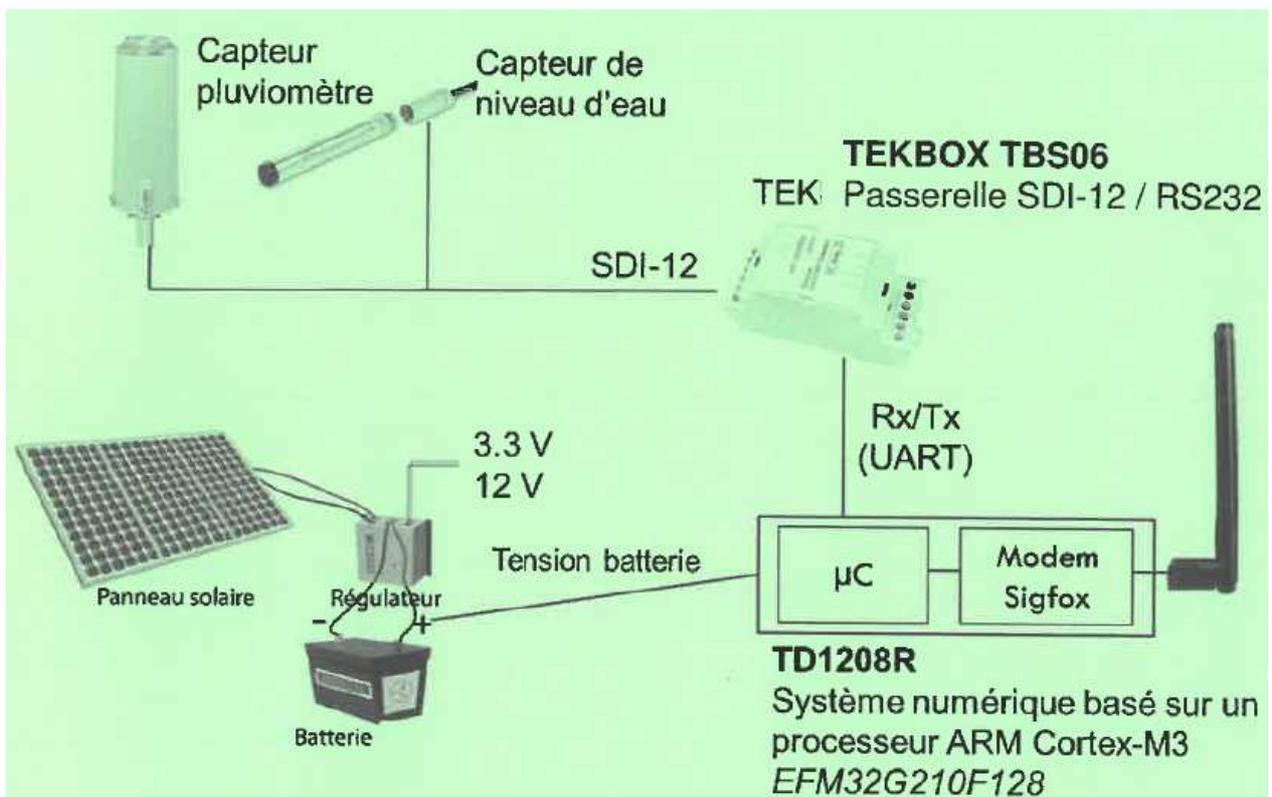


Fig.6 : le système numérique des stations de mesures

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.

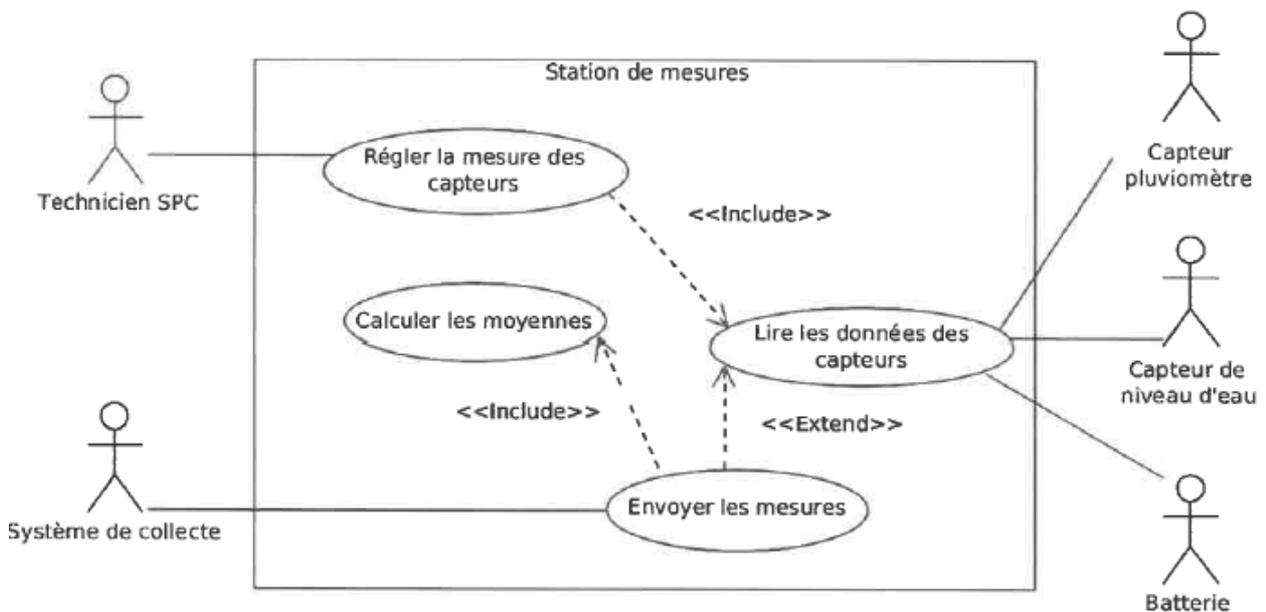


Fig. 1 : Diagramme des cas d'utilisation d'une station de mesures

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**.

