

SUJET

Option A Informatique et Réseaux

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

Partie A. ARCHITECTURE DU SYSTÈME

Problématique : vérifier à travers les exigences et l'organisation du système que les choix technologiques permettent de véhiculer les informations du capteur jusqu'au serveur applicatif.

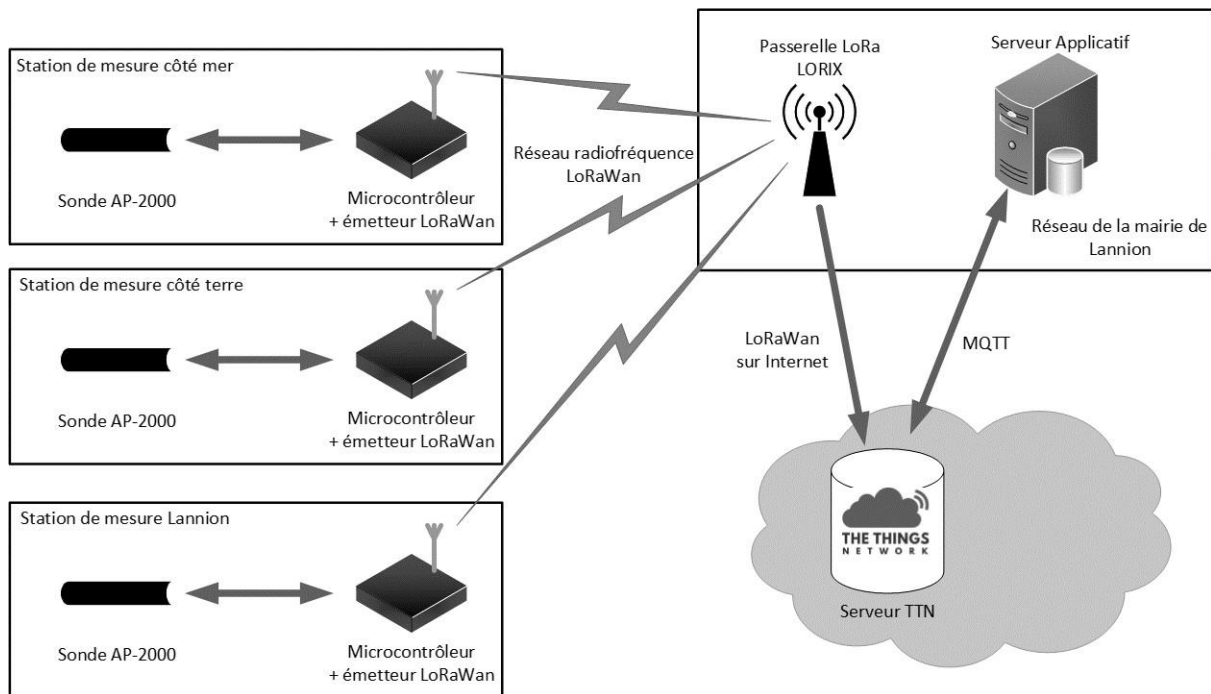


Figure 1 – synoptique du système

Le synoptique ci-dessus (Figure 1) montre l'architecture générale du système de mesure.

La sonde multi-mesures **AP-2000** est connectée à un microcontrôleur. Cet équipement est capable d'envoyer des données vers une passerelle LoRa LORIX par ondes radio. Cette passerelle est connectée à internet et elle transfère ces données vers les serveurs de «TTN : The Things Network ». Le serveur applicatif récupère ces données via internet en utilisant le protocole MQTT et une application les stocke dans une base de données.

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro1 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Ce système s'appuie sur la technologie LoRaWan dont l'architecture est présentée en PP1.

Q1. Compléter le tableau en faisant correspondre les éléments du système réel avec les éléments de l'architecture LoRaWan par une croix.

	End node	Gateway	Network Server	Application Server
Microcontrôleur + émetteur LoRaWan	☒	☐	☐	☐
Passerelle LoRa	☐	☒	☐	☐
Serveur TTN	☐	☐	☒	☐
Serveur Applicatif	☐	☐	☐	☒

Q2. Expliquer en quoi les technologies Bluetooth et Wifi ne sont pas adaptées pour permettre aux stations de mesure de transmettre leurs informations.

Les technologie Wifi & Bluetooth ne sont pas adaptées car la portée est trop faible (stations situées à plus de 50 m).

Le système de collecte peut être représenté par le diagramme de blocs ci-dessous.

