

---

*Les documents et calculatrices sont autorisés.*

*Ce sujet est composé d'une introduction (ci-dessous) et de 5 parties indépendantes (1 partie par page). Chaque partie est notée sur 5 points.*

***Il vous est demandé de choisir et de ne traiter que 4 parties sur les 5 proposées. Indiquez les numéros des 4 parties choisies en entête de votre copie. Les réponses d'une éventuelle 5<sup>ème</sup> partie traitée sur votre copie ne seront pas corrigées.***

---

Nous considérons dans la suite les problèmes de réseaux liés à la mise au point de stations météorologiques automatisées. Ces stations sont destinées à être disposées dans les espaces naturels (des champs de cultures céréalières, viticoles, ...). Elles y prélèvent automatiquement des données hydrométriques (humidité de l'air, du sol, ensoleillement, vitesse du vent, température...).

Lorsque l'utilisateur des stations météorologiques souhaite consulter les données collectées il se connecte avec son navigateur Internet à un serveur WEB (protocole HTTP) qui est disponible sur chaque station. Ainsi chaque station dispose d'une pile de protocole TCP/IP complète. De plus chaque station est équipée d'une carte réseaux sans fils spécialement conçue pour les stations. L'ensemble des stations constitue un **Intranet de classe B**.

Une station « de base » est elle aussi équipée d'une carte réseau « sans fils ». Mais cette station est équipée d'une liaison GPRS (transmission numérique sur téléphone mobile) qui permet la transmission modulée d'information. Le débit est de 1200 bauds en modulation de phase (0, 90°, 180°, 270°) et en modulation de fréquence (2 fréquences distinctes). Ce modem sert de passerelle entre l'ensemble des stations interconnectées via les cartes réseaux sans fils et le reste d'Internet.

## Partie I - Connexion physique

---

Dans cette première partie nous nous intéressons à la transmission d'un paquet IP depuis une station quelconque jusqu'à la machine de l'utilisateur en passant par la station de base. Ce paquet IP est composé des octets suivants (en hexadécimal) :

```
45 00 00 28
03 28 00 00
FF 11 84 00
86 CE 0A B0
86 CE 0A 1A

20 00 00 19
00 00 03 E8
00 00 00 00
```

### Question I.1 (1 point)

Le paquet est transmis par la carte réseaux sans fils avec le codage de Miller et un débit de 56Mbps/s. Donnez la forme que doit avoir le signal émis par la carte réseaux sans fils lorsqu'elle encode les quatre premiers octets du paquet IP.

### Question I.2 (1 point)

En considérant que la vitesse de propagation dans l'air du signal émis par la carte réseaux est de 200000Km/s et que la distance entre la station émettrice et la station réceptrice est de 2500m. Combien de bits l'émetteur émet avant que le récepteur ne reçoive le premier ? Sur combien de mètres le codage d'un bit s'étalera ?

### Question I.3 (1 point)

Les cartes réseaux sans fils que nous considérons ont une capacité d'émission maximale de 3000 mètres. Dans un premier cadre d'utilisation toutes les stations sont à portée directe de la station de base, c'est-à-dire dans un cercle de 3000 mètres autour de la station de base. Dans ce contexte, il n'est pas possible d'utiliser le protocole anti-collision CSMA-CD tel qu'il fonctionne avec les cartes réseaux de type Ethernet (802.3). Expliquez pourquoi et donnez un exemple mettant en défaut ce système anti-collision.

### Question I.4 (1 point)

Quel est le débit, en bit par secondes du modem GPRS que nous considérons ? Combien de temps faudra t'il à la station de base pour retransmettre sur ce modem le paquet qu'elle a reçu de la station émettrice.