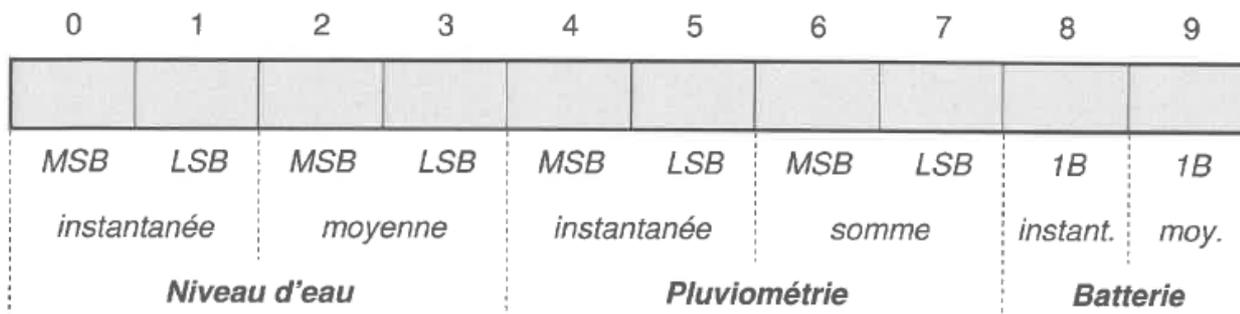
Q11. Ajouter la classe **C_Niveau** sur le document réponses de Q10.

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, OxOl, ...] , *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 ».

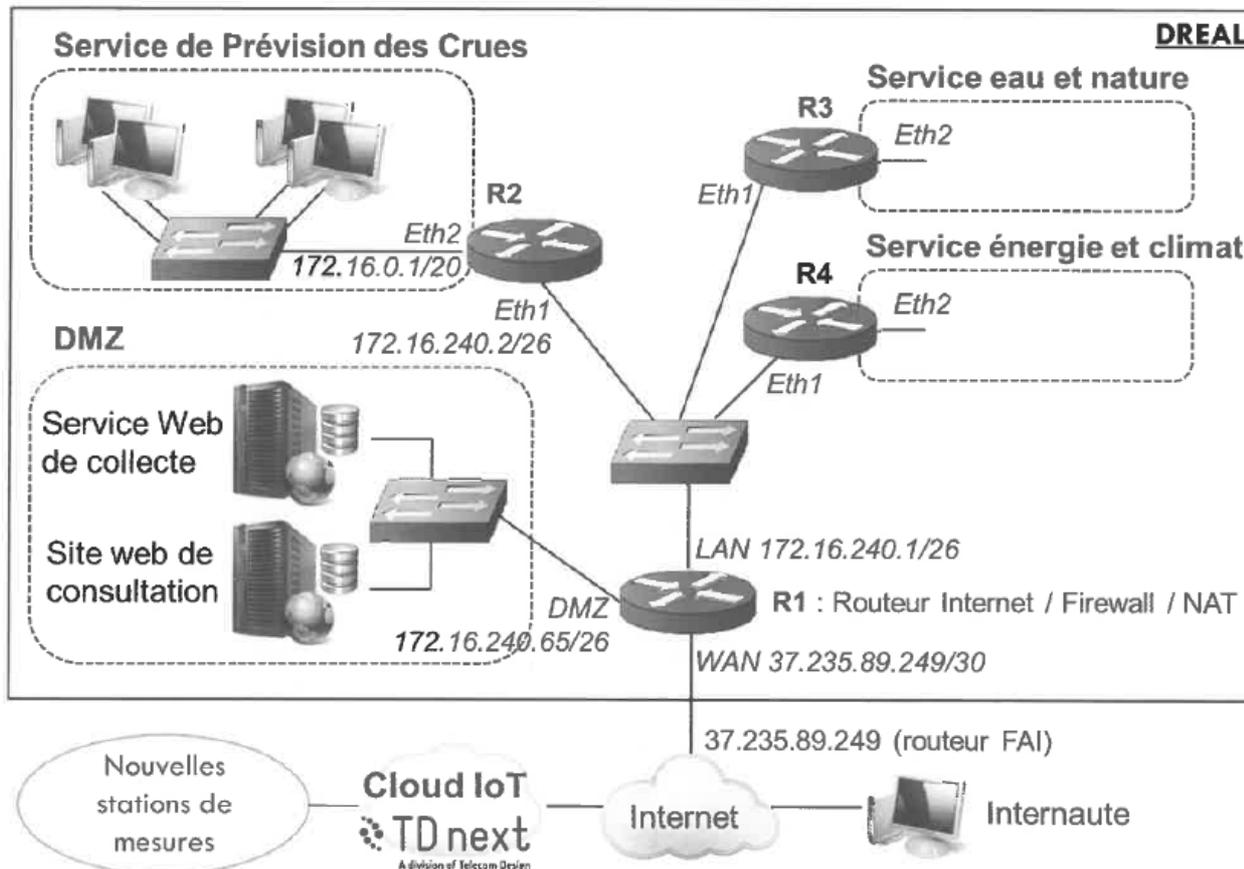
Q19. Préciser, à l'aide des documentations PP8 et PP9, le code SQL permettant de sélectionner toutes les moyennes de niveaux d'eau de la station qui s'appelle « Wimille » en commençant par la plus récente.

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).

