

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR SYSTÈMES NUMÉRIQUES

Option A – Informatique et Réseaux

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

SESSION 2023

—————
Durée : 6 heures

Coefficient : 5
—————

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif, est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

Présentation du système	PR1 à PR3
Sujet	
Questionnaire Partie 1 Informatique	S-Pro1 à S-Pro9
Document réponses à rendre avec la copie	DR-Pro1 à DR-Pro7
Questionnaire Partie 2 Physique	S-SP1 à S-SP11
Document réponses à rendre avec la copie	DR-SP1
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 DR-Pro7 et une copie « Sciences Physiques » dans laquelle seront placés le document réponses DR-SP1.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page de garde
23SN4SNIR1		

PRÉSENTATION DU SYSTÈME

Systeme de gestion d'affichage

sur panneaux à messages lumineux

1. Présentation du contexte

Dans le cadre des marchés publics, Signaux Girod, leader français de la signalisation routière, propose un système d'affichage sur panneaux à messages lumineux (PML) aux communes et agglomérations.

Ces panneaux sont contrôlés à partir d'un poste de gestion situé dans les services techniques municipaux et connectés à Internet via un modem 4G.

Dans le cadre d'un marché, une collectivité souhaiterait pouvoir contrôler certains panneaux sur site, sans passer par le poste de gestion ou un équipement spécifique. Cela permettrait notamment de gagner en réactivité lorsqu'une annonce est à diffuser d'urgence.

La partie communication du système est réalisée par la société KORTX psi, spécialiste des solutions d'accès réseaux M2M (*Machine To Machine*). Elle propose de piloter l'affichage de certains panneaux depuis un téléphone portable par le simple envoi d'un SMS formaté.



Figure 1 : panneau à messages lumineux (PML)

2. Architecture du système

Pour des raisons de sécurité, les panneaux sont accessibles en technologie GPRS/3G/4G par l'intermédiaire d'un modem LM4G (Kortex) via une architecture réseaux sécurisée mettant en œuvre un APN Privé (*Access Point Name*) (documentations **PP1** et **PP2**).

Pour garantir la sécurité des échanges, un VPN IPSec est utilisé pour se connecter au réseau APN de l'opérateur depuis le poste de gestion mairie.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR1 sur 3
23SN4SNIR1	Présentation	

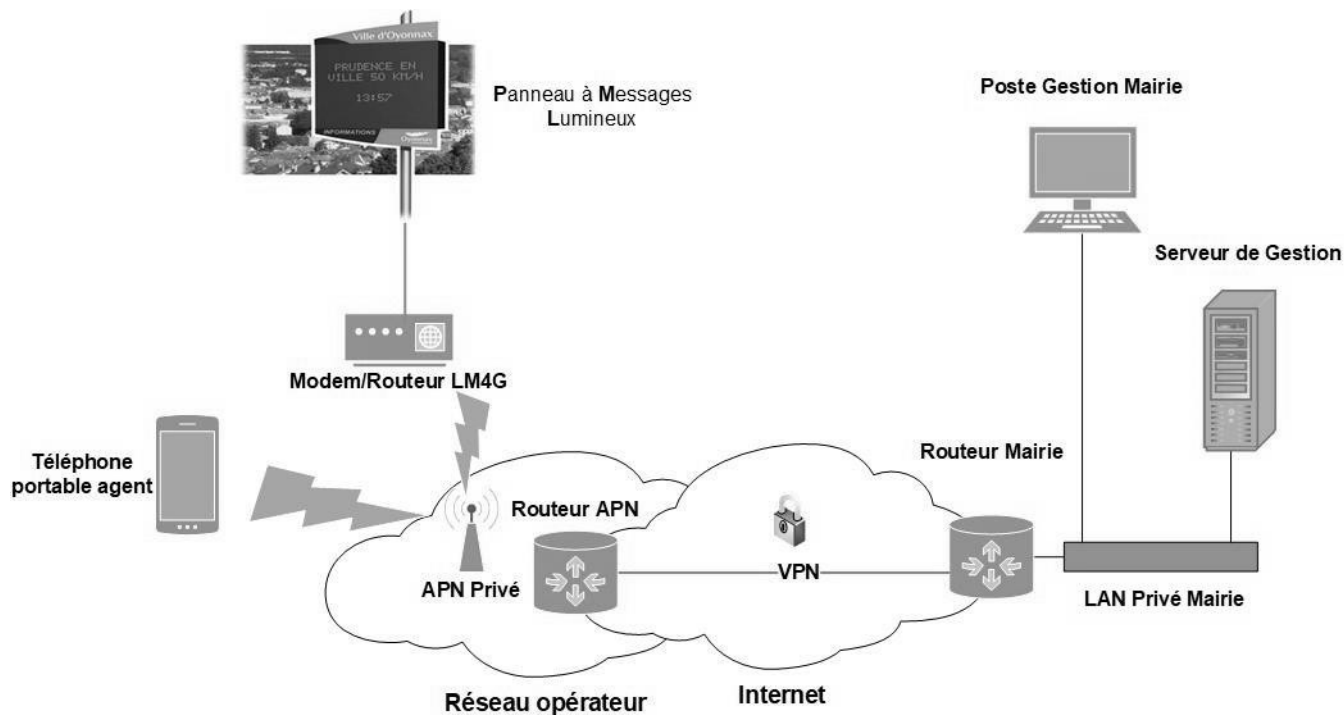


Figure 2 : infrastructure du système simplifiée

3. Principe de fonctionnement du système et son évolution

Une application métier fournie par le fabricant de panneaux est présente sur le poste de gestion mairie. Elle permet l'édition et la gestion des messages à distance. L'historisation des messages est également assurée dans une base de données.

L'évolution du système consiste à permettre à un agent sur site d'éditer un nouveau message à l'aide d'un simple téléphone portable. Le nouveau message est alors envoyé sur le panneau et mis à jour dans la base de données.