### Question I.5 (1 point)

Finalement le taux de transmission du modem GPRS est très largement inférieur au taux de transmission des cartes réseaux sans fils. Lorsque la passerelle reçoit un paquet depuis une station météo et qu'elle le retransmet sur le réseau mobile, elle stocke les données qu'elle est en train de recevoir et les données qu'elle doit retransmettre dans un tampon mémoire. Pendant combien de temps cette zone de sa mémoire doit être « réservé » par le système d'exploitation pour la transition de ce paquet (en considérant que l'émission commence 100 µsecondes après que la réception soit terminée) ?

## Partie II - Liaison de données

---

### Question II.1 (1 point)

Le protocole que la station de base utilise pour encoder le paquet est SLIP. Selon ce protocole, quels seront les octets transmis sur le modem par la station de base pour le paquet donné en « entête » de la Partie I ?

### Question II.2 (1 point)

Le programme ci-dessous calcul le CRC-16 d'un tableau d'octet :

```
static int crc16(byte t[]) {
    int res = 0;
    int crc = 0x????;
    int mask = 0x????;
    int currentBit = 0;
    while(currentBit < t.length*8) {
        while( (res&mask == 0) && (currentBit<t.length*8)) {
            getBit = 7-(currentBit%8) ;
            res = (res<<1) | ((t[currentBit/8]&0xFF)>>getBit)&1) ;
            currentBit++ ;
        }
        if(currentBit<t.length*8)
            res = res ^ crc;
    }
    return res;
}
```

Expliquez en quelques lignes comment cet algorithme fait pour calculer le CRC-16 d'un tableau d'octets. Et complétez le programme en indiquant les valeurs à mettre à la place des ???? dans les variables `crc` et `mask`.

On suppose pour la suite que les paquets WIFI transmis par les cartes sans fils sont structurés comme suit :

Entête (en hexa :) AA.AA.AA.AB (4 octets)	Adresse MAC émetteur (4 octets)	Adresse MAC récepteur (4 octets)	Longueur paquet (2 octets)	Paquet transmis  <i>Taille variable</i>	Checksum  (2 octets)
--	--	---	----------------------------------	---	----------------------------

Le Checksum est calculé avec un CRC-16 et il porte sur l'ensemble des données transmises et non pas seulement sur les données.

### Question II.3 (1,5 points)

Donner le corps de la procédure

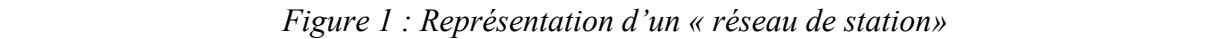
```
static byte[] buildWIFIFromPacket(
    int addrSender, int addrDest, byte packet[])
```

Cette procédure retourne un paquet WIFI encodé dans un tableau d'octet. Ce tableau est construit comme indiqué précédemment.

### Question II.4 (1,5 points)

Ecrivez la procédure inverse qui décode un paquet WIFI et retourne le paquet de données associé :

```
static byte[] buildPacketFromWIFI(byte packet[]).
```



**N.B.** Tous les liens présentés ici sont expliqués par le fait que les stations sont suffisamment proches pour communiquer. Les temps de transmission entre chaque station sont équivalents. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser tous les liens et un sous-ensemble pertinent de liaisons peut être proposer pour établir un routage IP.

Dessinez l'arbre collecteur de la station de base B pour le réseau de la figure 1. (Vous pouvez colorier les arcs de l'arbre sur la figure 1 et joindre la page de l'énoncé à votre copie en y indiquant votre numéro de place).

Si on utilise un mécanisme de routage distribué pour configurer automatiquement les tables de routage de chaque station météo, et en supposant que les tables initiales ne comportent que la seule station qui la gère, au bout de combien d'échanges des tables de routage l'ensemble du réseau est-il joignable ? Au bout de combien de temps les tables de routage seront optimales ?

Il est dit dans l'entête du sujet que le routage est assuré par le protocole IP. Proposez des groupes de machines IP, identifiées par une adresse de sous réseau un masque et un ensemble de nom de machine, qui permettent le routage au sein de ce réseau de stations météorologiques.

Donnez les tables de routage de la station S4, S8 et B selon votre décomposition en sous réseau.

