

---

# EXAMEN PROFESSIONNEL DE PROMOTION INTERNE D'INGÉNIEUR TERRITORIAL

SESSION 2016

ÉPREUVE DE PROJET OU ÉTUDE

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

L'établissement d'un projet ou étude portant sur l'une des options choisie par le candidat, au moment de son inscription.

Durée : 4 heures

Coefficient : 5

**SPÉCIALITÉ : INFORMATIQUE ET SYSTÈMES D'INFORMATION**

**OPTION : RÉSEAUX ET TÉLÉCOMMUNICATIONS**

**À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :**

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni votre numéro de convocation, ni signature ou paraphe.
- ♦ Aucune référence (nom de collectivité, nom de personne, ...) **autre que celles figurant le cas échéant sur le sujet ou dans le dossier** ne doit apparaître dans votre copie.
- ♦ Seul l'usage d'un stylo à encre soit noire, soit bleue est autorisé (bille non effaçable, plume ou feutre). L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou pour souligner, sera considérée comme un signe distinctif, de même que l'utilisation d'un surligneur.
- ♦ L'usage de la calculatrice autonome et sans imprimante est autorisé.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 11 pages**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend  
le nombre de pages indiqué**

*S'il est incomplet, en avertir le surveillant*

- ♦ Vous préciserez le numéro de la question et le cas échéant de la sous-question auxquelles vous répondrez.
- ♦ Des réponses rédigées sont attendues et peuvent être accompagnées si besoin de tableaux, graphiques, schémas...

Vous êtes nouvellement recruté comme adjoint au directeur des systèmes d'information et télécommunications de la ville d'Ingéville (50 000 habitants). Votre supérieur hiérarchique vous confie un projet d'interconnexion de nouveaux sites distants (les contours du projet et les caractéristiques des bâtiments sont exposés dans l'ANNEXE A).

### **Question 1 (5 points)**

- a) Vous définirez la notion de VPN (Virtual Private Network / Réseau Privé Virtuel) et en expliquerez le fonctionnement.
- b) Vous comparerez les interconnexions effectuées via un VPN IPSEC et un VPN MPLS, puis justifierez le choix de la solution VPN / IPSEC pour le bâtiment A.

### **Question 2 (5 points)**

- a) A l'aide d'un schéma commenté, vous représenterez le réseau hertzien permettant de relier les bâtiments B et C à l'hôtel de ville, et en décrierez le fonctionnement.
- b) Vous justifierez la faisabilité d'un tel projet et expliquerez pourquoi vous pouvez déployer un réseau propriétaire en vous affranchissant d'un opérateur.

### **Question 3 (8 points)**

Vous décrierez les grandes étapes de la mise en œuvre du projet de réalisation du réseau hertzien qui vous a été confié.

### **Question 4 (2 points)**

Si un des deux bâtiments (B ou C) n'était pas « visible » du point haut (bâtiment D), car caché par un bâtiment « intermédiaire » qui appartient à la ville, quelle solution envisageriez-vous pour réaliser tout de même l'interconnexion hertzienne ?

### **Liste des documents :**

- Document 1 :** « Décision n° 2005-1081 du 13 décembre 2005 assignant des fréquences aux installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques dans la bande 5 GHz » - *Journal Officiel de la République Française n°19* - 22 janvier 2006 - 2 pages
- Document 2 :** « Extraits de la fiche technique de l'antenne point à point Infilink 2x2 » - *fr.infinetwireless.com* - consulté le 18 janvier 2016 - 1 page
- Document 3 :** « Extraits de la fiche technique de l'antenne point à multipoint Infilink 2x2 » - *fr.infinetwireless.com* - consulté le 18 janvier 2016 - 1 page

- Document 4 :** « Brignoles : profiter de la performance d'un wimax sans payer de licence » - [www.lagazette.fr](http://www.lagazette.fr) - 28 janvier 2010 - 2 pages
- Document 5 :** « Etude de couverture radio - Pour quoi faire ? » - [www.adw-network.com](http://www.adw-network.com) - consulté en novembre 2015 - 1 page
- Annexe A :** « 3 projets d'interconnexion des quatre bâtiments municipaux » - ville d'INGEVILLE - 2016 - 1 page