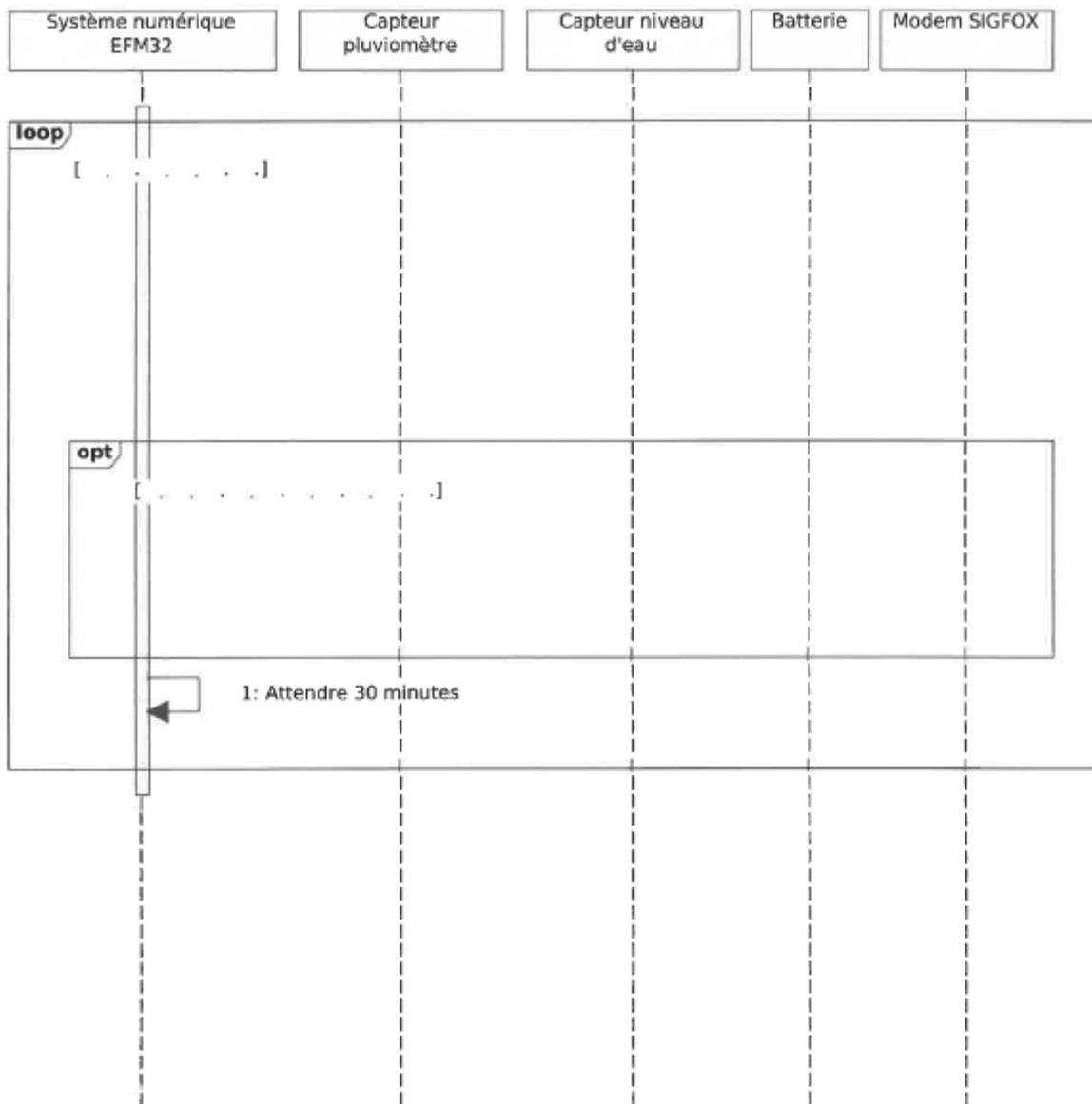
Q23. Justifier ce choix d'implantation.

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

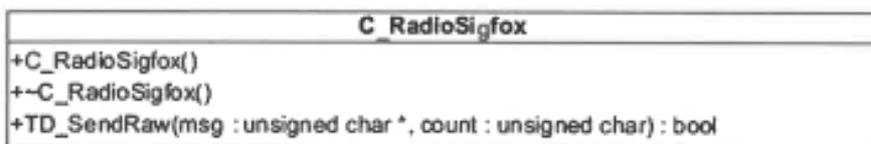
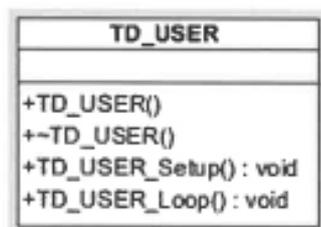
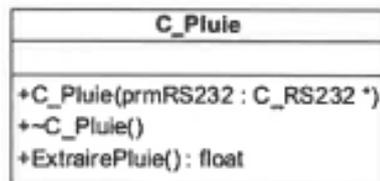
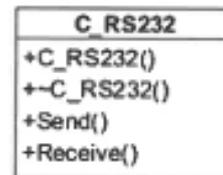
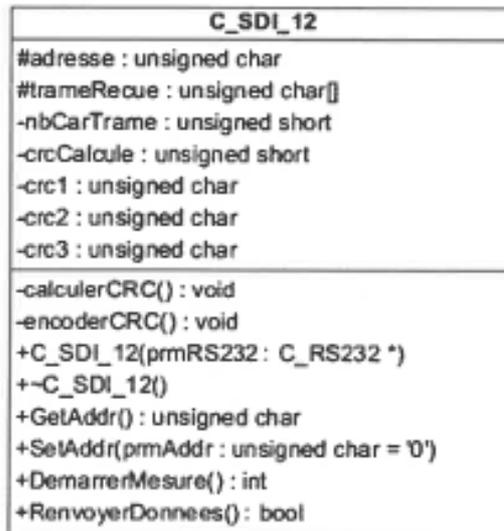
Q3. Compléter, sur le document réponses, à l'aide des documentations PP1 et PP2, le tableau avec les caractéristiques principales du protocole SDI-12.

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				

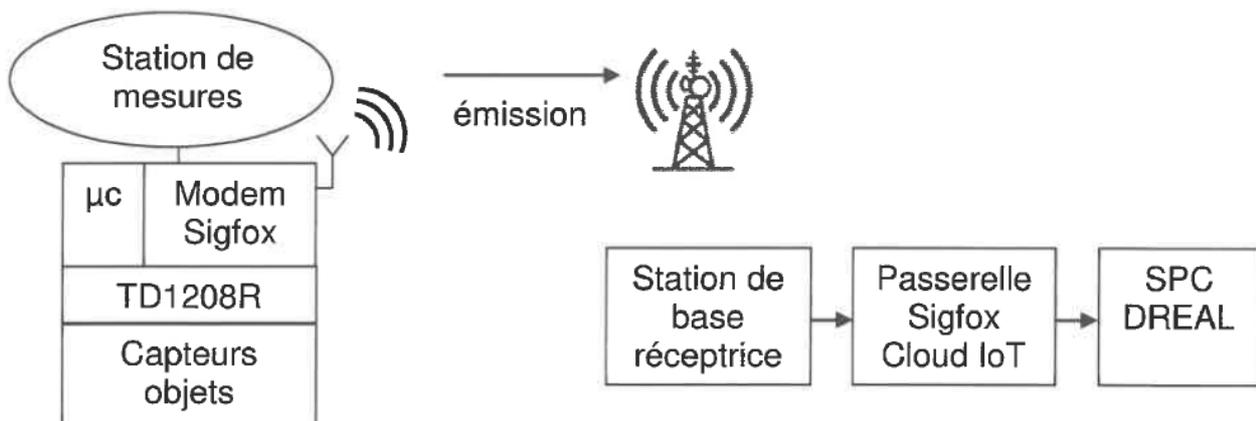
Session 2018	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DR-Pro7 sur 7
18SN4SNIR1	Domaine Professionnel – document réponses	