Une application web a été développée pour pouvoir visualiser les panneaux sur une carte.

4. Gestion des panneaux

Chaque panneau est identifiable par une zone, une adresse IP et une position GPS (latitude et longitude).

Chaque zone a son propre Modem/Routeur LM4G et peut contenir jusqu'à quatre panneaux. Ils sont repérables sur une application installée sur le poste de gestion mairie par des points (tags) sur une carte auxquels sont associés les messages affichés.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR2 sur 3
23SN4SNIR1	Présentation	



ip zone	ip panneaux	latitude	longitude	message
172.16.88.6	192.168.0.100	46.259206	5.655003	CINEMA PRIX 5E REMISE JEUNESSE
172.16.88.10	192.168.0.100	46.2669422304	5.61934991134	FERME
172.16.88.10	192.168.0.102	46.267615	5.627524	LA DECHETERIE EST FERMEE JUSQU AU 15

Figure 3 : carte de géolocalisation des panneaux

5. Objectif du sujet

L'étude porte sur l'évolution du système permettant aux agents sur site de modifier les messages affichés sur les PML par l'envoi d'un SMS formaté.

Le sujet s'attachera à suivre l'information depuis la rédaction du SMS par l'agent sur site jusqu'à son affichage sur les PML et son historisation en base de données.

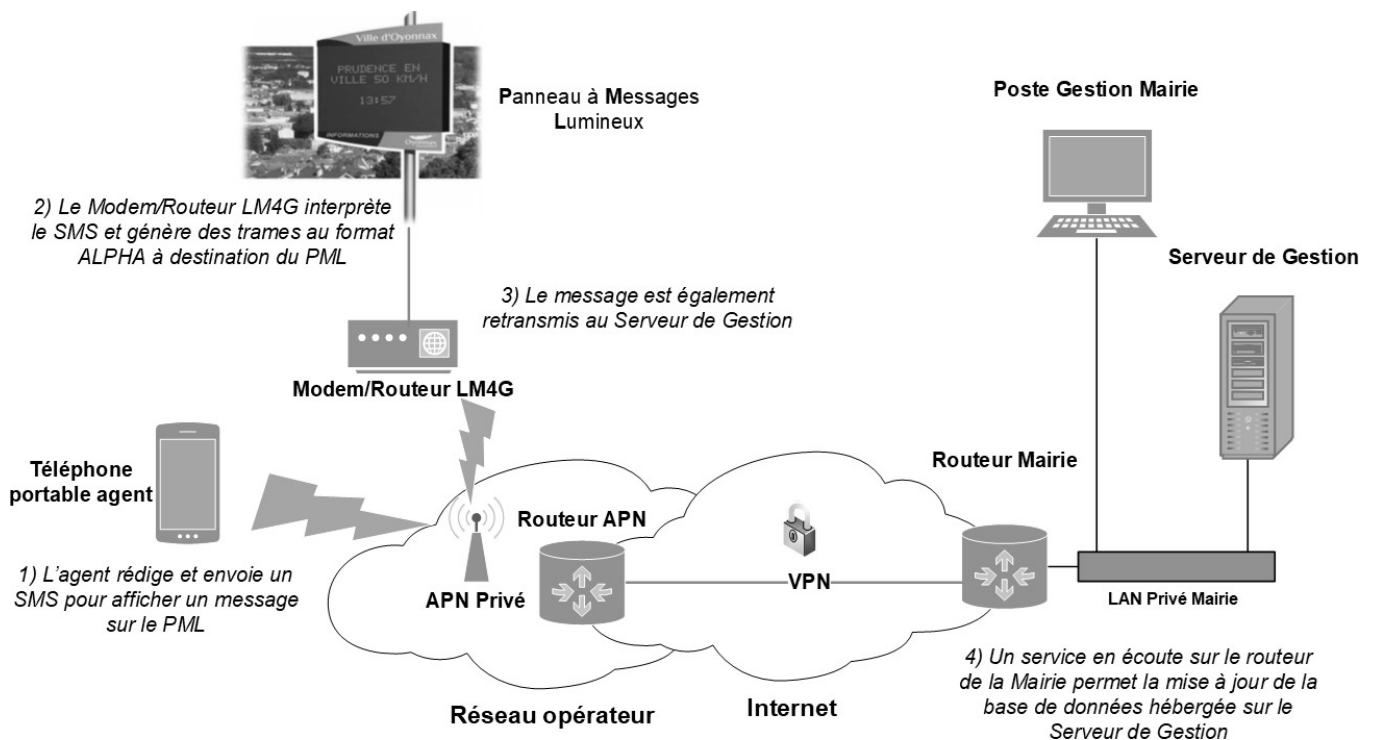


Figure 4 : scénario d'envoi d'un SMS par un agent

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro1 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

