

Ministère de la Transformation Numérique, de
l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration



**Extension du réseau intranet administratif haut
débit (RIAD) de Nouakchott
Etude technique et détaillée**

1 INTRODUCTION

L'objectif de ce projet est d'étendre le raccordement au réseau haut débit qui existe sur certains sites administratifs de Nouakchott à la majorité des sites de l'Etat. Ce réseau permettra l'accès aux services d'Internet, aux plateformes d'hébergement des systèmes d'information de l'Etat, et la constitution d'un réseau administratif sécurisé.

Une consultation a été lancée afin d'élaborer le cahier des charges et le document d'appel d'offres (DAO) pour le déploiement du réseau Inter-Administrations et d'assurer la supervision des travaux. Le groupement Jidcom/Next a été sélectionné afin d'assurer cette mission.

Cette note a pour objet de donner les résultats de l'architecture proposée pour l'extension du réseau RIAD, suite à l'étude préalable dont l'audit des sites à desservir.

Les éléments techniques de cette étude permettront d'établir le cahier des charges qui sera inséré dans le DAO qui sera élaboré pour ce projet.

2 DESCRIPTION DU PROJET

Suite aux études préalable, les choix suivants ont été effectués :

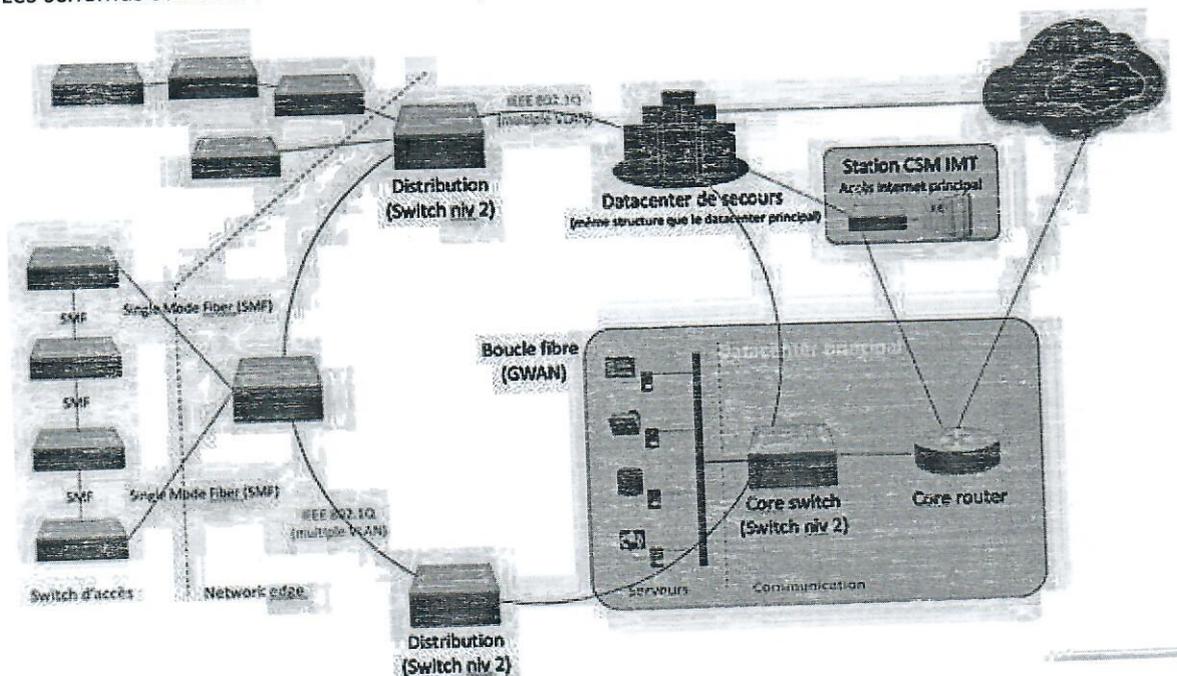
- Le déploiement d'un Réseau Mobile Privé en technologie LTE, permettant de couvrir rapidement la grande majorité des sites.
- Le déploiement des équipements sur la boucle locale en fibre optique existante et la mise en place des équipements de cœur de réseau fibre et LTE dans deux sites en redondance.