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

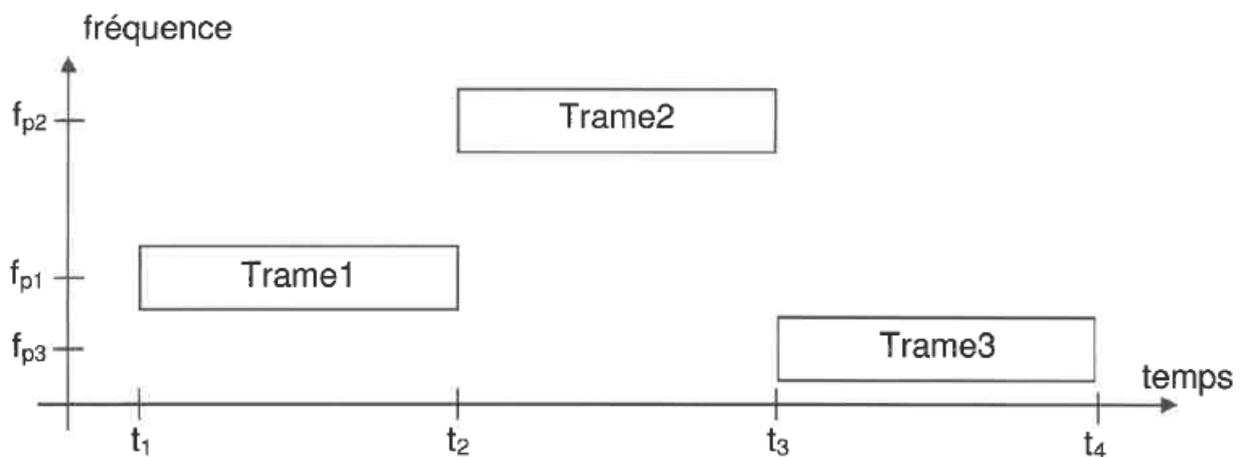


Figure 1. Structure du message envoyé

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.

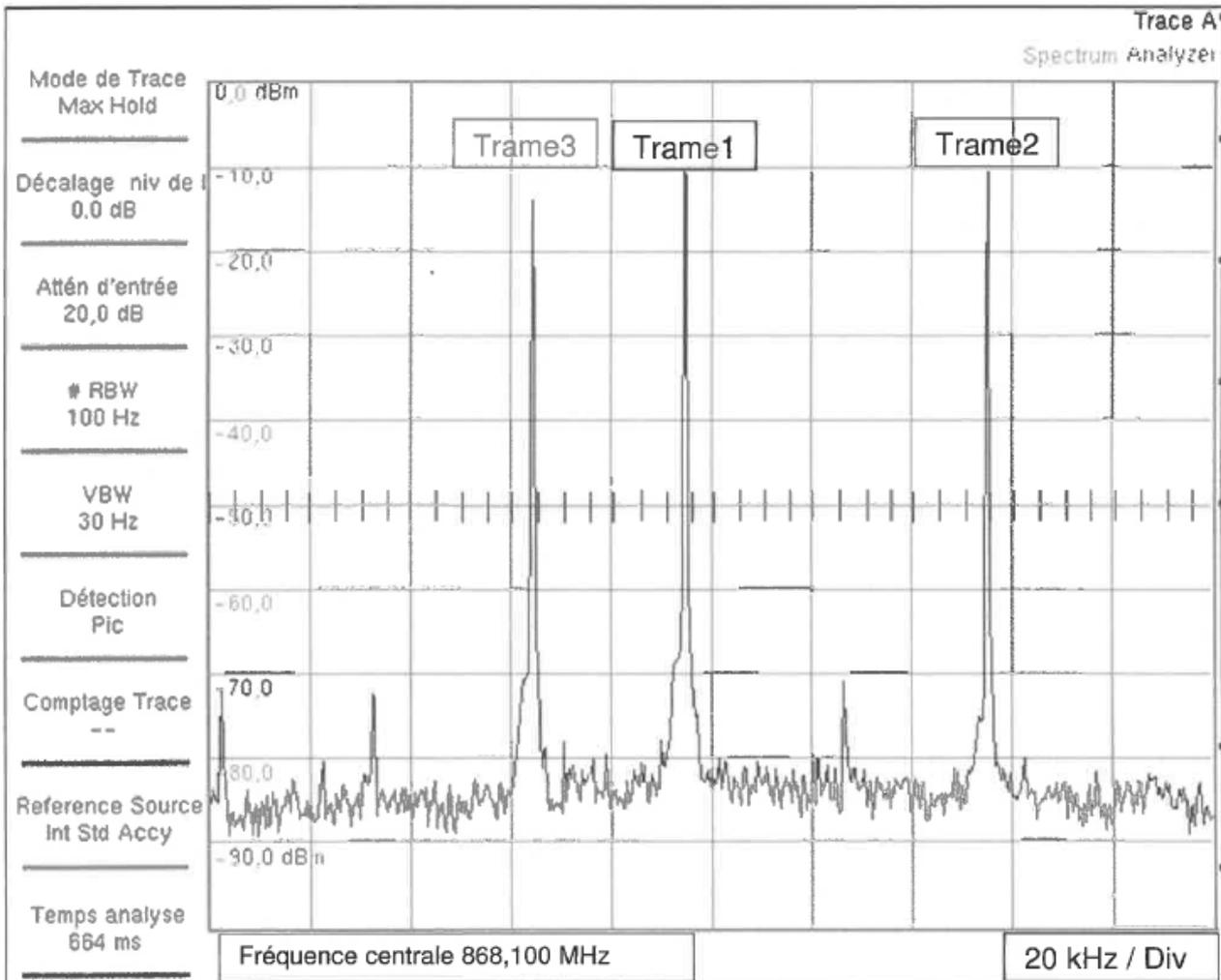


Figure 2 : DSP du message émis

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 $d_k = \llcorner 0 \lrcorner$ alors $\phi_k = \phi_{k-1} - \pi$
- Si $d_k = \llcorner 1 \lrcorner$ 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_b , est $N = 8\,680\,000$.

Q31. Calculer T_b 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.