SUJET

Option A Informatique et Réseaux

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h - Coefficient 3

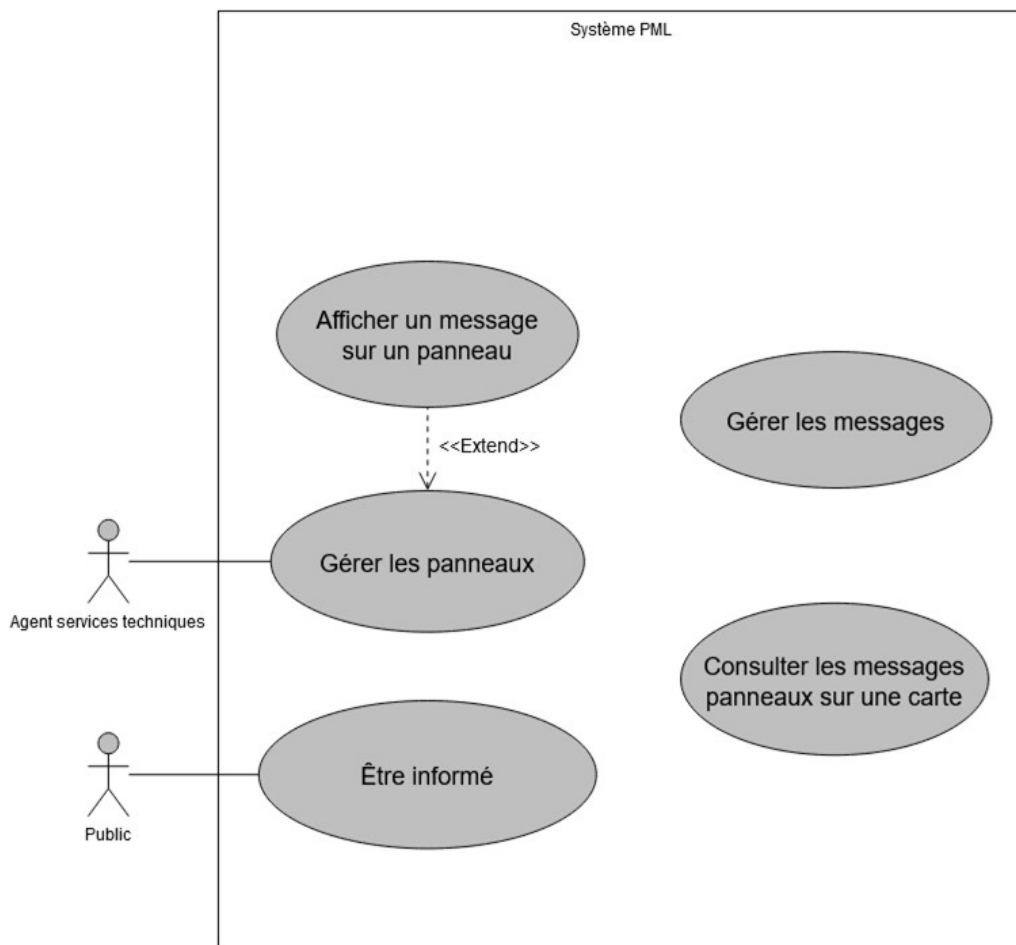
Partie A. Analyse du système

- **Problématique : analyse de l'évolution du système consistant à proposer une solution de contrôle de l'affichage des panneaux par SMS.**

Le système permet au public de visualiser des informations pratiques sélectionnées par l'agglomération. Par exemple, les expositions temporaires, les informations météorologiques, l'état d'ouverture/fermetures des services municipaux (déchetterie, piscine, médiathèque...).
La gestion des panneaux est réalisée par les agents des services techniques municipaux. Lors de cette gestion, ils peuvent :

- *consulter en temps réel les messages affichés sur les différents panneaux sur une carte,*
- *afficher un message sur un panneau,*
- *gérer les messages en constituant ou en éditant des messages sauvegardés.*

Q1. Compléter le diagramme UML des cas d'utilisation en spécifiant les liaisons entre acteurs et cas d'utilisation ainsi qu'entre les cas « **gérer les panneaux** », « **gérer les messages** » et « **consulter les messages sur une carte** ».



SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro2 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Dans le cadre de notre étude, un agent mobile (en déchetterie) peut lui aussi afficher un message sur un PML mais uniquement à l'aide d'un SMS.

Q2. Ajouter au diagramme UML des cas d'utilisation, l'acteur « **Agent mobile** » et le cas « **Afficher un message via SMS** » qui est une spécialisation du cas « **Afficher un message sur un panneau** ». Spécifier les éventuelles liaisons avec les acteurs et les cas d'utilisation existants.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie B. Étude de l'architecture du système

- **Problématique** : étude de l'architecture du système permettant aux agents de modifier l'affichage des panneaux lumineux en temps réel sur site tout en conservant une vision centralisée pour les services techniques.

L'architecture globale est basée sur une infrastructure réseau qui met en œuvre un réseau local privé du côté des services techniques de la collectivité.