Pourquoi seul la machine B peut communiquer avec l'ensemble des machines connectées à l'Internet ?

## Partie IV - Transport

---

### Question IV.1 (1 point)

Chaque station implémente un service de détection de voisinage. Lorsqu'une station veut connaître la liste des stations immédiatement voisines sur le réseau IP elle émet un paquet UDP en multicast. La station envoie un paquet multicast et toutes les stations qui le reçoivent répondent. Grâce à quel paramètre des paquets UDP multicast ce système de « ping » peut-il permettre d'obtenir la liste de tous les voisins « immédiats » de l'émetteur ?

### Question IV.2 (1 point)

On considère que plusieurs stations peuvent diffuser chacune plusieurs fois un paquet de détection du voisinage et que chaque station peut enchaîner plusieurs demandes. Proposez une structure de paquet UDP de requête.

### Question IV.3 (1 point)

Proposez le corps de la Thread java qui attend la réception d'un paquet multicast et qui retourne une réponse cohérente selon votre réponse à la question IV.2. Ce programme tourne sans fin pour répondre à toutes les requêtes qui peuvent provenir de l'entourage.

### Question IV.4 (1 point)

Les électroniciens qui conçoivent les stations météo pensent qu'il est nécessaire de mettre en place des mécanismes de transmission des paquets WIFI (émit par les cartes sans fils) qui assurent qu'aucun paquet n'est perdu.

En considérant que ce réseau va être utilisé pour transporter des informations échangées via les protocoles applicatifs SMTP, FTP et HTTP, qui utilisent tous le protocole de transmission TCP, expliquez pourquoi il n'est pas utile d'assurer que les paquets WIFI de la couche de liaison arrivent à leurs destinations ?

### Question IV.5 (1 point)

Cependant la transmission d'informations « fiables » avec le protocole TCP est plus coûteuse que la transmission des mêmes informations avec le protocole UDP. Si l'on souhaite transmettre une structure de données de 200 octets de données mesurées sur une station météo via UDP, combien d'octets vont réellement circuler sur le paquet UDP envoyé par les voies hertziennes ? Si les mêmes 200 octets sont transmis via TCP, combien de paquets TCP vont circuler (expliquez le rôle de chacun d'eux) ? Combien d'octets circulent ainsi réellement par les voies hertziennes avec TCP ?

## Partie V - Serveurs SMTP et FTP

---

Le programme déployé dans les stations de travail est susceptible de déclencher l'émission d'un mail d'alerte vers un destinataire prédéfini lorsque certaines situations hydrométriques sont atteintes. Pour cela il utilise une classe java Mail qui dispose d'un constructeur `mail(string string)` et d'une méthode `send()` tel qu'indiqué ci-dessous :

```
public Class Mail {
    static public InetAddress smtp = ...(1)... ;
    ...(2)... ;
    public Mail(String destinataire, String Message) {
        ...(3)...
    }
    public void send() {
        ...(4)...
    }
}
```

### Question V.1 (1 points)

Donnez la liste des échanges de données qui vont de avoir lieu au dessus du protocole TCP, vers le serveur SMTP, lorsque la station météo (adresse IP `172.16.10.3`) envoie un email d'alerte au destinataire `admin@mameteo.fr`.

### Question V.2 (1 points)

La variable statique `smtp` donne l'adresse du serveur SMTP à utiliser. Affectez cette variable avec l'adresse IP du serveur mail « `smtp.lifl.fr` » (zone de texte marquée par `...(1)...`). Proposez aussi une implémentation du constructeur et des variables d'instances à définir (zones `...(2)...` et `...(3)...`)

### Question V.3 (3 points)

Proposez une implémentation de la procédure `send()`. Cette méthode envoie le message sur lequel elle est appliquée au service d'email spécifié par la variable de classe SMTP.

**N.B.** Pour cette dernière question vous devrez utiliser la classe Socket présenté en cours.