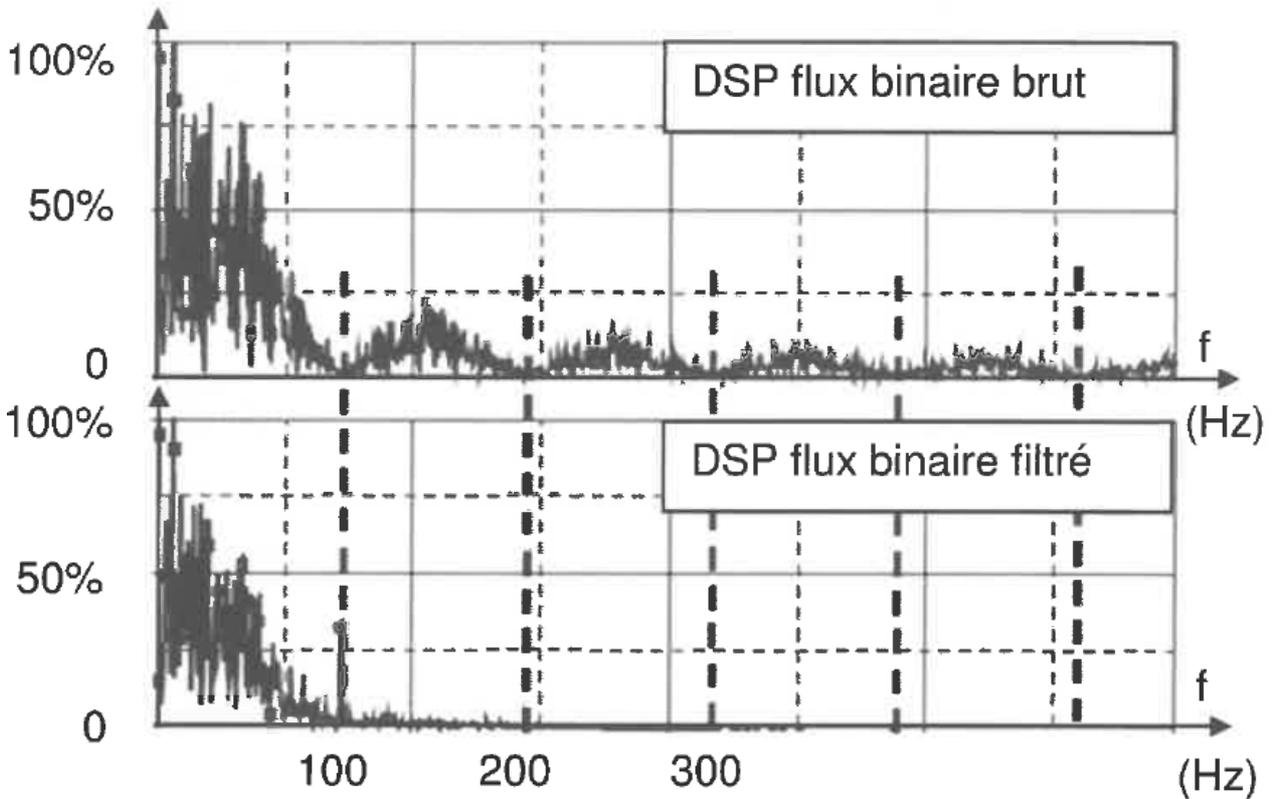


Figure 3 : DSP du flux binaire brut puis filtré

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 :

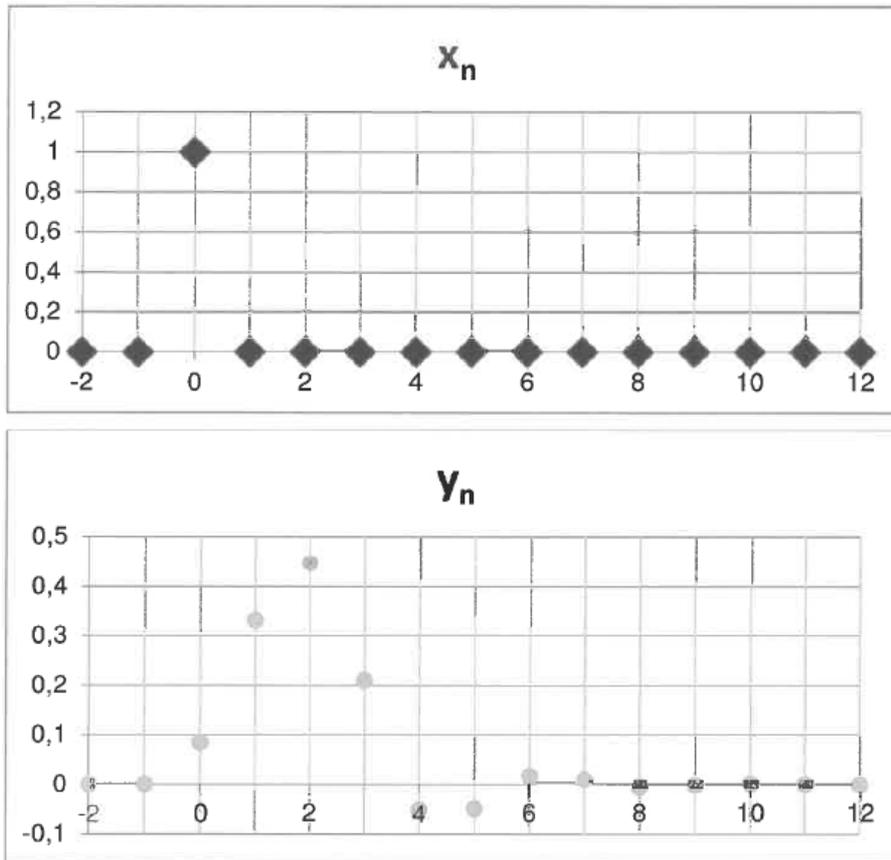
$$y_n = 0,085 \cdot x_n + 0,34 \cdot x_{n-1} + 0,51 \cdot x_{n-2} + 0,34 \cdot x_{n-3} + 0,085 \cdot x_{n-4} - 0,1 \cdot y_{n-1} - 0,255 \cdot y_{n-2} + 1,76 \cdot 10^{-3} \cdot y_{n-3} - 5,09 \cdot 10^{-3} \cdot y_{n-4}$$

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.