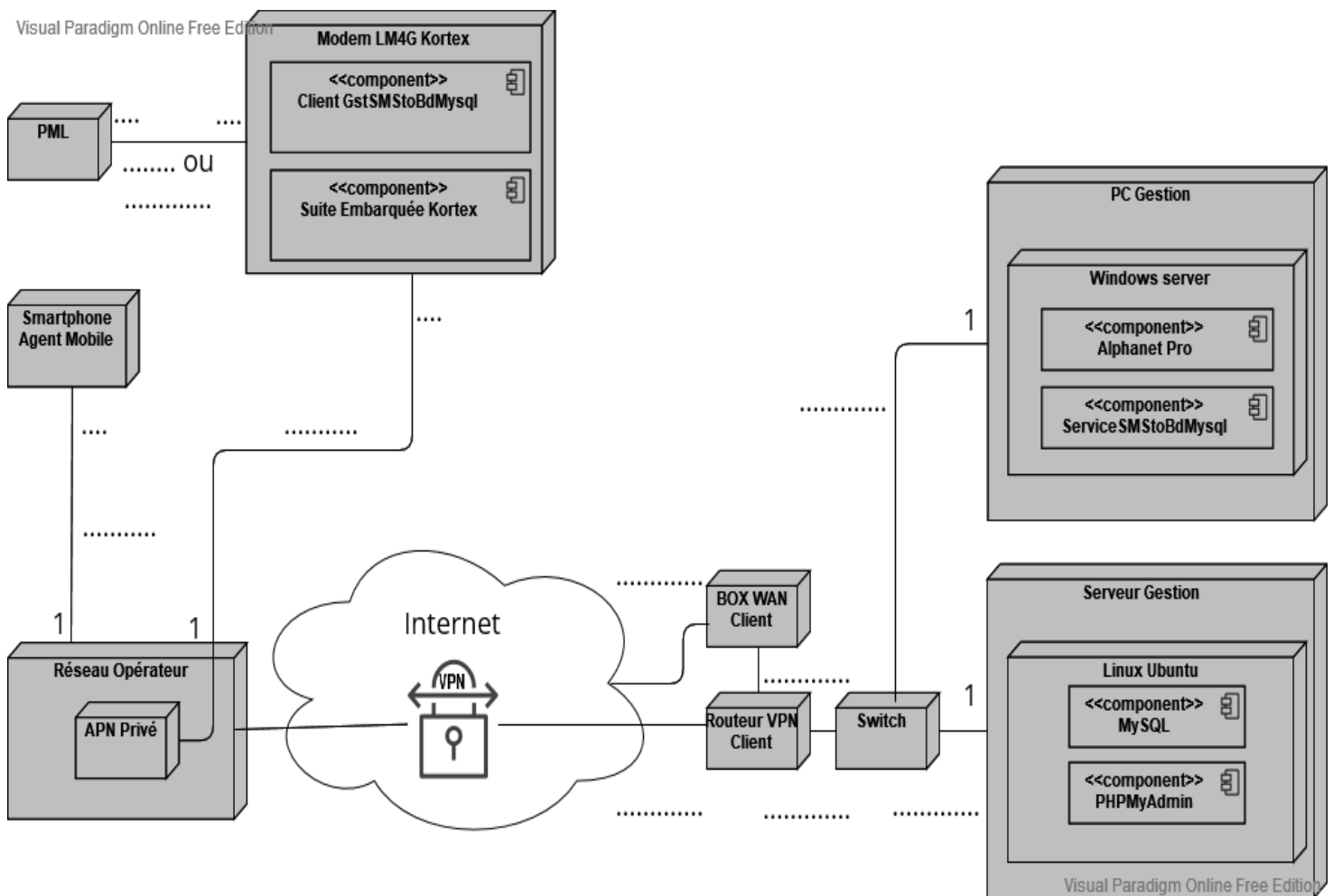
Un VPN permet de se connecter au réseau APN Privé fourni par le réseau opérateur afin de communiquer avec les PML.

Une connexion à internet est aussi possible par l'intermédiaire d'une BOX dans les locaux techniques.

Les Modem/routeurs LM4G (documentation PP1) peuvent être connectés à un ou plusieurs panneau (jusqu'à 4 panneaux).

Les PML peuvent être reliées au Modem par liaison RS232 ou par Ethernet. Il peut y avoir plusieurs agents mobiles qui interagissent avec le système.

- Q3.** En vous aidant de la partie « Présentation du système », caractériser les liaisons du diagramme UML de déploiement du système.



- Q4.** Compléter les cardinalités sur le diagramme de déploiement du système.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro4 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Les panneaux peuvent être considérés comme des objets connectés. L'IOT (Internet Of Things) permet la connexion directe d'objets connectés à internet mais il a été choisi d'utiliser un APN Privé fourni par un réseau d'opérateurs.

Q5. A l'aide de la documentation PP2, préciser la signification du sigle APN. Expliquer en un mot le principal atout d'un APN privé pour des objets connectés plutôt qu'une connexion directe à Internet ?

Nous allons approfondir l'étude de l'infrastructure réseaux précisée à la figure 5.

Les panneaux sont répartis dans différentes « zones » à travers l'agglomération et chaque zone peut contenir jusqu'à quatre panneaux.

Chaque zone dispose d'un Modem/Routeur LM4G qui réalise une translation d'adresse (NAT) entre son réseau local (dans lequel sont connectés les PML) et l'APN Privé.

Le réseau APN privé 172.16.88.0/24 doit être découpé en 64 sous-réseaux. Chaque sous-réseau est attribué à la liaison Routeur APN - Modem/Routeur LM4G d'une zone.