**Documents reproduits avec l'autorisation du CFC**

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

## DOCUMENT 1

Journal Officiel de la République Française n°19 du 22 janvier 2006

Texte n° 17

### DECISION

#### **Décision n° 2005-1081 du 13 décembre 2005 assignant des fréquences aux installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques dans la bande 5 GHz**

L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes,

Vu la directive 98/34/CE du Parlement européen et du Conseil du 22 juin 1998 prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques et des règles relatives aux services de la société de l'information, et notamment la notification 2005/0418/F ;

Vu la décision de la Commission européenne du 11 juillet 2005 sur l'utilisation harmonisée du spectre radioélectrique dans la bande de fréquences de 5 GHz pour la mise en œuvre des systèmes d'accès sans fil, y compris les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN) ;

Vu la recommandation de la Commission européenne du 20 mars 2003 concernant l'harmonisation de l'accès R-LAN du public aux réseaux et services publics de communications électroniques dans la Communauté ;

Vu la décision ECC/DEC/(04)08 de la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT) relative à l'utilisation harmonisée des bandes de fréquences 5 GHz par des systèmes d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN) ;

Vu la recommandation T/R 70-03 de la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT) relative à l'utilisation des appareils de faible portée ;

Vu le code des communications électroniques et des postes, et notamment son article L. 36-7 (6°) ;

Vu le décret du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L. 32 du code des postes et des communications électroniques et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques ;

Vu l'arrêté du 25 mars 2004 relatif au tableau national de répartition des bandes de fréquences ;

Vu la décision n° 2005-1080 de l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes, en date du 13 décembre 2005, fixant les conditions d'utilisation d'installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques dans la bande 5 GHz ;

Vu la décision n° 2002-1091 du 3 décembre 2002 attribuant des fréquences aux installations radioélectriques à haute performance dans la bande 5150-5350 MHz ;

Vu les observations formulées par la Commission européenne relatives à la notification 2005/0418/F (message daté du 30 novembre 2005) ;

Après en avoir délibéré le 13 décembre 2005,

Sur le cadre juridique :

Conformément au 6° de l'article L. 36-7 du code des postes et des communications électroniques (CPCE), l'Autorité assigne aux opérateurs et aux utilisateurs les fréquences nécessaires à l'exercice de leur activité dans les conditions prévues à l'article L. 42-1 du CPCE.

Par la présente décision, l'Autorité assigne aux installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques, aussi appelés WAS/RLAN (Wireless Access System including Radio Local Area Network), des fréquences de la bande 5 GHz pour un usage libre sous réserve du respect des conditions d'utilisation des fréquences déterminées par la décision

n° 2005-1080 fixant les conditions d'utilisation d'installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques dans la bande 5 GHz.

Sur le libre établissement de ces installations :

La recommandation de la Commission européenne du 20 mars 2003 précise que les Etats membres ne doivent pas soumettre à l'octroi de droits individuels l'utilisation des bandes 2,4 GHz ou 5 GHz disponibles pour l'exploitation de systèmes R-LAN.

Considérant l'intérêt pour le secteur des nouvelles technologies de l'information que constitue le développement de telles installations locales sans fil, l'Autorité estime nécessaire d'assigner ces bandes de fréquences aux installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN) et de permettre leur libre utilisation sous réserve du respect des conditions techniques applicables. L'utilisation de ces fréquences ne nécessite donc pas de délivrance par l'Autorité d'une autorisation individuelle d'utiliser des fréquences,

Décide :

#### **Article 1**

La présente décision concerne les installations radioélectriques à large bande permettant un accès sans fil à des applications publiques et privées quelle que soit la topologie du réseau sous-jacent.

#### **Article 2**

La bande de fréquences 5150-5350 MHz est assignée aux installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN), limitée à l'intérieur des bâtiments. La bande de fréquences 5470-5725 MHz est assignée aux installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN) à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. L'utilisation de ces fréquences par ces installations est libre, c'est-à-dire qu'elle ne nécessite pas de délivrance par l'Autorité d'une autorisation individuelle d'utiliser des fréquences.