L'objectif est de déployer dans un première phase le réseau LTE et les équipements de la boucle optique, afin de desservir les sites situés à proximité immédiate de la boucle par de la fibre optique, et la grande majorité des autres sites par une connexion LTE.

Une deuxième phase, des boucles secondaires en fibres optiques permettront de desservir une partie des sites, qui conserveront la connexion LTE comme un accès de secours.

2.1 DESCRIPTION DE L'ARCHITECTURE

Les schémas suivants donnent une description de l'architecture demandée dans le DAO :



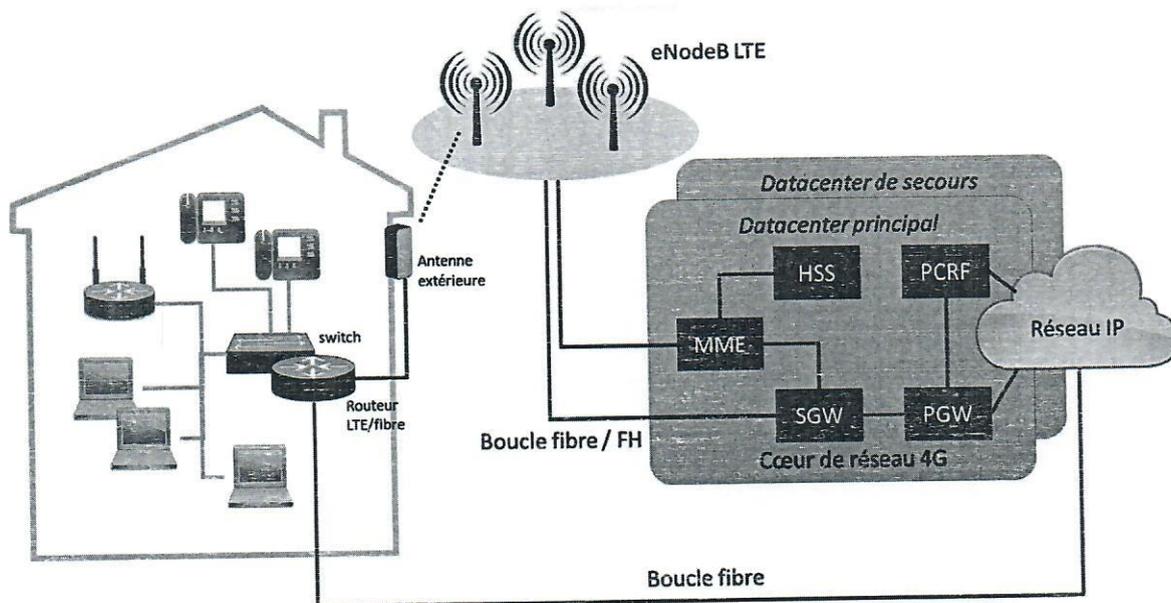


Figure 2 : architecture du réseau LTE cible

Les équipements de cœur de réseau fibre et LTE seront installés dans deux sites en redondance. Le schéma d'architecture du réseau LTE montre le cas d'un site desservi à la fois en LTE et en fibre, mais certains sites ne seront desservis qu'en LTE.

2.2 PRESTATION ATTENDUES AU TITRE DU DAO

Les prestations suivantes sont décrites dans le DAO et attendues de la part des soumissionnaires :

- L'adaptation du site principal et du site secondaire qui accueilleront les équipements de cœur de réseau, ainsi que des sites accueillant les switches de distribution ;
- Le déploiement des câbles à fibres optiques constituant les boucles secondaires et les dessertes des sites (de préférence sous forme de boucles de dessertes) ;
- La mise en place des équipements de la boucle optiques et du cœur de réseau LTE ;
- Le déploiement des équipements actifs du réseau d'accès (eNodeB, ...), ainsi que leur raccordement au cœur de réseau et l'aménagement des sites retenus par le titulaire du marché suite à son étude préalable ;
- La fourniture et de déploiement dans tous les sites des administrations des équipements d'accès permettant une double connexion fibre/LTE ;
- Un système de supervision du réseau fibre et LTE ;
- La fourniture d'une prestation d'exploitation et de maintenance du réseau pendant un an reconductible, avec formation des équipes locales.