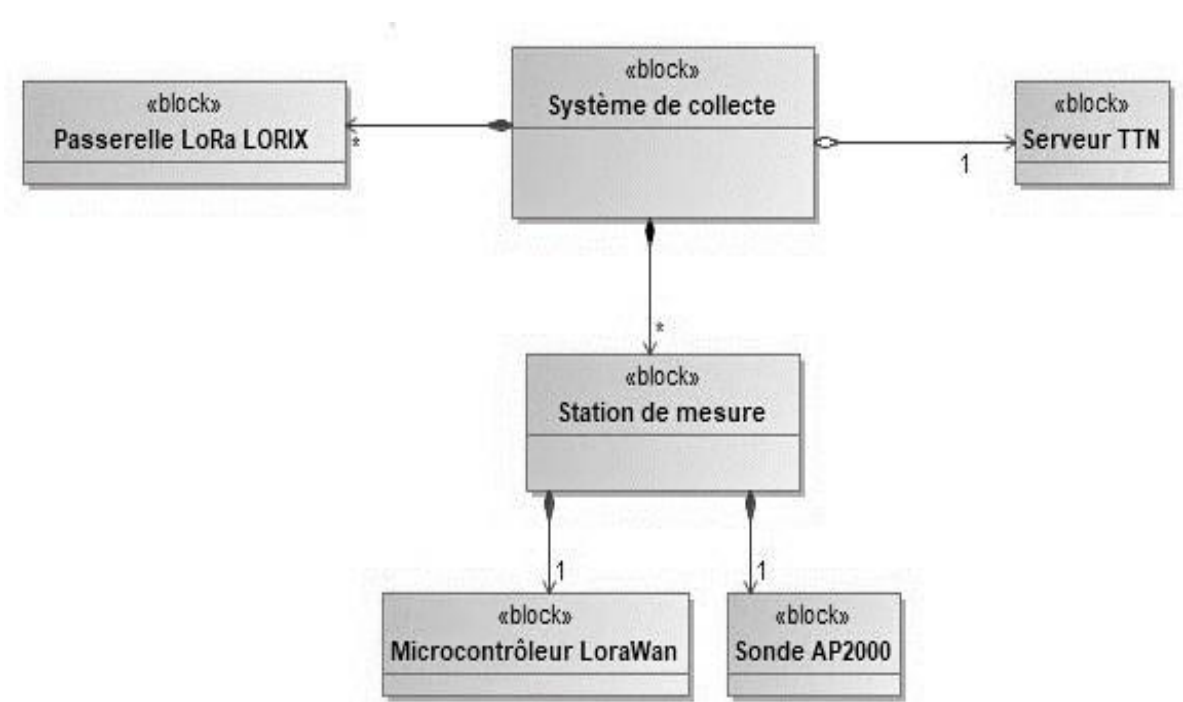
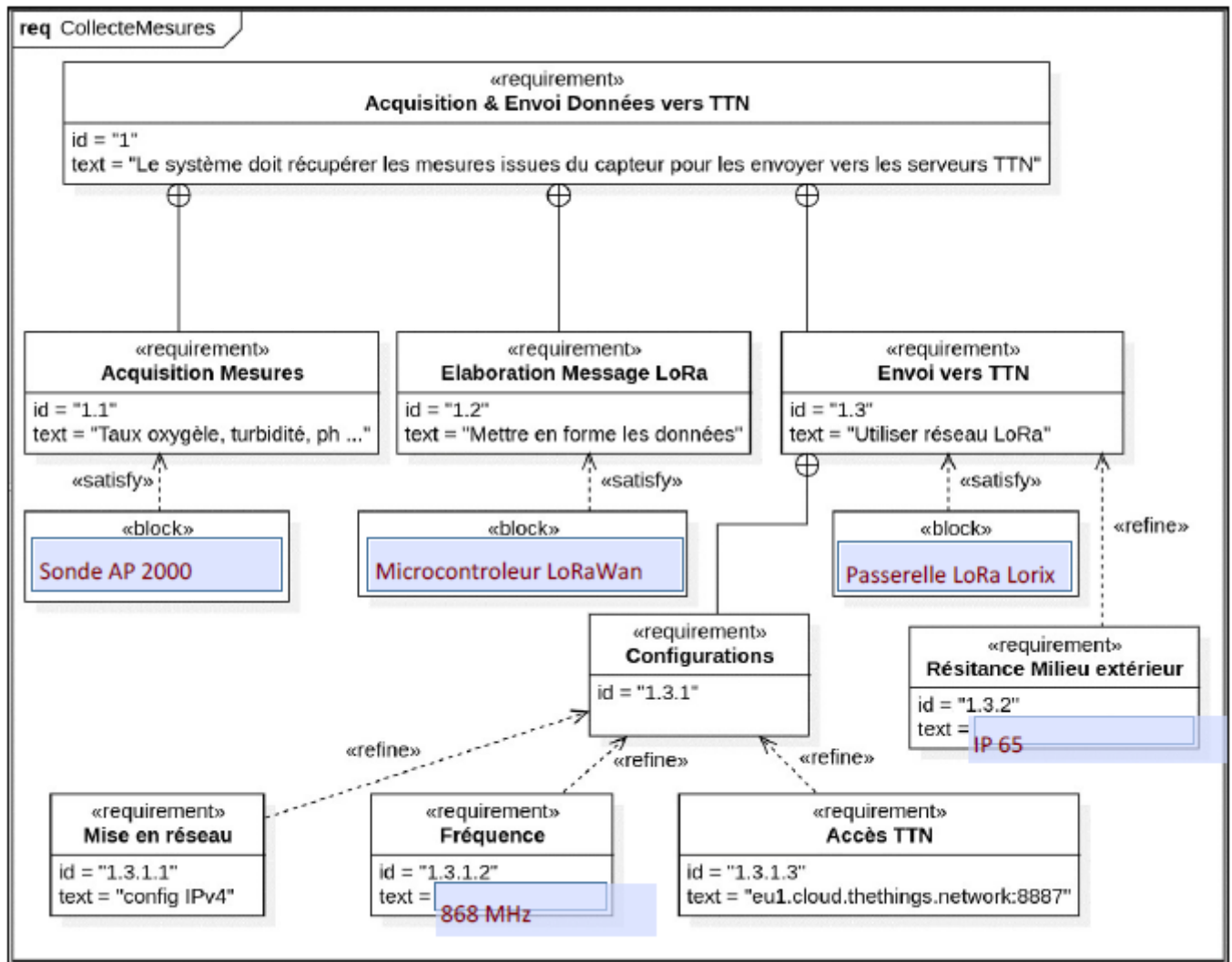


Figure 2: Diagramme de blocs du système de collecte

Q3. Sur le diagramme d'exigences, **placer** les blocs manquants «Microcontrôleur LoRaWan», « Sonde AP2000 » et « Passerelle LoRa LORIX ».



La passerelle LoRa LORIX existe en deux versions de fréquence.

Q4. En vous aidant de la présentation du système et de la documentation PP2, **préciser** et **justifier** la fréquence à utiliser par la passerelle LoRa LORIX.

On choisira la version européenne : fréquence 868 MHz.

(à reporter dans le diagramme d'exigences)

La passerelle LoRa LORIX existe en deux versions d'indice de protection.

Q5. En vous aidant de la présentation du système et de la documentation PP2, **préciser** l'indice de protection nécessaire pour la passerelle LORIX.

Le système évolue dans le milieu extérieur dont on choisira un indice de protection IP 65.

(à reporter dans le diagramme d'exigences)

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q6. En vous aidant de la documentation PP3, **indiquer** à quoi correspond cet indice de protection.