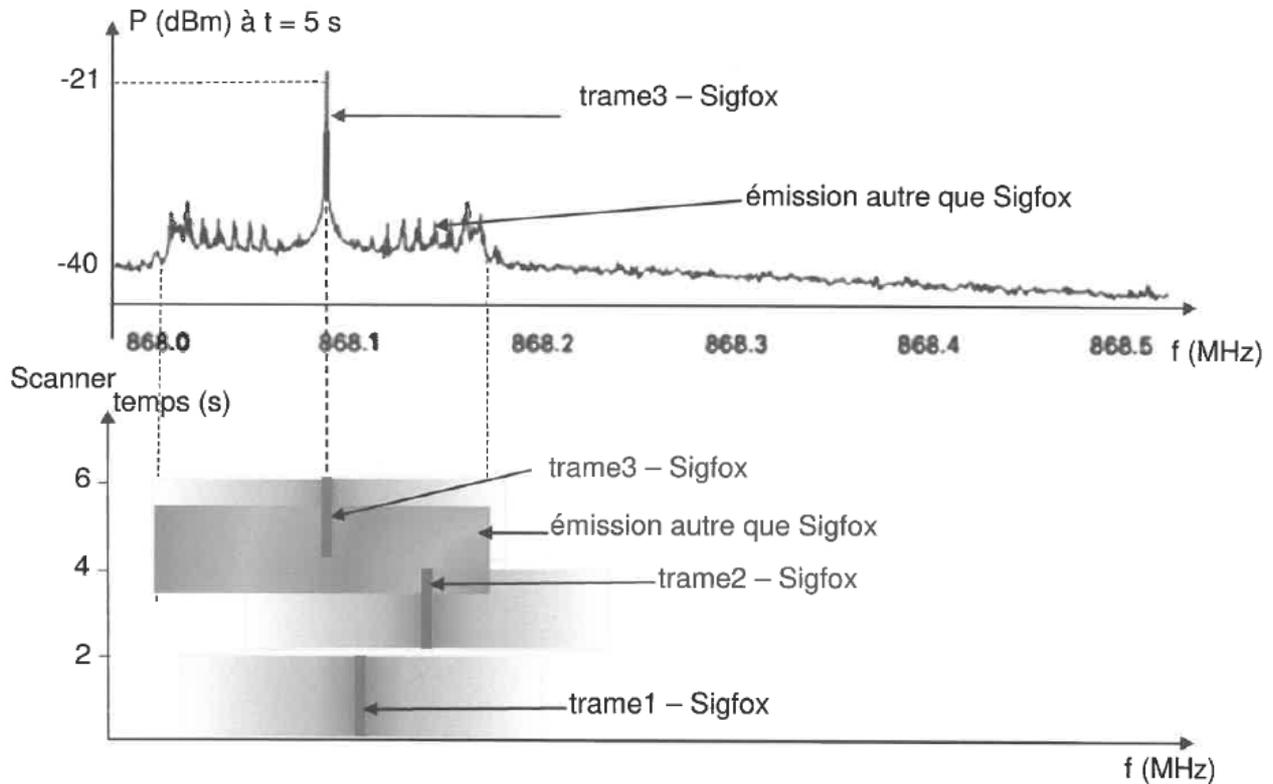


Figure 5 : Spectre en puissance

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, $G_{ant.R}$, vaut 3 dBi. La puissance d'émission P_{rx} en sortie du module TD1208R est réglée à 25 mW. Rappel : puissance exprimée en dBm :

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

Le gain de l'antenne émettrice, noté $G_{ant.E}$, 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 $P_{R.ant}$

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

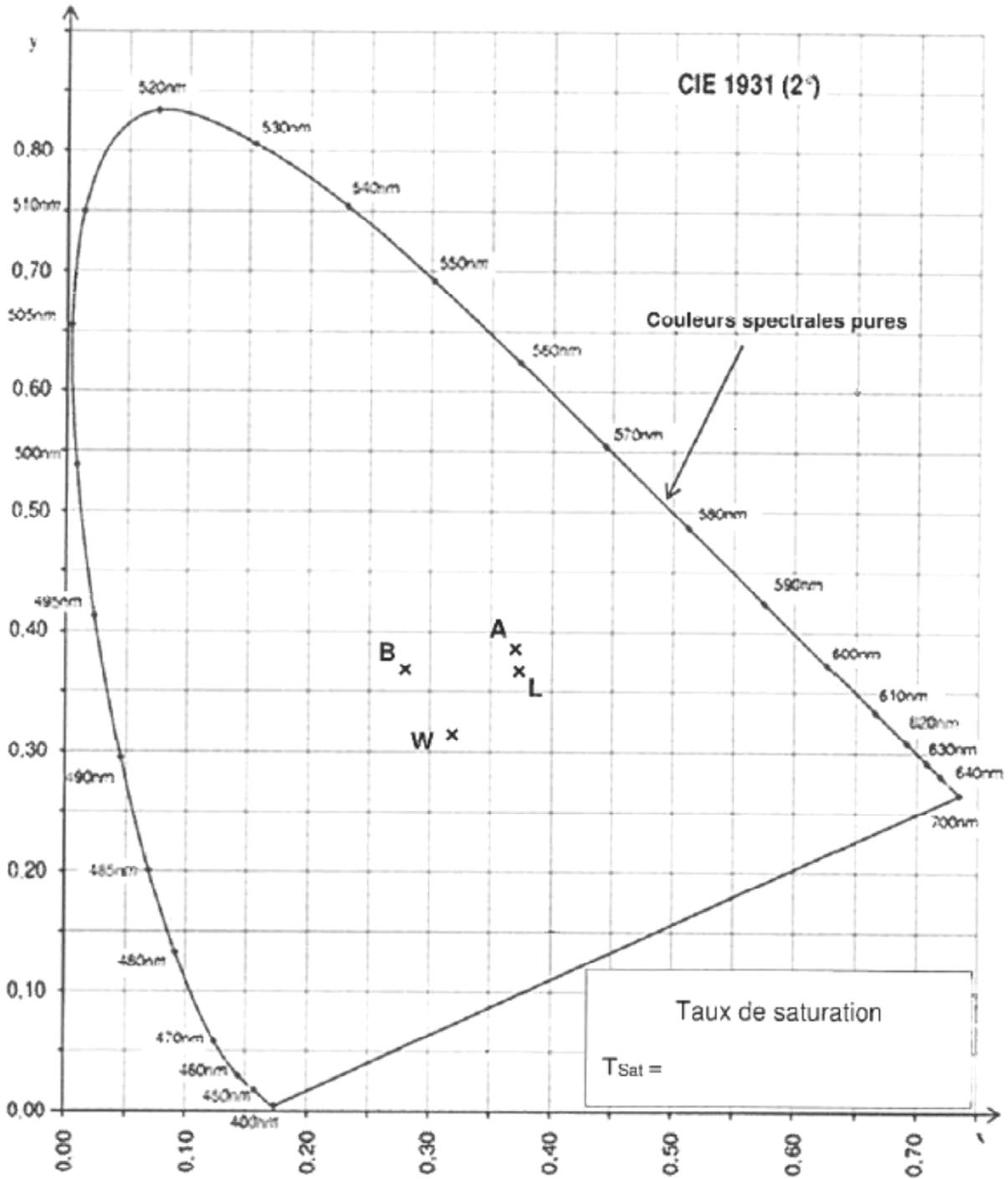
Source : <http://www.domotique-info.fr/2014/02/sigfox-technologie-de-rupture-pour-le-marche-du-m2m/>