3 PRESENTATION DU RESEAU LTE

3.1 RESUME DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PROPOSEES

3.1.1 Choix de la technologie LTE (4G)

Afin de permettre un accès à une technologie THD (Très Haut Débit) à tous les sites, soit en secours pour les sites qui pourront être desservis par la fibre, soit comme accès principal pour les sites plus éloignés de la boucle optique de Nouakchott, le choix s'est porté sur la technologie LTE/4G.

Dans le cas de Nouakchott, la technologie 4G permettra d'offrir une infrastructure THD aux sites de l'Etat difficilement raccordables à la fibre optique, ou comme accès de secours aux sites qui seront raccordés à la boucle métropolitaine. Cet accès pourrait être également utilisé dans l'avenir pour d'autres services, tels que la vidéo-surveillance, la géolocalisation de véhicule, voire pour un service de téléphonie mobile destiné à l'Etat.

Le réseau envisagé sera dans un premier temps destiné uniquement à la data, et sans gestion de la mobilité, puisque destiné à raccorder des bâtiments.

Toutefois, la gestion de la voix et de la mobilité pourrait être ajoutée ultérieurement sans modification de l'infrastructure, dans la mesure où cela ne demande qu'une extension du cœur de réseau. Cette possibilité permettrait par exemple aux services de l'Etat (Administrations, services de sécurité et de santé...) de disposer d'un réseau de téléphonie mobile privé et indépendant des opérateurs, avec ou non un raccordement vers le réseau téléphonique public.

3.1.2 Type de réseau demandé

Le réseau demandé dans le DAO est un réseau 4G classique, comprenant donc tous les éléments de cœur de réseau 4G standard, mais sous une forme compacte puisque ne desservant qu'un nombre réduit d'usager.

Les fonctions de téléphonie et de mobilité ne seront pas activées, ce qui réduit la partie licences logicielles, mais en cas de besoin, et après autorisation de l'Autorité de Régulation, ces fonctionnalités pourront être ajoutées au réseau par simple achat de licence et configuration logicielle.

3.1.3 Antennes

L'étude de couverture des soumissionnaires leur permettra de déterminer leur nombre et positions. A ce titre, la définition de la bande de fréquence allouée au projet est primordiale dès le lancement de l'appel d'offre, car elle influe directement sur les études de couverture.

Les antennes demandées sont des eNodeB LTE classiques de type Macro MIMO, avec une préférence pour la technologie MIMO 4 x 4.

Les sites seront raccordés au cœur de réseau en priorité via la boucle optique, et éventuellement, si une antenne devait être déployée sur un site trop éloigné, via au faisceau hertzien.

Il est expressément demandé au titre du DAO d'organiser les sites d'antennes de manière à ce que ces sites puissent être mutualisés, donc que les opérateurs puissent s'ils le demandent, installer leurs propres équipements sur les sites, moyennant bien sûr un accord à définir.

3.1.4 Equipements terminaux

Les équipements demandés pour les sites contiennent :

- Un routeur LTE/fibre ;
- Une antenne extérieure LTE ;
- Un switch ;
- Un onduleur.

Les routeurs seront équipés de cartes SIM standard, qui seront fournies au titre du marché. L'attribution d'un code réseau (MNC) par l'Autorité de Régulation dédié à l'Etat, en amont de la commande des cartes SIM par le fournisseur retenu, sera donc nécessaire pour la réussite du projet.

3.1.5 Choix des fréquences 4G

Afin que le signal radio atteigne des éloignés de plusieurs kilomètres de la fibre, la solution optimale est l'utilisation d'une bande de fréquence de 10 MHz dans la bande des 700 MHz. La bande des 700 MHz a pour particularité de permettre un transport longue portée du signal et une meilleure pénétration du signal à l'intérieur des bâtiments, et est adaptée et permettra de déployer un nombre restreint d'antennes compte tenu de la nature des bâtiments de Nouakchott.

Elle permettrait de plus, si le réseau avait besoin d'être étendu à la voix, de pouvoir utiliser des terminaux du commerce, ce qui est plus compliqué lorsque les réseaux 4G utilisent des fréquences parfois utilisées pour les réseaux 4G privés (par exemple les bandes 2,3 et 2,6 GHz attribuée par l'Autorité de Régulation de Mauritanie aux services de BLR LTE).