Le premier chiffre : 6 --> totalement protégé par les poussières.

Le deuxième chiffre : 5 --> Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance.

Q7. Sur le diagramme d'exigences du document réponse, **compléter** le texte des exigences d'id 1.3.2 et 1.3.1.2.

Partie B. Acquisition des mesures

Problématique : vérifier que les données issues de la sonde AP-2000 sont correctement récupérées par le microcontrôleur.

La sonde AP-2000 communique avec le microcontrôleur à l'aide du protocole de liaison SDI-12, détaillé en PP4. Le dialogue entre le microcontrôleur et la sonde utilise les commandes de la documentation PP5.

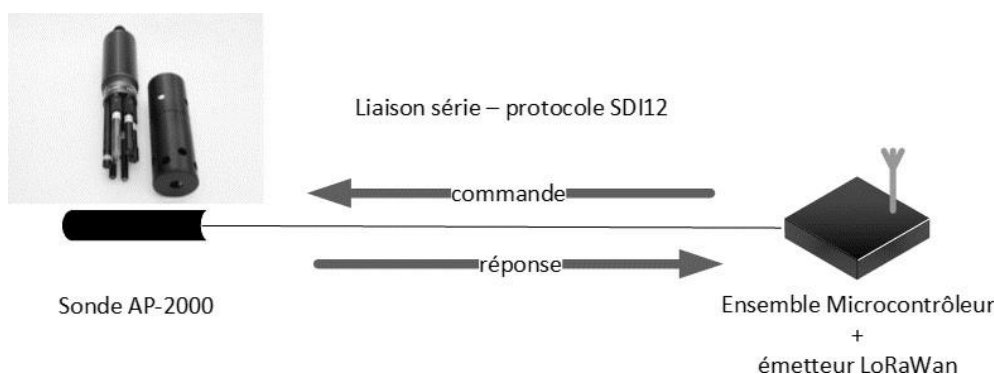


Figure 3: communication SDI12

La sonde est utilisée avec la configuration usine, son adresse est donc égale à 0.

Les différentes mesures effectuées par la sonde ne peuvent pas être récupérées par une seule commande. Elles doivent être récupérées au moyen de deux séquences de mesures.

Q8. A l'aide de la documentation PP5, **donner** les commandes sous la forme de 3 chaînes de caractères qui permettent au capteur de :

- lancer la mesure en mode concurrent sans CRC ;
- envoyer la séquence de mesures 0 sans CRC ;
- envoyer la séquence de mesures 1 sans CRC.

Lancer la mesure en mode concurrent sans CRC : **0C !** 0 : car la sonde est en config d'usine

Récupérer la séquence de mesures 0 sans CRC : **0D0 !** D0 : pour la séquence 0 et D1 pour la séquence 1

Récupérer la séquence de mesures 1 sans CRC : **0D1 !** ! : pour terminer la séquence.

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro4 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Suite à l'envoi des 3 commandes précédentes, on récupère les trames de réponse suivantes (caractères <CR> et <LF> exclus) :

Commande	Réponse
Lancement de mesure	000216
Envoi de la séquence de mesures 0	0+1018+10.78+07.506+171.8+29769+29274+32365+0000.34 +20.18+21037+13.3
Envoi de la séquence de mesures 1	0+6.891+95.3+1.223+08.72+0.00

Remarque : la turbidité est stockée dans le paramètre <aux1>

Q9. A partir des trames réponses précédentes et à l'aide de la documentation PP5, extraire et **donner** les informations suivantes en précisant l'unité de chaque mesure :

- temps à partir duquel la mesure est disponible
- nombre de mesures fournies
- température
- pourcentage saturation oxygène (do-sat)
- salinité
- pH
- turbidité

Le premier 0 représente l'adresse de la sonde.

- temps à partir duquel la mesure est disponible : 002 --> 2 secondes

- Nbre de mesures fournies : 16

(1ère valeur : pression = 1018 --> non demandé dans le sujet)

- Température : 10.78 °C

- Pourcentage de saturation en oxygène : 95.3 %

- Salinité : 20.18 PSU

- Ph : 7.506

- Turbidité (paramètre aux1) : 1.223 NTU

Le diagramme des classes partiel du programme exécuté par le Microcontrôleur LoRaWan est donné Figure 4 :