#### **Article 3**

Les installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN) utilisant les bandes de fréquences assignées par la présente décision doivent respecter les conditions d'utilisation définies par la décision n° 2005-1080 de l'Autorité.

#### **Article 4**

Les installations d'accès sans fil incluant les réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN) visées par la présente décision fonctionnent sur une base de non-brouillage et sans garantie de protection. De ce fait, elles ne doivent pas occasionner de gênes à d'autres utilisateurs autorisés et ne bénéficient pas de la garantie de la disponibilité d'une fréquence.

#### **Article 5**

La décision n° 2002-1091 du 3 décembre 2002 susvisée est abrogée et remplacée par la présente décision.

#### **Article 6**

Le chef du service opérateurs et régulation des ressources rares est chargé de l'exécution de la présente décision, qui sera publiée au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 13 décembre 2005.

Le président,

P. Champsaur

## DOCUMENT 2

### Extraits de la fiche technique de l'antenne point à point Infilink 2x2



#### INFILINK 2x2 Point-to-Point



INFILINK 2x2 est une solution sans fil point à point qui peut atteindre un débit de traitement de 280 Mbps et permet d'effectuer des transmissions sans fil à des distances supérieures à 80 km.

#### Bandes de fréquences

- 3.4 -3.7 GHz / 4.9 - 6.0 GHz / 6.0 - 6.4 GHz

#### Principales applications

- Liaisons terrestres haute capacité pour stations de base 4G/LTE/WiMAX.
- Liaisons terrestres pour infrastructure WISP.
- Connectivité d'immeuble à immeuble.
- Liaison terrestre cellulaire redondante en IP natif.
- Alternative économique aux liaisons traditionnelles ou aux lignes câblées louées.

#### Principales caractéristiques et points importants

- Technologie innovante à « Entrées Multiples – Sorties Multiples » (MIMO 2x2)
- Capacité de mise à niveau logicielle en fonction de la croissance
- Haute capacité – jusqu'à 280 Mbps de débit de traitement
- Largeurs de voie de 5/10/20/40 MHz
- Distance exploitation : 80 km
- Déploiements en visibilité directe
- Consommation d'énergie : 7 W
- Tension d'alimentation : 9 à 56 Volt
- Protection contre la poussière et l'humidité classe IP66 / IP67
- Protection intégrée contre la foudre
- Plage de température de fonctionnement : de -55 à +60 °C
- Qualité de service (QoS)
- Commutateur complet L2 compatible à VLAN, Q-in-Q, STP, etc.
- Routage statique et dynamique
- Port Gigabit Ethernet (10/100/1000 Base-T)
- Connecteur RJ-45 / Port Série (RS-232)
- Rayon d'action : 90 degrés.
- Dimensions : 240 x 240 x 51 mm / Poids : 2,3 Kg

## DOCUMENT 3

### Extraits de la fiche technique de l'antenne point à multipoint Infilink 2x2



INFILINK 2x2 est une solution sans fil point à multipoint qui peut atteindre un débit de traitement de 240 Mbps et permet d'effectuer des transmissions sans fil à des distances supérieures à 25 km.

#### Bandes de fréquences

- 3.4 -3.7 GHz / 4.9 - 6.0 GHz / 6.0 - 6.4 GHz

#### Principales applications

- Réseaux locaux à grande vitesse ou réseaux d'entreprise longue distance
- Réseaux de CCTV et de vidéo-surveillance
- Services triple Play pour FAI sans fil
- Connectivité longue portée en zone rurale
- Réseaux gouvernementaux et municipaux

#### Principales caractéristiques et points importants

- Capacité de mise à niveau logicielle en fonction de la croissance
- Haute capacité – jusqu'à 240 Mbps de débit de traitement
- Largeurs de voie de 5/10/20/40 MHz
- Distance exploitation : 25 km
- Déploiement en visibilité directe
- Consommation d'énergie de 12 W / Tension d'alimentation de 9 à 56 Volt
- Protection contre la poussière et l'humidité classe IP66 / IP67
- Protection intégrée contre la foudre
- Plage de température de fonctionnement : de -55 à +60 °C
- Qualité de service (QoS) / Commutateur : VLAN, Q-in-Q, Spanning tree, etc.
- Routage statique et dynamique (RIP, OSPF)
- Port Gigabit Ethernet (10/100/1000 Base-T)
- Connecteur RJ-45 / Port Série (RS-232)
- Rayon d'action : couverture circulaire
- Interface Web de surveillance et de gestion
- Collecte de statistiques des protocoles SYSLOG, LLDP et SNMP
- Dimensions : 370 x 370 x 85 mm / Poids : 3,7 Kg