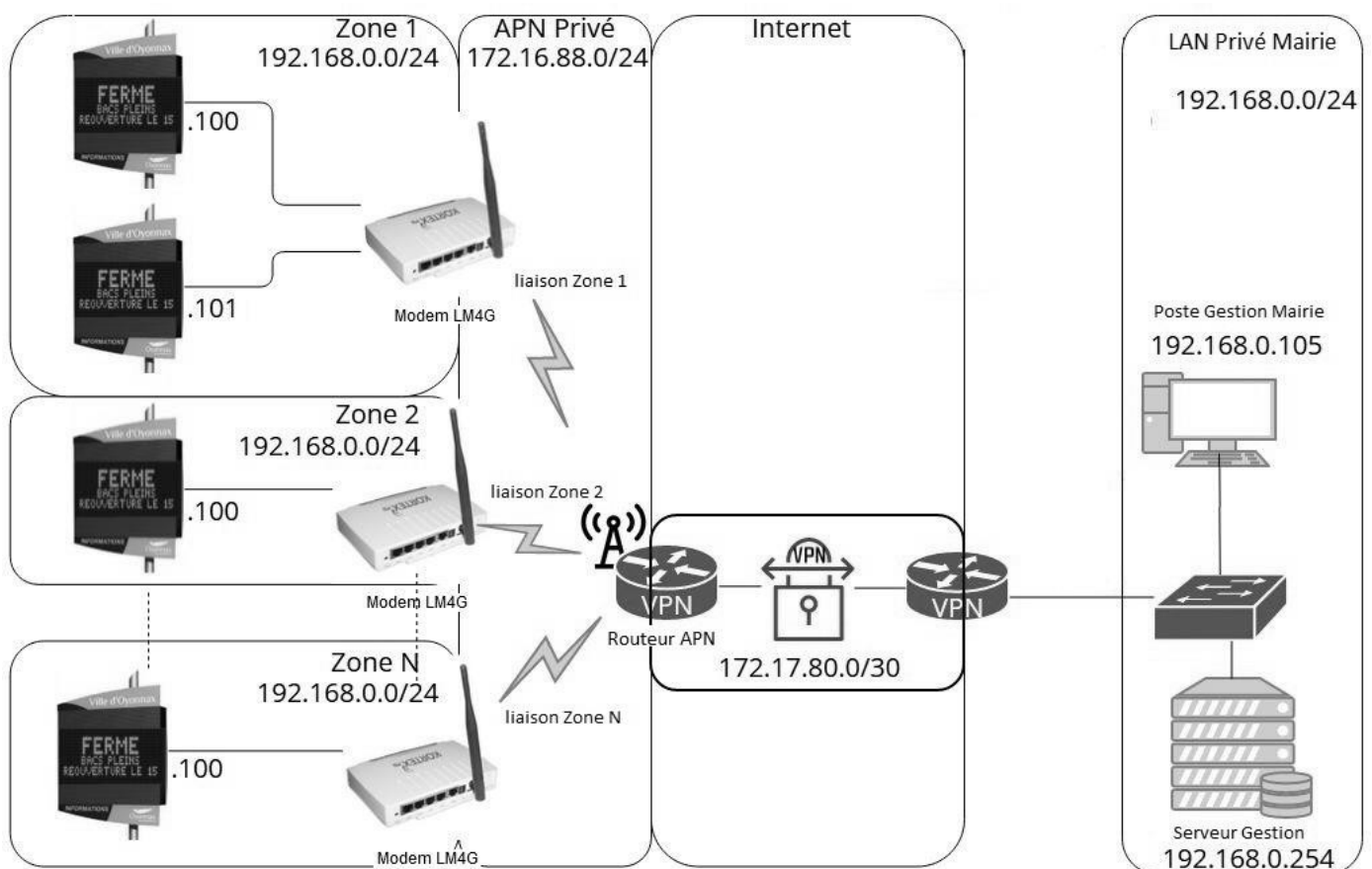


Figure 5 : Infrastructure réseau du système

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro5 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q6. Compléter le document avec le masque à appliquer dans l'APN Privé pour obtenir 64 sous réseaux. Utiliser la notation CIDR et la notation décimale pointée.

Réseau APN Privé 172.16.88.0

Masque de sous réseau	Notation CIDR	Notation décimale pointée
Nombre d'hôtes par sous réseau		

Q7. Préciser le nombre d'hôtes dans chaque sous réseau sur le tableau précédent.

Q8. Compléter le document réponse en précisant l'adresse du sous réseau, la première et la dernière adresse utilisable pour les hôtes ainsi que l'adresse de diffusion pour les deux premiers sous réseaux et le dernier sous réseau.

	Adresse sous réseau	1 ^{ère} adresse hôte	Dernière adresse hôte	Adresse de diffusion
1 ^{er} sous réseau				
2 ^{ème} sous réseau				
...
64 ^{ème} sous réseau				

Pour la suite de l'énoncé, on considèrera que la déchetterie se trouve dans le deuxième sous réseau du découpage de l'APN privé.

La sécurisation des échanges sur Internet est garantie par la mise en place d'un VPN IPSec (documentation PP3) d'adresse 172.17.80.0/30.

Q9. Préciser au-dessus de quelle couche du modèle OSI se situe le protocole SSL/TLS.

Q10. Préciser la couche du modèle OSI que le protocole IPsec encapsule.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro6 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie C. Afficher un message sur le PML.

- **Problématique** : étude du format du SMS à rédiger pour modifier l’affichage sur un PML.

Le protocole de rédaction du SMS est détaillé dans la documentation PP4. Il permet d’afficher des messages pré-enregistrés sur les panneaux.



L’agent souhaite afficher le message dont l’identifiant est « C » sur le panneau 2 de la zone de déchetterie.

Figure 6 : Affichage panneau déchetterie

Ce message doit indiquer que le bac 1 est **LIBRE** » et que le bac 2 est « **FERME** ». La zone variable B est associée à l’état du bac 1 et la zone variable C est associée à l’état du bac 2.

Q11. En vous aidant de la documentation PP4, compléter le document réponse en précisant la syntaxe des deux SMS à envoyer permettant l’affichage du message de la figure 6.

Ordre d’envoi	Syntaxe
1 ^{er} SMS	MT1 =
2 ^{ème} SMS	

Le protocole ALPHA® utilisé par le logiciel embarqué sur le modem LM4G pour communiquer avec le panneau est détaillé dans la documentation PP5.

Q12. En vous aidant de la documentation PP5, préciser sur le document réponse la taille (en octets) des différents champs d’une trame du protocole de communication Alpha® utilisé par les panneaux. Préciser aussi le rôle du champ A.

Champs	A	B	C	D	E	F	G	H
Taille en Octets							0 à 255	

Rôle du champ A :

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro7 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q13. Compléter le document réponse avec la trame permettant l’affichage du message suivant : « **Fermé, bacs plein, réouverture le 15** » :

- Sur tous les panneaux de la zone ;
- Avec le mode « **Write TextFile** ».

- Trame :

Champs	A	B	C	D	E	F	G	H
Valeur en Hexadécimal	0x00 0x00 0x00 0x00 0x00		0x5A				Fermé, bacs plein, réouverture le 15	

Problématique : décodage du SMS pour qu’il soit compris par le panneau.

Le modem LM4G de Kortex est un modem « intelligent » doté d’un noyau linux et qui embarque toute une suite de logiciels métier. Cette suite intègre notamment une application codée en C++ permettant d’envoyer la trame formatée au PML.

Q14. En vous aidant du diagramme de classes de la documentation PP6, compléter le document réponse en réalisant la déclaration de la classe **CPanneau**.

Fichier panneau.h

```
#ifndef _PANNEAU_H
#define _PANNEAU_H

#include "protocole.h"

class CPanneau : public Thread
{
    CProtocole protocole;

public:

};

#endif
```

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro8 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

On s'intéresse à la classe **CProtocole** qui permet d'implémenter le protocole ALPHA® utilisé par les PML. Ce protocole est présenté dans le document PP5.