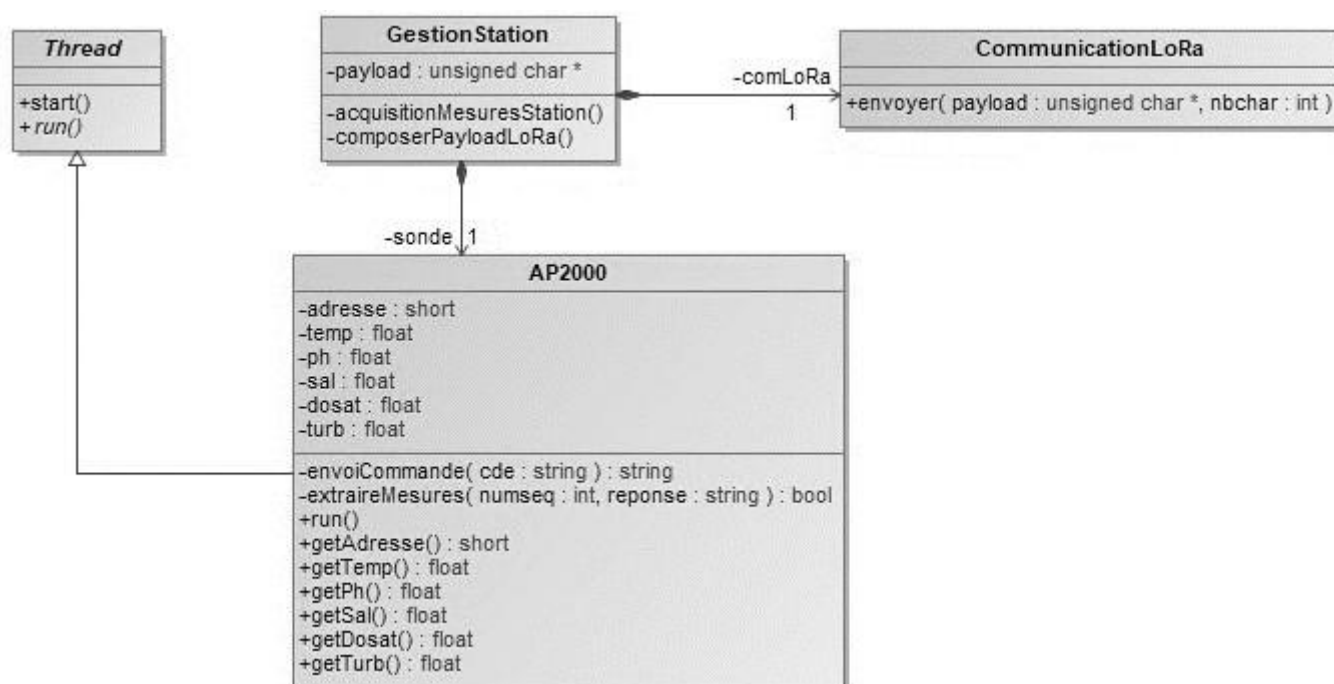


Figure 4: diagramme des classes partiel

Q10. Compléter le fichier d'en-tête GestionStation.h fourni dans le document réponse afin d'implémenter, en utilisant des pointeurs, les liaisons entre les classes **GestionStation**, **AP2000** et **CommunicationLoRa**.

Class GestionStation

```
{
    private :
        unsigned char * payload ;
        void acquisitionMesuresStation() ;
        void composerPayloadLoRa() ;
        AP2000 *sonde ;
        CommunicationLoRa * comLoRa ;

    public :

}
```

Description des méthodes de la classe **AP2000** :

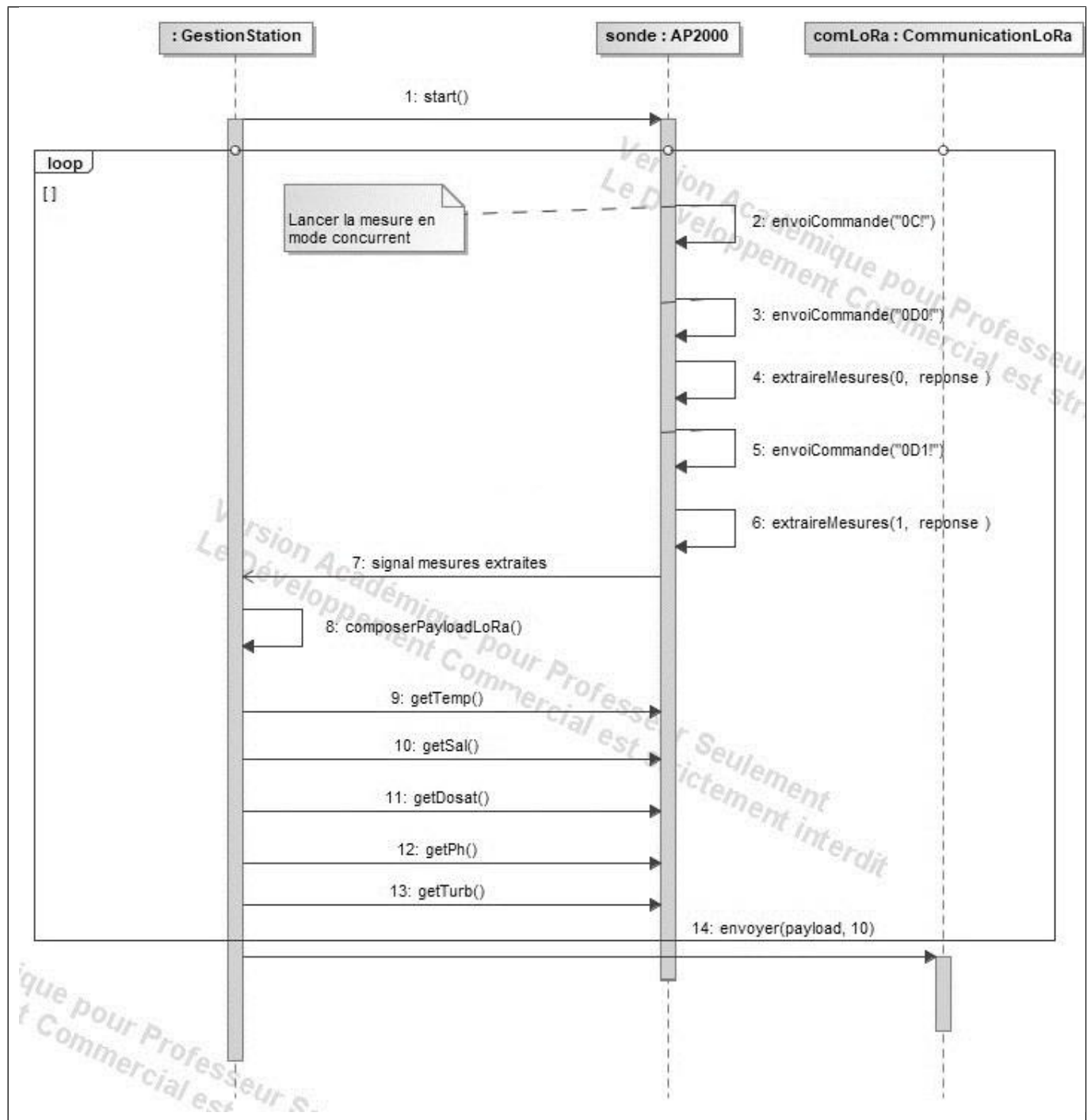
- La méthode privée **string AP2000::envoiCommande(string cde)** permet de transmettre une commande à la sonde AP2000 sous forme de chaîne de caractères de type string. Elle retourne la réponse à cette commande sous la forme d'une chaîne de type string.
- La méthode privée **bool AP2000::extraireMesures(int numsec, string reponse)** permet d'extraire les valeurs mesurées à partir d'un numéro de séquence de mesure et de la réponse à une commande de type string, puis d'affecter en conséquence les attributs temp, ph, sal, dosat et turb (selon la séquence demandée).
- Les mesures sont stockées dans des attributs privés (temp, etc...), et accessibles via des accesseurs (getTemp(), etc...).
- La méthode **start()** de la classe **AP2000** déclenche l'exécution d'une boucle infinie dans laquelle elle demande à la sonde **AP2000** d'effectuer une série de mesures. Pour cela, elle envoie une série de commandes ASCII à la sonde AP2000, et elle analyse les réponses retournées par celle-ci.