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	

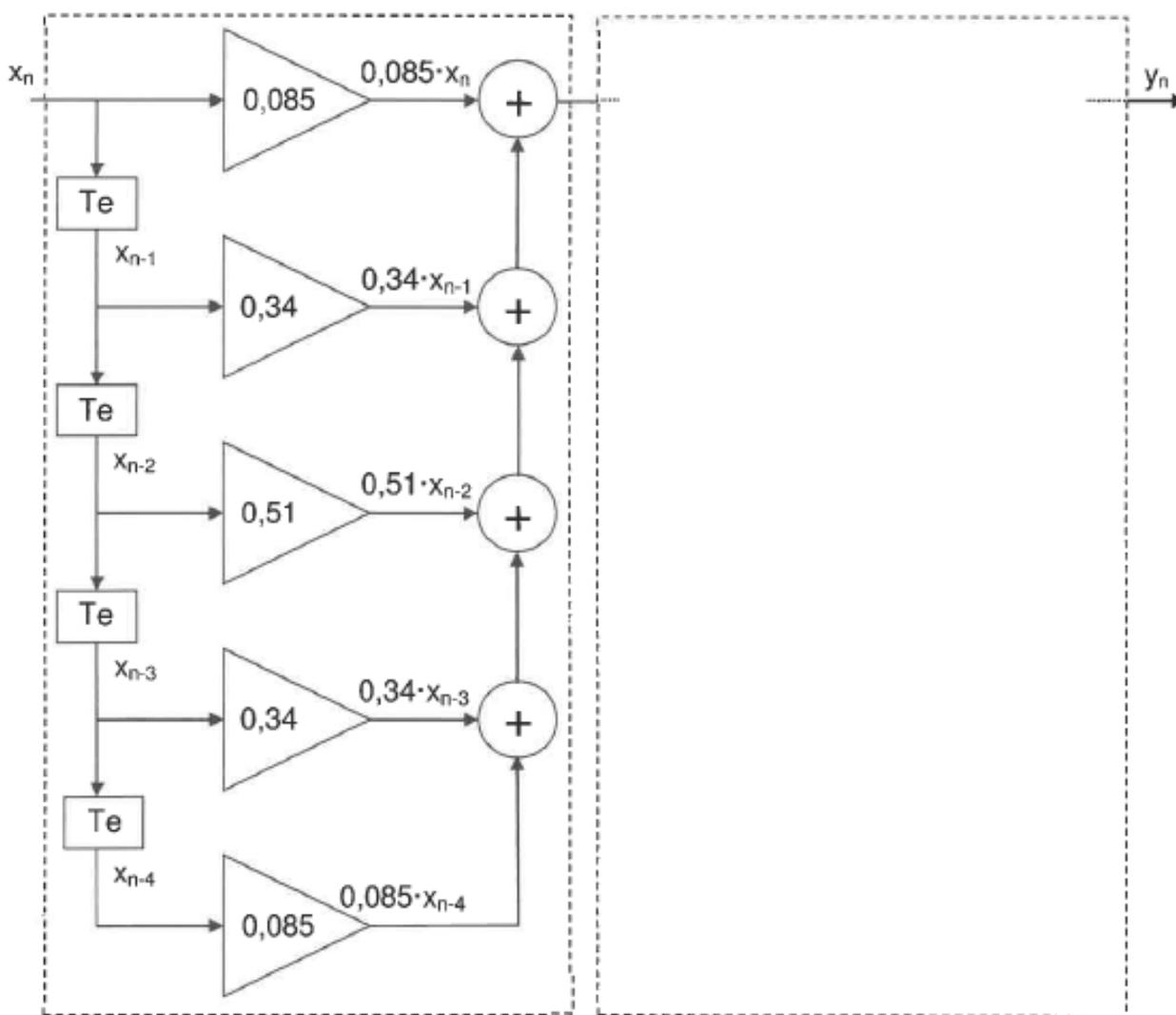
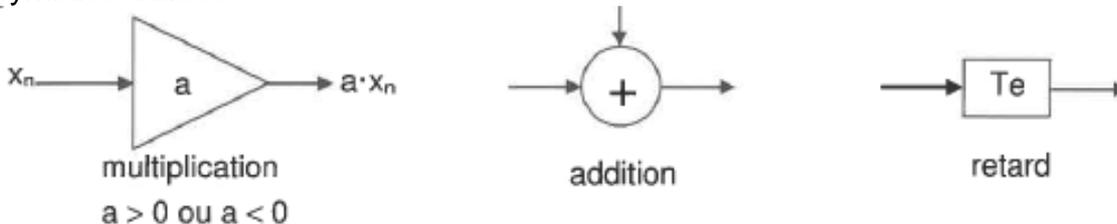
Document réponses à la question Q3