La méthode « **CProtocole::ajouterTexte(string texte)** » ajoute le message à envoyer à la trame.

La méthode « **CProtocole::ajouterControle()** » ajoute EOT à la fin de la trame.

Afin de pouvoir accéder à tout type de panneau, le « TypeCode » du champ C de la trame sera « All Signs » et le mode de transmission sera « Write TEXT File ».

Q15. Compléter le code source C++ de la méthode « **CProtocole::fabriquerTrame(int num, string texte)** » sur le document réponse.

Fichier protocole.cpp

```
#include "protocole.h"
#define NUL 0 //
#define SOH 1 // Début entête
#define STX 2 // Début texte
#define ETX 3 // Fin texte
#define EOT 4 // Fin de transmission
#define ACK 6
#define NAK 21
#define ESC 27 //(0x1B) Mode field
#define ALL_SIGNS 0x54 // Type Code = All Signs
#define WRITE_TEXT_FILE 0x41 // Command Code = Write TEXT file

CProtocole::CProtocole(void){}
CProtocole::~CProtocole(void){}

// Création de la trame à envoyer au panneau
// En entrée: num: numéro du panneau destinataire (0 à 99)
// text: texte du message à envoyer. Peut contenir des
// séquences de contrôle (clignotement...)

void CProtocole::fabriquerTrame(int num, string texte)
{
    // Ajout des caractères de synchronisation

    trame[5]= SOH;           // SOH
                            // All signs
                            // lre numéro du panneau
                            // STX
                            // Write Text File

    AjouterTexte(texte) ;
    AjouterControle() ;
```

La méthode « **CProtocole::envoyerTrame(int num, string texte)** » se sert de l'attribut **f** de la classe **CProtocole** pour envoyer et recevoir des trames. Cet attribut est une instance de la classe **CCommunicationPML**.

La méthode « **CProtocole::envoyerTrame(int num, string texte)** » renvoie « **true** » si le message est destiné à tous les panneaux ($num = 0$). Dans le cas de l'envoi à un seul panneau ($num \neq 0$), le panneau retournera un caractère d'accusé de réception **ACK** ou **NAK**. Si le caractère est **NAK** la méthode renvoie « **false** ».

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro9 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Q16. Compléter le code source de la fonction « **CProtocole::envoyerTrame(int num, string texte)** » sur le document **DR-Pro6**.

Fichier protocole.cpp (suite)

```
// Envoi de la trame sur le flux d'E/S f. Si le numéro de panneau num est 0, tous
// les panneaux reçoivent la trame, mais aucun ne renvoie d'acquittement. Si num
// est différent de 0, un panneau particulier est destinataire de la trame et
// renvoie un caractère d'acquittement (ACK ou NAK)
// Valeur de retour : false si acquittement négatif reçu (NAK)
// true dans tous les autres cas.
// Note: fonction bloquante en cas de non réponse du panneau. Aucun timeout n'est
// mis en place dans cette version du logiciel.

bool CProtocole::envoyerTrame (int num, string text)
{
    int i = 0;
    fabriquerTrame(num,texte);           //compose la trame à envoyer vers le panneau
    while(trame[i] != EOT)
        f.put(trame[i++]) ;
    if (num != 0)
    {
        //lecture du caractère d'acquittement sur le flux de
        //communication
        //si pas d'acquittement
        //retourne faux

    }
    else return true;
}
```

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro10 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Partie D. Dialogue entre le routeur et le serveur de gestion

- **Problématique : retransmission des SMS de configuration des messages lumineux au serveur de gestion.**

Le synoptique du système ainsi que la chronologie des actions réalisées lors de la rédaction d'un SMS sont représentés sur la figure 4 du dossier de présentation.

Tous les messages SMS réceptionnés par les Modem/Routeur LM4G sont encodés puis envoyés également à un serveur de gestion situé sur le réseau privé de la mairie. Chaque Modem/Routeur LM4G gérant ses panneaux délimite une zone d'affichage et est identifié par une adresse IP de zone. Les panneaux appartenant à cette zone sont identifiés par leurs adresses ip privées.

Le dialogue entre tous les panneaux via le Modem/Routeur LM4G de zone et le serveur de gestion est basé sur le protocole TCP/IP. Les trames reçues par le serveur de gestion informent notamment du message affiché par un panneau lumineux.

Comme le montre la figure 7, le format du message envoyé au serveur de gestion est une chaîne de caractères ASCII où chaque champ est séparé par une virgule.

Le serveur de gestion offre un service « SmsToSql » sur un port TCP dédié. Ce service reçoit les messages SMS encapsulés dans une communication TCP.

Le routeur permettant l'accès au VPN réalise une translation d'adresse (NAT) entre un port ouvert coté VPN et le port TCP du serveur de gestion.

Structure de la chaîne qui est envoyé au serveur de gestion :

Champ1,Champ2,Champ3,Champ4,Champ5

avec : tous les Champs séparés par une virgule

Champ 1 Adresse IP Privée du panneau | Champ 3 latitude du panneau | Champ 5 message du panneau

Champ 2 Description du panneau | Champ 4 longitude du panneau

Tous les caractères appartiennent à la table ASCII. La taille maximale de cette chaîne est de 256 caractères.

Message envoyé au serveur de gestion :

**192.168.0.100,Decheterie,46.2669422304,5.61934991134,FERME BACS PLEINS
REOUVERTURE LE 15**

La taille maximale du champ 2 description du panneau est de 45 caractères.