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro6 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Le corps de la boucle se déroule de la façon suivante :

- envoi d'une commande de départ de mesures en mode concurrent ;
- envoi d'une commande de récupération de la séquence de mesures 0 ;
- extraction des mesures de la séquence 0 ;
- envoi d'une commande de récupération de la séquence de mesures 1 ;
- extraction des mesures de la séquence 1 ;
- envoi d'un événement (signal mesures extraites) signalant à la classe principale la fin de l'acquisition des mesures.

Q11. Compléter le diagramme de séquence sur le document réponse en ajoutant les appels de méthodes manquants.



SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro7 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q12. Coder l'implémentation de l'accessor `getTemp()` de la classe `AP2000` en langage C++.

```
float AP2000::getTemp()
{
    return temp ;
}
```

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro8 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie C. Élaboration et envoi du message LoRaWan

Problématique : structurer les données envoyées sur LoraWan et vers le serveur TTN

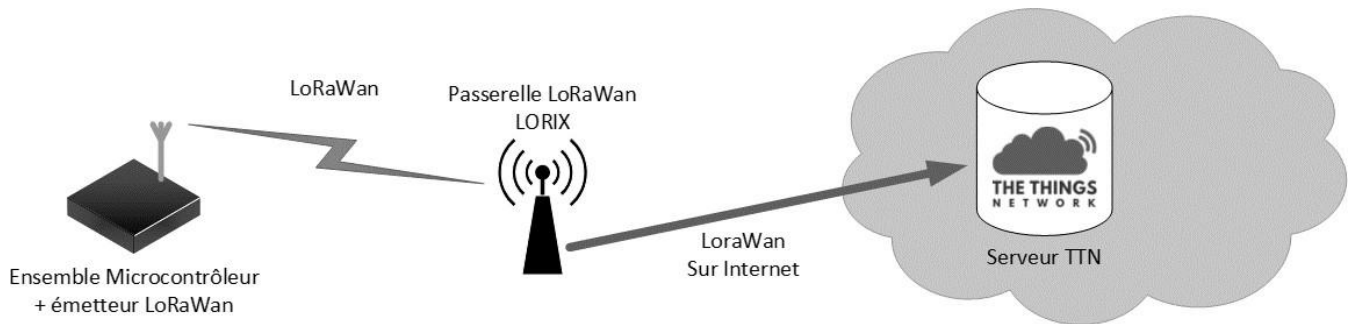


Figure 5: transmissions LoRaWan

Les cinq mesures à envoyer au serveur TTN, issues du capteur **AP-2000**, sont la température, le pourcentage d'oxygène dissous, la salinité, le pH et la turbidité. Pour être transmises, ces mesures sont stockées dans un tableau d'octets **payload**.

Afin de structurer les données à envoyer vers le serveur TTN, on s'interroge sur le format de stockage des mesures.

Une première solution consiste à représenter en ASCII les valeurs mesurées et exprimées en nombres décimaux à virgule. Par exemple, pour une température de 10.24°C, on stocke les caractères ASCII '1', '0', '.', '2' et '4'.

Une deuxième solution est de multiplier la mesure par 100 et de conserver la valeur entière. Cette valeur entière est ensuite codée sous forme d'un entier 16 bits. Par exemple, pour une température de 10.24°C, la valeur entière obtenue est 1024. Cette valeur codée en entier 16 bits se représente en binaire 0000 0100 0000 0000 ou en hexadécimal 0400.

Q13. En vous aidant de la documentation PP6, **compléter** les tableaux pour une mesure de saturation d'oxygène de 95.3%.

Solution 1 : **1 point**

	9	5	.	3	0
Code Ascii en hexa	39	35	2E	33	30

Nombre d'octets nécessaire au codage de la valeur : **5 octets**

Solution 2 : **1 point**

	décimal	hexa
Mesure de la saturation d'oxygène 95.3 x 100	9530	253A

Nombre d'octets nécessaire au codage de la valeur : **2 octets**

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro9 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

La deuxième solution est retenue car elle utilise moins d'octets de payload. Le format de la payload est le suivant :

payload[0]	Octet poids fort température
payload[1]	Octet poids faible température
payload[2]	Octet poids fort oxygène
payload[3]	Octet poids faible oxygène
payload[4]	Octet poids fort salinité
payload[5]	Octet poids faible salinité
payload[6]	Octet poids fort pH
payload[7]	Octet poids faible pH
payload[8]	Octet poids fort turbidité
payload[9]	Octet poids faible turbidité

Le tableau suivant représente une payload envoyée à TTN (valeurs codées en hexadécimal) :

payload[0]	04
payload[1]	CE
payload[2]	25
payload[3]	08
payload[4]	07
payload[5]	F3
payload[6]	02
payload[7]	DC
payload[8]	00
payload[9]	76

Q14. A partir du tableau précédent, **donner** les valeurs en nombre décimaux à virgule de la température (en °C) et de la turbidité (en NTU).