## **Brignoles : profiter de la performance d'un wimax sans payer de licence**

Choisie d'abord pour répondre aux besoins de la vidéosurveillance, l'infrastructure accueille aussi la voix et les données.

Comment allier la performance du wimax et la gratuité du wifi ? La nouvelle infrastructure de télécommunications, opérationnelle depuis septembre 2007 à Brignoles (Var), répond à ce double défi. Habituellement le déploiement du wimax est un choix d'aménagement du territoire mené par un département ou une région pour assurer la couverture numérique de zones « blanches » trop coûteuses à relier en fibre optique. C'est moins banal à l'échelle d'une ville de 12 000 habitants.

Nous n'avons pas connaissance d'autre exemple, comme le nôtre, affirme Eric Labous, responsable informatique et télécommunications de Brignoles. Afin de compléter nos liaisons en fibre optique, nous avons installé des équipements de technologie wimax pour la transmission sans fil à haut-débit. Mais nous n'avons aucune licence à payer, puisque la liaison transite ici par la fréquence radio de 5 à 6 GHz, libre d'usage depuis octobre 2006. Cette solution alternative permet à la commune de faire circuler dans un même « tuyau » les images animées des caméras de surveillance, les données informatiques et les communications téléphoniques.

### **Remise à plat**

L'installation de la vidéosurveillance et de ses 16 caméras a été le facteur déclenchant de cette remise à plat de l'infrastructure. Soit nous placions un opérateur par caméra en payant un abonnement, soit nous procédions à l'interconnexion des flux vidéo. Internet s'avérait être le canal de communication incontournable, mais se posait alors le problème de la performance car la transmission d'image est très gourmande en bande passante, détaille Eric Labous. C'était l'occasion de rationaliser l'installation existante et de rassembler tous les besoins de communication sur un réseau unique. Le support en fibre optique a été la première pierre à cet édifice de télécommunication, mais, très vite, l'intérêt des liaisons sans fil par ondes radio à longue distance s'est imposé pour les sites éloignés de plus de 2 kilomètres de la mairie (services techniques, médiathèque et police). Ce lien de type wimax (ou dit « pré-wimax » en opposition aux licences payantes wimax) est piloté par une station de base (modèle Infonet du distributeur spécialisé en équipement de télécommunications MPI Télécom). Installée à la mairie, cette station est en quelque sorte le « cerveau » du réseau, dont les multiples points s'interconnectent. Le relais est réalisé par des antennes « intelligentes » qui redistribuent les flux entre la mairie et les bâtiments les plus distants. Nous avons des débits garantis de 22 mégabits par seconde avec une qualité de transmission sans perturbations, contrairement à une solution à base de liaisons wifi à 2 GHz, complète Eric Labous.

### **Architecture modulaire**

L'installation d'une téléphonie de nouvelle génération était la suite logique du projet. Ainsi, l'ensemble des services de la commune est relié à un serveur unique installé à la mairie. Un

autocommutateur analogique et une liaison internet ont été conservés en secours pour le PC de crise installé dans un autre bâtiment. Mais cette infrastructure est loin d'être figée. Depuis le basculement sur le nouveau réseau en septembre 2007, deux des quatre antennes « intelligentes » ont été remplacées par des liaisons en fibre optique. Elles pourront bientôt être réutilisées, sans coût supplémentaire, pour interconnecter cette fois les huit écoles élémentaires et les raccorder au serveur téléphonique de la ville.