Dans le cas de ce projet, le réseau prévu, même s'il est dans un premier temps destiné à des raccordements fixe, peut être considéré comme un vrai réseau mobile 4G dans la mesure où il pourra évoluer vers la téléphonie mobile, notamment pour les services d'urgence. A ce titre, il pourrait être éligible à l'affectation à une bande inférieure à 1 GHz.

Le choix de la bande de fréquence est un préalable au lancement du DAO, et un impact sur le budget du projet. En effet, le passage à une bande plus élevée que celle préconisée pourrait mener à doubler le nombre d'antennes à déployer pour une couverture identique, et donc d'après les estimations faites durant la phase d'étude, une augmentation de coût de l'ordre de 30 %, sur un budget estimé à 1,2 millions d'euros.

Note : en Europe, afin d'assurer un niveau d'harmonisation suffisant pour que les déploiements PPDR (Public Protection and Disaster Relief) sur des réseaux dédiés se fassent aux mêmes fréquences dans les pays d'Europe, la CEPT a adopté la décision ECC(16)02 harmonisant deux bandes de fréquences :

- La bande 400 MHz, qui regroupe les sous-bandes 410-430 MHz et 450-470 MHz ;
- La bande 700 MHz, avec deux blocs de 2x3 MHz et 2x5 MHz affectés au ministère de l'Intérieur

3.1.6 Aspect sécurité

Afin de garantir la sécurité des flux qui porteront des échanges des administrations, plusieurs exigences sont présentes dans le DAO :

- La possibilité de mettre en place une segmentation par sous-réseaux, pour les différents besoins (réseau administratif, santé...) ;

-
- La mise en œuvre des derniers standards de sécurisation des flux notamment au niveau radio (LTE et éventuellement FH). Ces standards permettent d'assurer que même en cas d'interception, les contenus ne puissent pas être accessibles.

3.2 PERIMETRE DU MARCHE

3.2.1 Périmètre géographique

Le Marché porte sur la couverture radio de plusieurs sites administratifs de la ville de Nouakchott, capitale de la Mauritanie.

Le centre de la ville présente une boucle de fibre optique historique, le Datacenter MESRSTIC, reliant les sites névralgiques de la capitale (tracé de la boucle métropolitaine de Nouakchott est donné en annexe). Le réseau fibre en place permet le transport de flux de données. L'objectif du marché est de définir et déployer une architecture de transport de données radio basée sur la technologie LTE afin d'atteindre plusieurs sites en périphérie de la boucle primaire d'une part et sécuriser les sites déjà couverts en fibre optique d'autre part.

Le système radio LTE est conçu pour le transport des communications données (envoi/réception de fichiers ou autres support multimédia) et images (envoi/réception vidéo, transport des images de vidéo surveillance). Ce système est mis en œuvre pour

- Permettre les communications data au sein des sites et entre les administrations.
- Offrir aux opérateurs de services de téléphonie mobile la possibilité d'utiliser une infrastructure mutualisée.

Ce périmètre comprend l'ensemble des sites listés en annexe

3.2.2 Périmètre technique général

Le Marché comprend toutes les prestations générales permettant la bonne conduite du projet en particulier : les études de conception, les études de dimensionnement des systèmes, les études d'exécution et la documentation, les éventuels développements spécifiques, la gestion des interfaces techniques et fonctionnelles, la livraison et le stockage des matériels, l'installation, l'intégration et les essais des équipements du Marché, les formations à destination des exploitants et mainteneurs, la participation aux essais d'intégration de l'ensemble des systèmes sur site.

3.2.3 Périmètre LTE

Le Marché a pour objectif de déployer un réseau LTE permettant de couvrir le périmètre défini au chapitre 2.1

Le Marché comprend les études de dimensionnement et de couverture radio, la fourniture, l'installation et l'intégration de l'ensemble des équipements du système LTE :

- Le cœur de réseau LTE et les applicatifs d'administration ;
- Les équipements actifs du réseau d'accès (eNodeB, ...) ;
- Les câbles optiques pour raccorder les équipements actifs ;
- Les équipements passifs ;
- Les équipements actifs embarqués (y compris cartes SIM) et leurs antennes (fourniture et assistance à l'installation) ;

- Les équipements nécessaires à la synchronisation ;
- Les outils de supervision des systèmes installés

3.2.4 Usages du système LTE

Comme indiqué précédemment, le système LTE est destiné en priorité aux communications radio data au sein des administrations et entre les différents sites du client.