1 point Température = payload 0 et 1 04 CE --> 1230 en décimal --> division par 100 : 12.3 °C

1 point Turbidité = payload 8 et 9 00 76 --> 118 en décimal --> division par 100 : 1.18 NTU

Q15. Compléter l'implémentation de la méthode : void GestionStation::composerPayLoadLoRa()
void GestionStation::composerPayloadLoRa() **4 points**
{

 unsigned short int int_Temp = sonde->getTemp()*100 ;

 unsigned short int int_Dosat = sonde->getDosat()*100;

 unsigned short int int_Sal = sonde->getSal()*100;

 unsigned short int int_Ph = sonde->getPh()*100;

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro10 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

```

unsigned short int int_Turb = sonde->getTurb()*100;

payload[0]=(unsigned char)(int_Temp>>8);  Décalage à droite pour récupérer le poids fort
payload[1]=(unsigned char)(int_Temp&0xFF);  Masque pour garder les 8 bits de poids faible
payload[2]=(unsigned char)(int_Dosat>>8);
payload[3]=(unsigned char)(int_Dosat&0xFF);
payload[4]=(unsigned char)(int_Sal>>8);
payload[5]=(unsigned char)(int_Sal&0xFF);
payload[6]=(unsigned char)(int_Ph>>8);
payload[7]=(unsigned char)(int_Ph&0xFF);
payload[8]=(unsigned char)(int_Turb>>8);
payload[9]=(unsigned char)(int_Turb&0xFF);}

```

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro11 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie D. Récupération et stockage des mesures

Problématique : Récupérer et stocker sur le serveur applicatif les données fournies par le serveur TTN.

The Things Network est un réseau **LoRaWan** communautaire et open source pour l'Internet des Objets (**IoT** en anglais). Actuellement le réseau se compose de plus de 40000 contributeurs regroupés en plus de 400 communautés dans 90 pays ayant déployé plus de 4000 passerelles.

Le serveur TTN intègre un « broker MQTT » qui permet de publier les données sur un « topic » au format JSON.

Le serveur applicatif intègre un « client MQTT » qui s'abonne à ce topic.

A la réception d'une payload, le serveur TTN retransmet les données au serveur applicatif au travers d'une publication MQTT.

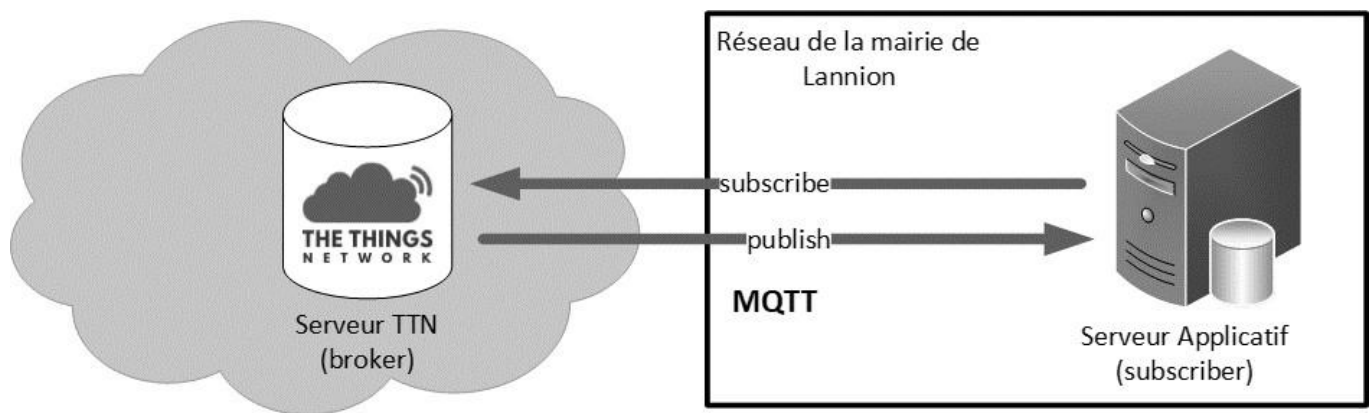


Figure 6: récupération des données

Q16. A l'aide de la documentation PP7, **donner** la commande qui permet au client MQTT de s'abonner à la totalité des topics auprès du serveur **eu1.cloud.thethings.network**, avec le nom d'utilisateur **station_epuration** et le mot de passe **stE45!#589io**.

```
mosquitto_sub -h eu1.cloud.thethings.network -u station_epuration -P stE45!#589io -t ""
```

La capture Wireshark de la trame lors de la demande de cette souscription est représentée ci-dessous :

```
Frame 181: 122 bytes on wire (976 bits), 122 bytes captured (976 bits) on interface wlp1s0, id 0
Ethernet II, Src: IntelCor_3d:7a:84 (14:ab:c5:3d:7a:84), Dst: HewlettP_16:15:b6 (4c:ae:a3:16:15:b6)
Internet Protocol Version 4, Src: 172.20.7.1, Dst: 52.212.223.226
Transmission Control Protocol, Src Port: 47198, Dst Port: 1883, Seq: 151, Ack: 5, Len: 56
MQ Telemetry Transport Protocol, Subscribe Request
```

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro12 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q17. Compléter le tableau.

THE THINGS NETWORK		Serveur Applicatif	
Adresse MAC	4c.ae.a3.16.15.b6	Adresse MAC	14.ab.c5.3d.7a.84
Adresse IP décimal pointée	52.212.223.226	Adresse IP décimal pointée	172.20.7.1
Port décimal	1883	Port décimal	47198

Les données reçues par le serveur applicatif sont stockées dans une base de données relationnelle représentée ci-dessous :