La taille maximale du champ 3 et Champ 4 est de 20 caractères

Figure 7 : Format du message envoyé au serveur de gestion

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro11 sur 9
23SN4SNIR1	Domaine professionnel - Sujet	

Comme le montre la figure 8, ce message est ensuite encapsulé dans une communication TCP :

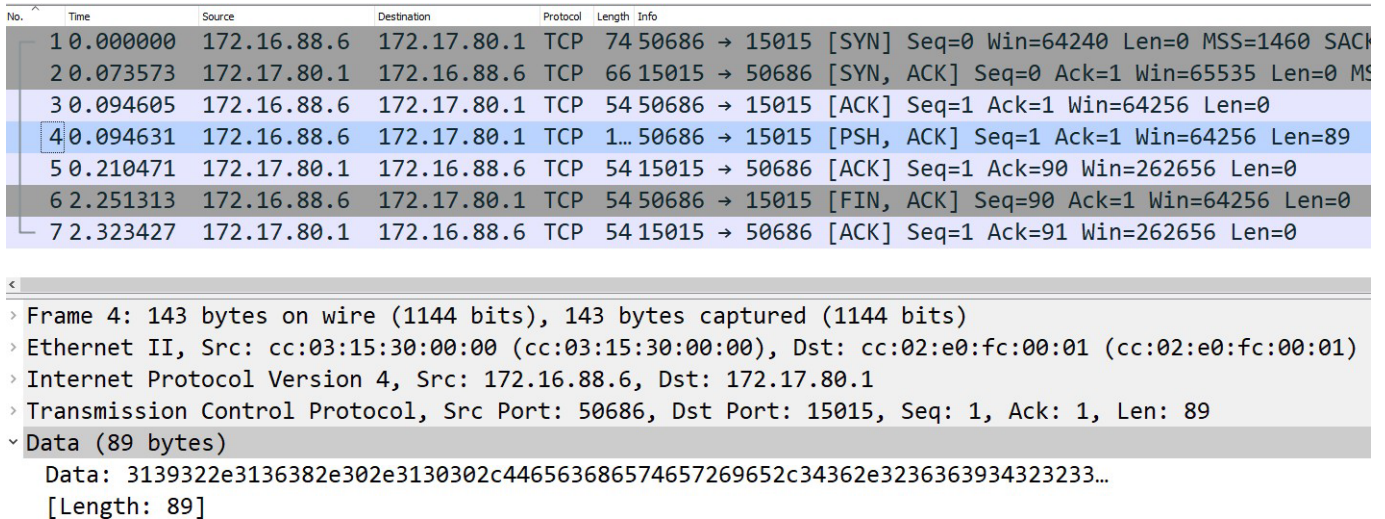


Figure 8 : Capture de trame réalisée dans le VPN

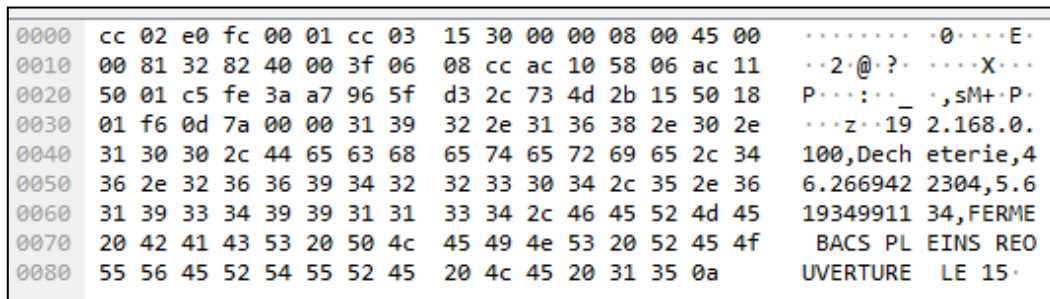
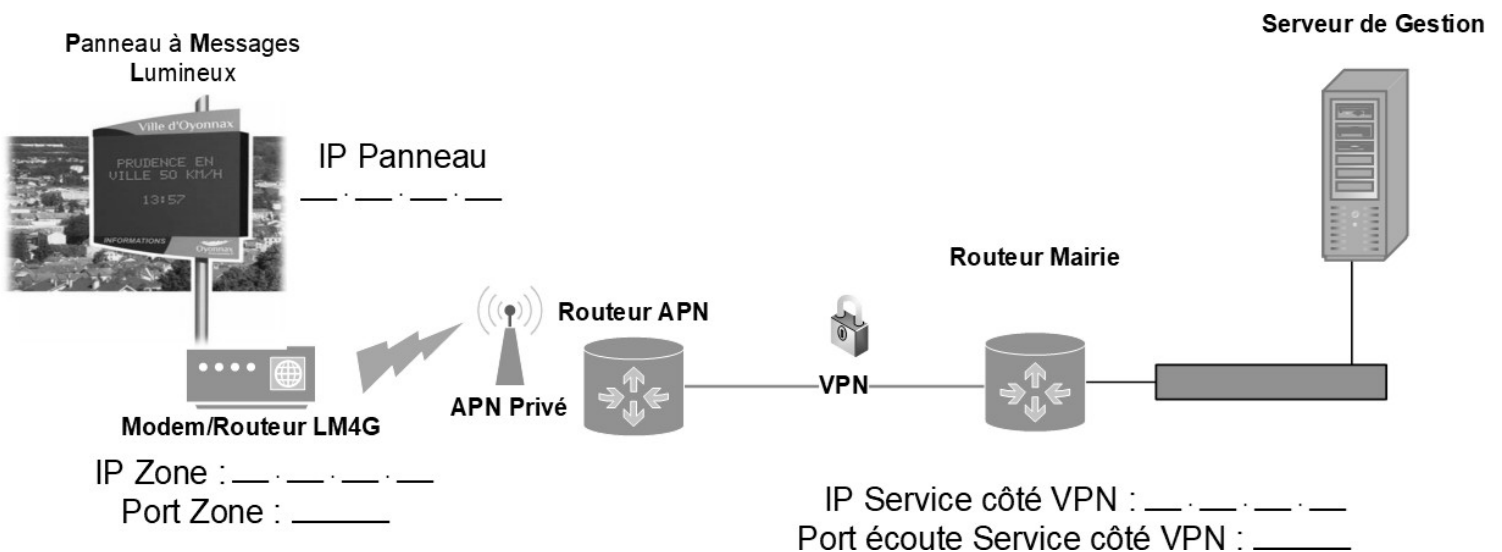


Figure 9 : Octets de la trame 4

Q17. À l'aide de la figure 3 du dossier de présentation et des figures 7, 8 et 9, compléter le document en précisant :

- l'adresse ip du panneau ;
- l'adresse ip de la zone ainsi que le port utilisé ;
- l'adresse ip et le port d'écoute du service « SmsToSql » coté VPN.