3.2.5 Fréquences

Le réseau LTE à fournir par le Titulaire repose sur une largeur de bande de 10MHz dans la bande de fréquence des 700 MHz.

3.2.6 Bande 700 MHz

Une demande a été soumise dans la bande de fréquence des 700MHz afin de profiter de la longue portée dont bénéficie cette bande de fréquence et ainsi atteindre les sites les plus éloignés du centre.

Figure 1 : Bande des 700 MHz

Bande Up link	694-742
Bande Down link	742-790
Largeur	48 MHz
Opérateur	Libre

Comme présenté Figure 1, elles sont diffusées dans la bande des 700 MHz de la façon suivante :

- 694-742 MHz dans le sens montant (uplink)
- 742-790 MHz dans le sens descendant (downlink)

Le mode de transmission retenu est le FDD.

Des précisions ultérieures seront données quant à la position précise de la bande de fréquence.

Figure 2 : Bande des 800 MHz

Bande Up link	791-796		801-806	806-811	811-816	816-824	824-834
Bande Down link	832-837		842-847	847-852	852-857	857-865	869-879
Largeur	5 MHz		5 MHz	5 MHz	5 MHz	8 MHz	2 x 10 MHz
Opérateur	Libre		Libre	Mauritel 4G	Chinguitel 4G	Libre	Chinguitel CDMA

Figure 3 : Bande EGSM 880-890/925-935 MHz (EDGE)

Bande Up link	880-884	884-886	886-888	
Bande Down link	925-929	929-931	931-933	
Largeur	2 x 4 MHz	2 x 2 MHz	2 x 2 MHz	
Opérateur	Libre	Mauritel	Libre	

Les Figures 2 à 4 ci-dessus présentent la répartition des bandes de fréquences entre les opérateurs grand public en Mauritanie qui utilisent des bandes de fréquence différentes et espacées pour les sens montants et descendants (mode de transmission FDD).

3.2.7 La mutualisation avec les opérateurs de services de téléphonie mobile

Le Client souhaite également offrir la possibilité aux opérateurs de services de téléphonie mobile ou autres opérateurs de télécommunication d'utiliser une infrastructure mutualisée.

Les opérateurs susceptibles de bénéficier de cette architecture mutualisée sont au nombre de trois.

La solution mise en œuvre par le Titulaire doit permettre le déploiement des équipements actifs des opérateurs sur l'infrastructure déployée pour les besoins du système radio LTE.

3.2.8 Infrastructures mises à disposition du Titulaire

Différentes infrastructures existantes seront mises à disposition du Titulaire pour déployer ses équipements, à titre gracieux. Toutefois, les adaptations de ses infrastructures aux besoins du Marché seront à la charge du Titulaire :

- Une salle équipée destinée à accueillir les équipements du cœur de réseau ;
- Une salle équipée destinée à accueillir les équipements de backup du cœur de réseau ;
- Une paire de fibre sur tout le tracé de la boucle locale de Nouakchott ;
- Des points hauts appartenant à l'Etat susceptible d'accueillir les antennes 4G.

Ces infrastructures sont présentées en annexe de ces spécifications.

3.3 SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES

Le Système LTE est un réseau de transmission radio multiservice qui couvre les besoins en moyens de communication radio pour l'exploitation et la sécurité du réseau.

La liste ci-dessous présente les fonctions attendues du système LTE :

- Assurer les fonctions de communications de données
- Gérer la qualité de service et les priorités
- Garantir l'accessibilité aux ressources radio uniquement aux agents des différentes administrations
- Sécuriser les communications et des données

-
- Administrer le système Radio exploitant
 - Permettre l'inscription des abonnés
 - Assurer la remontée des défauts et des alarmes
 - Permettre le contrôle des équipements
 - Offrir la possibilité d'archiver les données et indicateurs pour l'établissement de suivis historiques et de statistiques
 - Permettre la sauvegarde et la restauration du système
 - Permettre l'enregistrement des données de connexion
 - Permettre un suivi de consommation des ressources et des services
 - Partager l'infrastructure rayonnante avec les opérateurs de services de téléphonie mobile

3.3.1 Assurer les fonctions de communications de type voix

3.3.1.1 Remplir les fonctionnalités de la mission voix

Le présent marché ne requiert pas le support des services de type voix avec gestion de l'itinérance, néanmoins il est demandé au titulaire d'indiquer les évolutions à apporter au réseau (fonctionnelles et matérielles) à déployer dans le cadre de cette consultation afin de permettre des communications de type Voix.