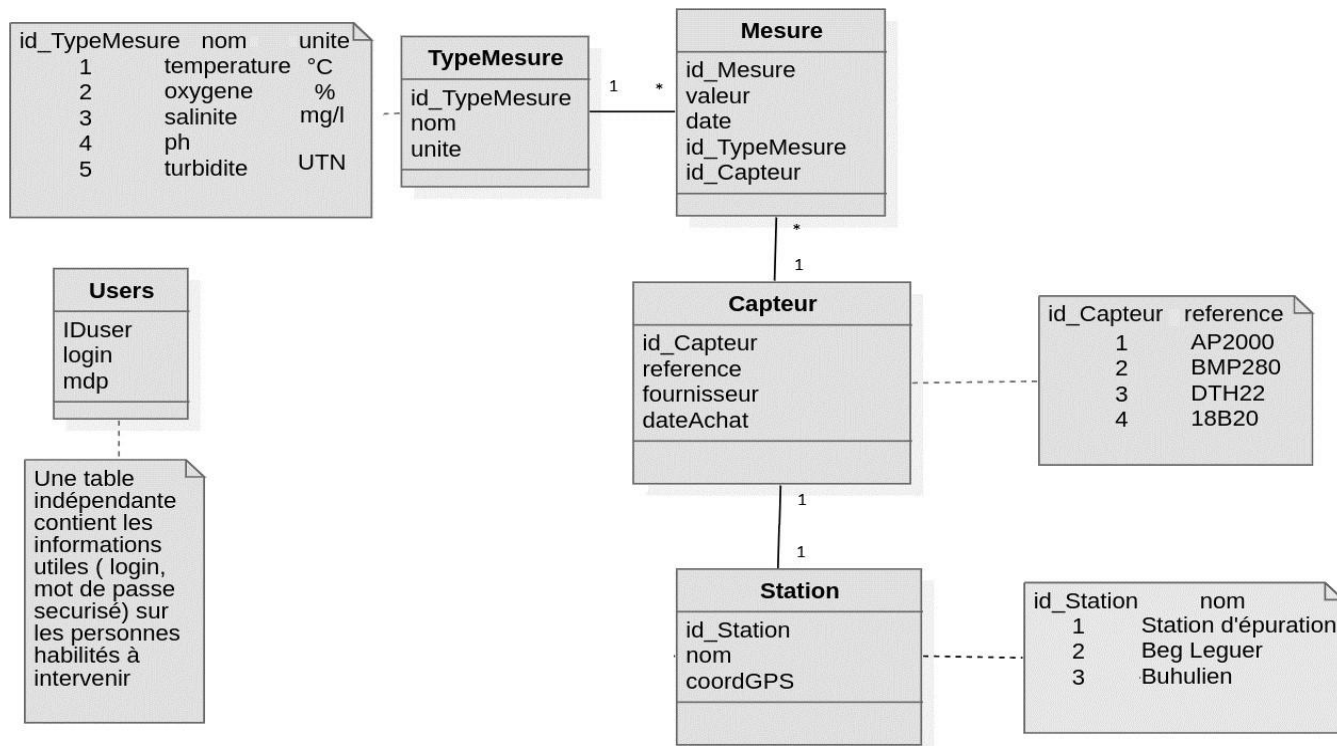


Figure 6 : Structure de la base de données

- La table **Mesure** contient toutes les mesures. Chaque mesure est associée à un type de grandeur mesurée et au capteur qui a effectué la mesure.
- La table **TypeMesure** contient une liste des types de grandeurs mesurées avec pour chacune son unité.
- La table **Station** contient pour chaque station son nom, ses coordonnées GPS et l'identifiant de son capteur.
- La table **Capteur** contient une liste de capteurs avec pour chacun ses caractéristiques.

Q18. En s'aidant de la documentation PP8, **donner** la requête SQL qui permet de lister l'ensemble du contenu de la table **Mesure**.

SELECT * FROM Mesure ;

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro13 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Extrait de la table Mesure :

	id_Mesure	valeur	date	id_TypeMesure	id_Capteur
	Filtre	Filtre	Filtre	Filtre	Filtre
1	1	11.2	2022-04-05 11:30:00	1	1
2	2	6.89	2022-04-05 11:30:00	2	1
3	3	1.235	2022-04-05 11:30:00	3	1
4	4	1.235	2022-04-05 12:30:00	3	1
5	5	6.9	2022-04-05 12:30:00	2	1
6	7	11.1	2022-04-05 12:30:00	1	1
7	8	7.48	2022-04-05 11:30:00	4	1
8	9	7.5	2022-04-05 12:30:00	4	1
9	10	1.223	2022-04-05 12:30:00	5	1
10	11	1.223	2022-04-05 11:30:00	5	1

Figure 7 : Contenu de la table Mesure

Q19. En s'aidant des Figure 6 et 7, **préciser** le nom de la grandeur mesurée pour la ligne 3 de la table Mesure.

Le type de mesure est 3 (id_TypeMesure) : salinité

Les données relatives à une série de mesures sur l'eau provenant du capteur d'id_Capteur 1, à la date **2022-04-05 11:30:00**, sont :

- température : 10.78°C
- taux oxygène : 68.9 %
- salinité : 12.35 mg/l
- pH : 7.5
- turbidité : 12.23 UTN

On souhaite sauvegarder ces valeurs dans la table Mesure.

Q20. En s'aidant de la documentation PP8 et de la figure 6, **donner** la requête SQL qui permet d'insérer la mesure de température dans la table Mesure.

INSERT INTO Mesure (valeur,date,id_TypeMesure,id_Capteur) VALUES ('10.78','2022-04-05 11:30:00', '1','1');

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro14 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q21. En s'aidant de la documentation PP8 et de la figure 6, **donner** la requête SQL permettant de lister les stations qui utilisent un capteur dont la référence vaut 'AP2000'.

```
SELECT Station.nom FROM Station, Capteur WHERE Station.id_Station = Capteur.id_Station AND  
Capteur.reference = 'AP2000' ;
```

Ou

```
SELECT Station.nom FROM Station, Capteur WHERE Station.id_Station = Capteur.id_Station AND  
Capteur.id_Capteur = 1 ;
```

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro15 sur 16
24SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie E. Configuration de la communication entre le serveur TTN et le Serveur Applicatif

Problématique : configurer le serveur applicatif afin que le serveur TTN puisse envoyer les données transmises par la passerelle LoRaWan LORIX.