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

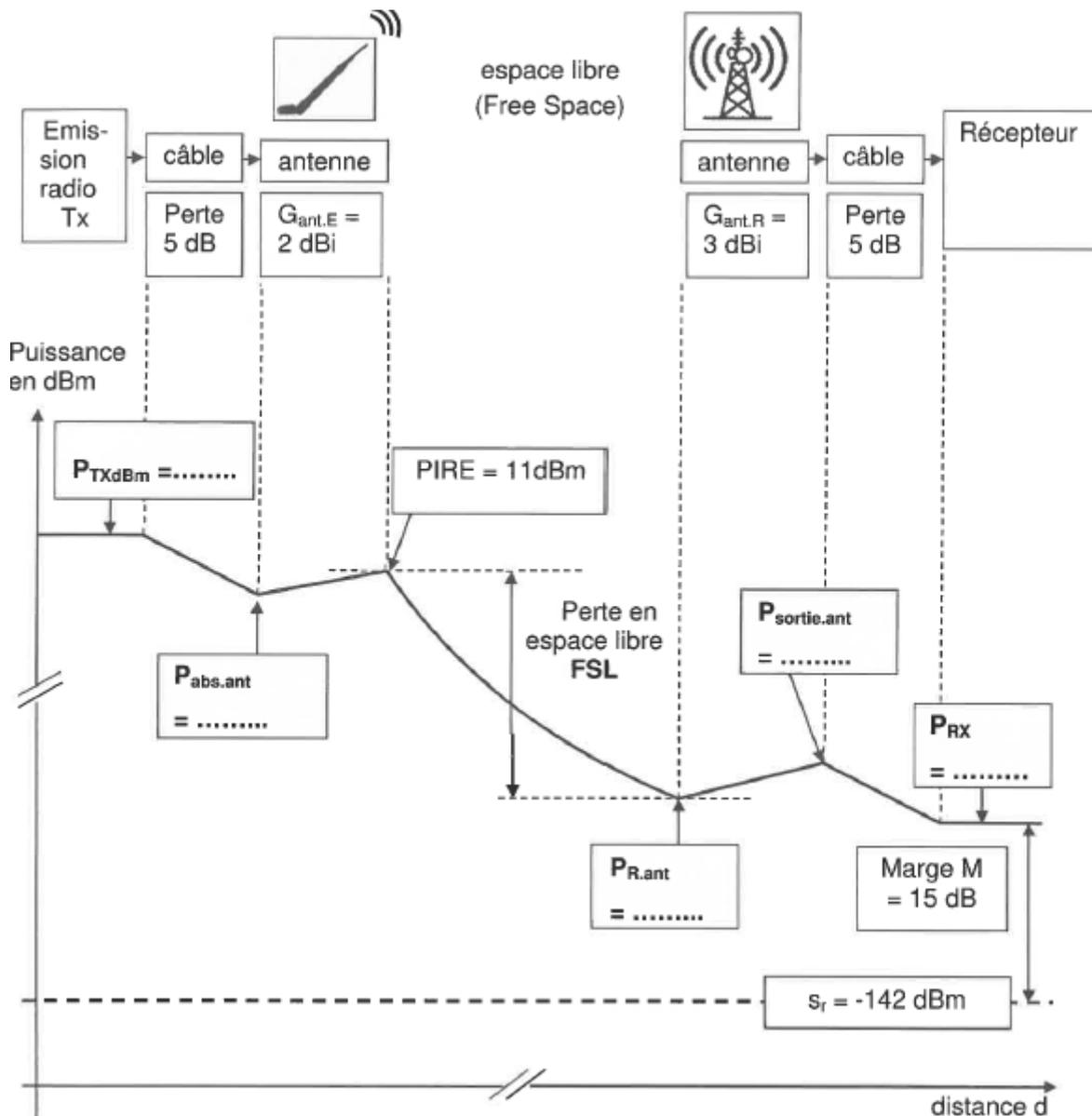
Symbiles utilisés



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

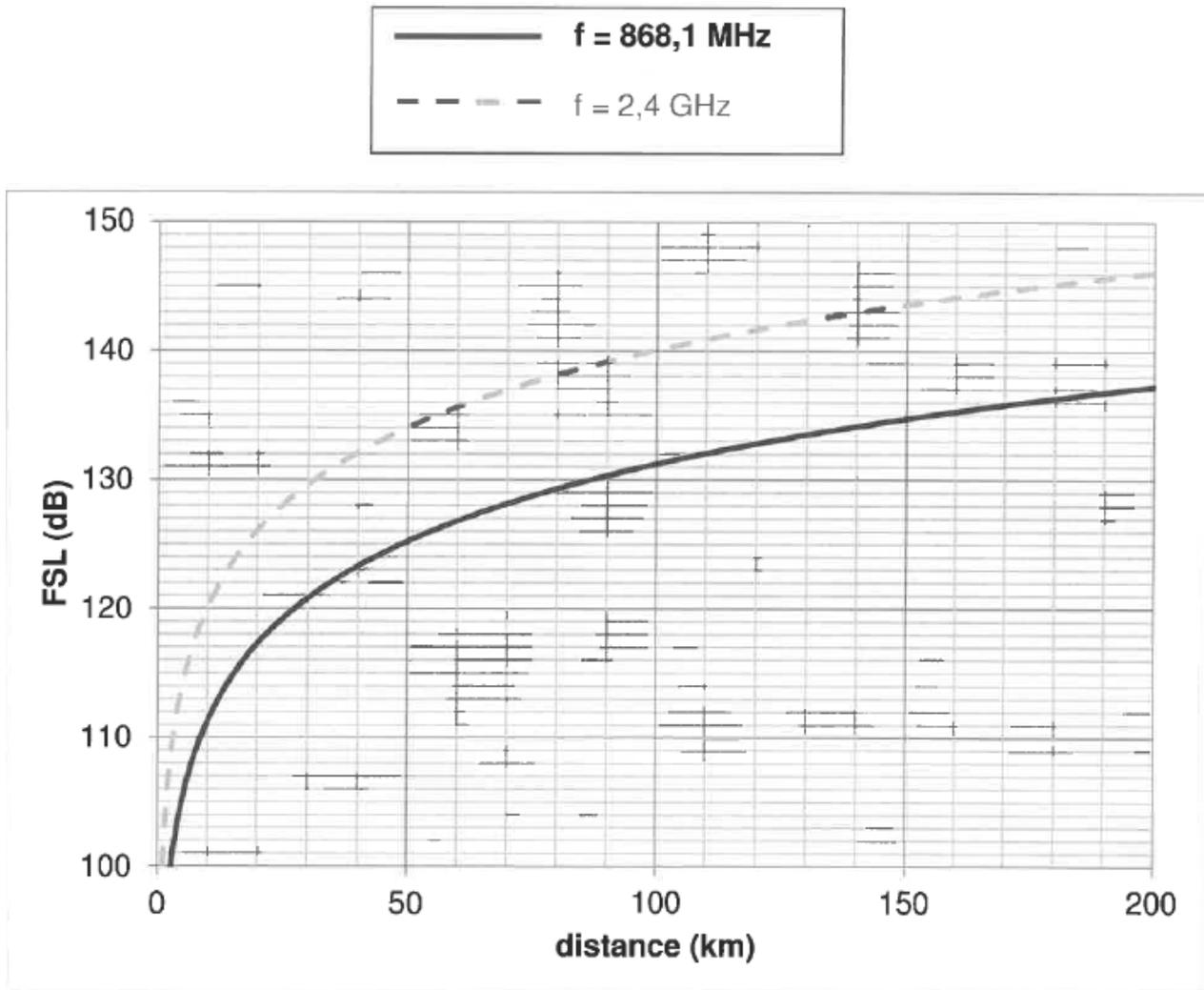
Document réponses à la question Q40

Bilan de liaison en espace libre



P_{TXdBm} : 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	