### **Nous amortirons notre installation en moins de trois ans**

« Nous avons opté pour une infrastructure à la fois performante et très économique. La connexion à haut-débit par voie hertzienne sur la fréquence 5 à 6 GHz est la moins coûteuse, puisque nous ne payons pas de licence. Le coût de l'interconnexion de deux bâtiments, matériel compris, est de moins de 15 000 €. En associant les flux informatiques et le téléphone sur le même réseau, nous réalisons une économie de 22 000 euros en coût de communication, et grâce à la suppression des abonnements, ainsi qu'un gain de 16 000 euros sur la facture de l'opérateur internet. Nous estimons notre retour sur investissement à moins de trois ans. Nous estimons économiser ainsi 88 000 euros de budget de fonctionnement par an. Grâce à la qualité de transmission de cette architecture hybride, nous nous affranchissons de la souscription à un abonnement de 40 000 euros pour obtenir un réseau de vidéosurveillance de qualité similaire. »

## DOCUMENT 5

### **Etude de couverture radio – Pour quoi faire?**

La radio est sensible à l'environnement des lieux, à la configuration des bâtiments et aux perturbations potentielles.

L'objectif d'une étude de couverture radio est de définir la couverture optimale sur un site précis pour le bon fonctionnement d'un réseau sans fil (Wifi, Wimax, liaison hertzienne). Une analyse du site (site survey) est conduite pour déterminer le nombre et la position des équipements et des points d'accès radio nécessaires.

Pour cela les mesures réalisées sont interprétées sur plusieurs critères :

- L'intensité du signal
- Le rapport signal/bruit
- Le débit

Un compte-rendu détaillé et présente les points d'échantillonnage réalisés pendant les mesures, ainsi que le nombre et la position exacte des bornes radio qui seront nécessaires.

**Besoin :** Déployer un réseau sans fil. Vérifier que la couverture radio répondra à tous les besoins de débit des sites interconnectés.

**Méthodologie :** Procéder à une analyse radio minutieuse de l'environnement qui permet de définir une cartographie précise des équipements radio et toutes les spécifications nécessaires au bon déploiement d'un réseau sans fil. Le compte-rendu détaillé avec les préconisations permet de mettre en œuvre les dernières normes haut débit 802.11ac et l'utilisation d'applications temps réel comme la ToIP sur WiFi :

- Plan d'implantation des bornes / antennes.
- Plan cellulaire (couverture radio d'une cellule et couverture de toutes les cellules avec les zones de recouvrement).
- Plan de fréquence.
- Plan capillaire.
- Schéma d'architecture.
- Préconisation de la solution envisagée incluant la sécurité et éventuellement les switchs supportant les VLANs.
- Coût prévisionnel de déploiement de la solution préconisée.

## ANNEXE A

### **3 projets d'interconnexion des 4 bâtiments municipaux**

Quatre bâtiments municipaux, jusqu'à présent occupés par des associations, vont accueillir des agents de la ville qui auront besoin de se connecter au système d'information de la ville (messagerie, progiciels métier, intranet...).

Ces quatre bâtiments sont tous équipés d'un petit local technique contenant une baie de brassage. Le câblage jusqu'aux futurs postes de travail est récent et opérationnel.

#### **Bâtiment A**

Il est situé à 500 mètres de l'hôtel de ville. Les coûts importants des travaux de voirie ne permettent pas d'amener jusqu'à ce bâtiment une fibre optique propriétaire. Les débits ADSL dans ce quartier de la ville étant très satisfaisants, la solution d'interconnexion retenue est celle du VPN IPSEC, qui sera configuré par le service informatique.

#### **Bâtiments B et C**

Les bâtiments B et C sont respectivement situés à 1,2 km à l'ouest et à 800 mètres au sud-est de l'hôtel de ville. Ils ne sont ni l'un ni l'autre « visibles » par un observateur qui se tiendrait sur le toit de l'hôtel de ville.

La solution d'interconnexion retenue est celle d'une liaison hertzienne propriétaire (Boucle Locale Radio).

#### **Bâtiment D (point haut)**

Le bâtiment D est une tour de 12 étages appartenant à l'OPHLM de la ville. Il se trouve à 1 km au nord de l'hôtel de ville. Du toit terrasse de cette tour, l'hôtel de ville ainsi que les bâtiments B et C sont visibles.