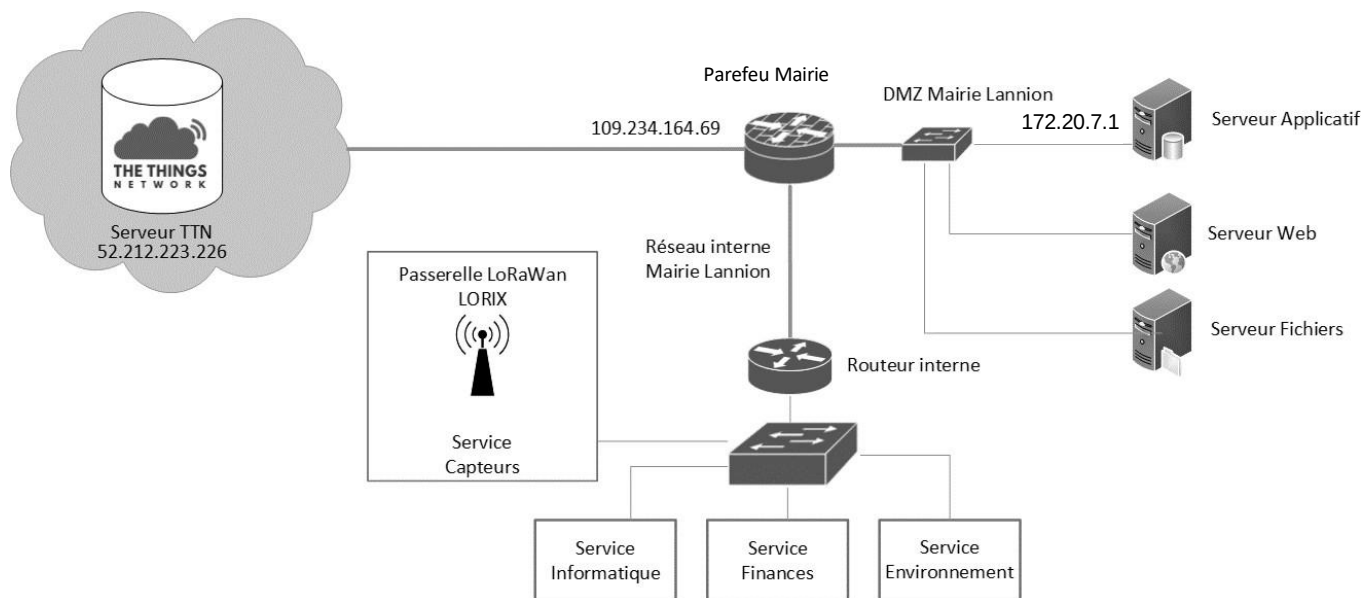


Figure 8 : architecture partielle du réseau

Le Serveur Applicatif avec lequel le serveur TTN communique se trouve dans la DMZ du réseau de la Mairie de Lannion. L'administration dispose du bloc 172.20.0.0/16 pour l'ensemble du réseau de la mairie. Ce bloc d'adresses sera divisé en sous-réseaux pour attribuer une plage d'adresse à chaque service, DMZ comprise. On a besoin de créer 10 sous-réseaux.

Q22. Compléter le tableau associé au découpage envisagé précédemment.

4 points

Question	Réponse
Nombre de bits de découpage de sous-réseaux	4
Nombre de sous-réseaux possibles	$2^4 = 16$
Masque de sous-réseau en notation CIDR	/20
Masque de sous-réseau en décimal pointé	255.255.240.0 (nbr d'or = 16)
Adresse IP du premier sous-réseau	172.20.0.0/20
Adresse IP du dernier sous-réseau	172.20.240.0/20
Nombre d'adresses IP utilisables par sous-réseau	$2^{12} - 2 = 4094$

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DOC16 sur 16
24SN4SNIR1	Documentation	

On souhaite attribuer le premier sous réseau du découpage précédent à la DMZ, le second au Service Informatique, le troisième au Service Finances et le quatrième au Service Environnement.

Q23. Compléter le tableau permettant de donner la configuration des sous réseaux.

4 points

Sous-Réseau	@ sous-réseau	@ diffusion	Première @ disponible	Dernière @ disponible
DMZ	172.20.0.0/20	172.20.15.255	172.20.0.1	172.20.15.255
Informatique	172.20.16.0/20	172.20.31.255	172.20.16.1	172.20.31.254
Finances	172.20.32.0/20	172.20.47.255	172.20.32.1	172.20.47.254
Environnement	172.20.48.0/20	172.20.63.255	172.20.48.1	172.20.63.254

Le serveur TTN doit pouvoir accéder au Serveur Applicatif, situé dans la DMZ du réseau de la mairie. Pour cela, on doit mettre en œuvre des redirections de port sur le pare feu de la mairie. Le service supportera les protocoles HTTP (port 80) et HTTPS (port 443).

Q24. Compléter le tableau sur le document réponses en s'appuyant sur les informations fournies et sur la figure 8.

2 points

Adresse publique	Port public	Adresse privée	Port privé
109.234.164.69	80	172.20.7.1	80
109.234.164.69	443	172.20.7.1	443

Dans la perspective d'un passage à l'IPv6, il est possible de créer une adresse IPV6 à partir de l'adresse MAC. Le document PP9 donne la méthode pour obtenir les 4 hextets de poids faible. Le sous-réseau «unicast global » du service «Capteurs» sera **2001:0060:A245:0000::/64**.

La passerelle LoRa LORIX a comme adresse MAC **fc:c2:3d:0a:68:07**

Q25. Donner l'adresse IPV6 complète (sans simplification) qui serait construite à partir de cette adresse MAC. 3 points

@ MAC : fc:c2:3d:0a:68:07

Etape 1 : insertion FF:FE dans l'adresse MAC fc:c2:3d:FF:FE:0a:68:07

Etape2 : inversion du bit 7 du premier octet fe:c2:3d:FF:FE:0a:68:07

La partie « interface-ID » générée par la règle EUI-64 est donc : FEC2:3DFF:FE0A:6807
reste à lui rajouter 2001:0060:A24F:0005

Ce qui donne 2001:0060:A245:0000: FEC2:3DFF:FE0A:6807

Q26. Donner l'écriture simplifiée de cette adresse.

1 point

2001: 60:A245 :: FEC2:3DFF:FE0A:6807

SESSION 2024	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DOC17 sur 16
24SN4SNIR1	Documentation	