Partie E. Sauvegarde des messages

- **Problématique : stocker les données (messages) sur le serveur.**

Quand un panneau communique le message au serveur, l'information est automatiquement stockée dans la base de données. Cette base de données dont le modèle est précisé sur le document PP7 s'articule autour de trois tables :

Table zones

La table « zones » identifie toutes les zones d'affichage au sein de la ville. Une zone est un ensemble de panneaux et doit être approuvée par l'administrateur. Si la zone est approuvée, le champ « approuve » est à « O » (Oui), sinon le champ est à « N » (Non). Chaque zone possède une description sous la forme d'une chaîne de caractères.

L'adresse **ipZone** est utilisée comme clé primaire de cette table.

Table panneaux

La table « panneaux » présente tous les panneaux en relation avec les zones (**ipZone**). Un panneau se caractérise par son adresse ip privée (intitulée « ipPanneau »), d'une description du panneau (intitulée « designation »), sa localisation GPS avec sa latitude (intitulée « lati ») et sa longitude (intitulée « longi »).

Table messages

Si le message et/ou la position GPS et/ou l'adresse privée sont/est modifié(s), l'ensemble des données est sauvegardé et le champ « date » de la table « messages » est initialisé par défaut avec la date et l'heure du système.

Utilisation d'adresses IP comme clé primaire

Dans la table zones, on souhaite utiliser la donnée **ipZone** comme clé primaire.

Le stockage sous forme de caractère en décimal pointé n'est pas approprié, notamment parce qu'il peut y avoir plusieurs représentations d'une même adresse. Exemple : l'adresse 192.168.1.2 peut aussi s'écrire 192.168.001.002.

Une adresse IPv4 est en réalité un mot de 32 bits. On décide donc de stocker toutes les adresses IPv4 dans des champs de type entier occupant 4 octets.

Comme on peut le constater sur la figure 10, l'adresse IP est stockée sous la forme d'un entier dans la base de données :

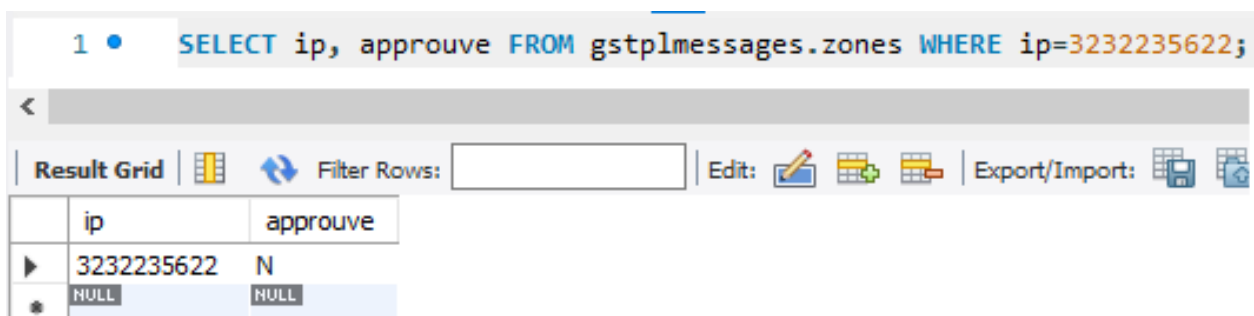


Figure 10 : requête Bdd (IP stockée dans un entier)

Dans l'exemple de la Figure 10, la valeur 3 232 235 622 correspond à l'adresse IP 192.168.0.102, car $(192 \times 256^3) + (168 \times 256^2) + (0 \times 256) + 102 = 3\,232\,235\,622$.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro2 sur 9
23SN4SNIR1	Documentation	

Q18. En vous aidant de cet exemple, calculer en décimal la valeur de l'entier qui correspond à l'adresse IP **171.16.88.6**.

Q19. En vous aidant de la documentation PP8, indiquer le type de données MySQL approprié pour stocker les adresses IP.

Q20. Peut-on utiliser l'adresse IP privée des panneaux comme clé primaire de la table panneaux ? Argumenter votre réponse.

La table messages comporte un champ date dans lequel on stocke la date d'envoi du message. Les concepteurs de l'application ont sélectionné le type TIMESTAMP pour stocker cette donnée. On prévoit que le système pourra être maintenu en exploitation jusqu'en 2040.

Q21. En vous aidant de la documentation PP8, indiquer si le type TIMESTAMP est compatible avec la date limite d'exploitation du système. Proposer une alternative si ce n'est pas le cas (justifier votre réponse).

Q22. En vous aidant de la documentation PP9, préciser la requête SQL permettant de récupérer toutes les zones en état approuvé à Oui.

On souhaite créer un enregistrement dans la table zones avec les valeurs suivantes :

ipZone : 3232235622

description : "ZI Ouest – Avenue Magellan "

approuve : 'O'

Q23. En vous aidant de la documentation PP9, préciser la requête SQL permettant d'insérer l'enregistrement dans la table zones.

Q24. En vous aidant de la documentation PP9, préciser la requête SQL permettant de modifier la table « messages », en ajoutant un champ « titreMessage » pouvant contenir une chaîne de taille fixe de 16 caractères.

SESSION 2023	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page S-Pro3 sur 9
23SN4SNIR1	Documentation	