Ces évolutions doivent également faire l'objet d'une évaluation de coût en fonction d'hypothèses de dimensionnement proposé par le Soumissionnaire.

3.3.2 Assurer les fonctions de communications de données

Le système LTE doit assurer la transmission de données pour :

- La remontée des informations de localisation ;
- Le transport de tout type flux de données en uplink et downlink
- Les données nécessaires aux besoins de l'exploitation et de maintenance des systèmes.

3.3.2.1 Gérer la priorité des services

La qualité de service étant intégrée au protocole dans le LTE, les débits et les temps de latence (crucial car la radio LTE ne doit pas induire un délai trop long pour le flux des communications radio) doivent être garantis pour chaque service.

Le système LTE doit permettre intrinsèquement ces mécanismes de priorisation et de préemption par le choix d'une politique de QoS adaptée et notamment le choix d'un QCI par service (Quality of Service Class Identifier = identifiant de classe de QoS).

3.3.2.2 Itinérance

Les sites à couvrir ne nécessitent pas le support de fonction gérant la mobilité des usagers.

3.3.2.3 Sécuriser les communications et les données

Le système radio LTE, permettra le transport d'informations critiques, par conséquent il doit mettre en œuvre les mécanismes de sécurité permettant de satisfaire les fonctions :

-
- De vérification d'identité : la vérification d'identité peut se faire sur la base de l'identité de l'utilisateur, du terminal et de l'application ;
 - D'authentification des utilisateurs : cette fonction permet d'authentifier l'utilisateur sur la base de clef secrète d'authentification ;
 - D'intégrité et confidentialité : cette fonction permet de garantir que les données échangées ne sont pas altérées et qu'elles sont échangées entre deux entités authentifiées ;
 - De chiffrement du trafic utilisateur : la mise en place d'une politique de cloisonnement du trafic utilisateur ;
 - De cloisonnement de flux : cette fonction permet de séparer les flux de contrôle et de supervision, des flux de signalisation et des flux de services.

Le système LTE doit satisfaire aux exigences de cybersécurité applicable au domaine Réseaux et Télécoms Multi-services.

3.3.2.4 Assurer la remontée des défauts et des alarmes

Les anomalies liées au fonctionnement du service radio LTE, de ses équipements et de la communication entre eux doivent pouvoir être remontées à la supervision par des alarmes. Le Titulaire doit mettre en place une console de maintenance qui permet l'analyse des alarmes détectées.

3.3.2.5 Permettre le contrôle des équipements

Les équipements radio qui composent la radio LTE doivent être supervisés en temps réel d'une part pour détecter les anomalies liées à leur fonctionnement (e.g perte de performance, panne), d'autre part pour les mises à jour logicielles et les commandes à distance sur ces équipements (e.g marche, arrêt, réinitialisation, reconfiguration).

Le Titulaire doit mettre en place deux postes d'administration qui permettent le dépannage, le paramétrage et la configuration des équipements supervisés à distance.

Toutes les opérations de mise à jour logicielle des équipements distants (eNodeB, BBU, RRHs...) doivent pouvoir être effectuées à distance et de manière automatisée : une seule commande doit permettre d'effectuer une même mise à jour sur un, plusieurs ou sur l'ensemble des équipements joignables.

3.3.2.6 Offrir la possibilité d'archiver les données et indicateurs pour l'établissement de suivis historiques et de statistiques

La radio LTE doit pouvoir disposer des indicateurs liés à l'activité sur son réseau afin de constituer un suivi de performance et de qualité de service.

Le système LTE doit également permettre la mise en œuvre d'alerteurs (alarmes déclenchées pour des indicateurs de performance dépassant un seuil configurable) pour les indicateurs critiques vis-à-vis de l'exploitation du système.

3.3.2.7 Permettre la sauvegarde et la restauration du système

Le système LTE doit permettre la sauvegarde et la restauration des données.

3.4 SPECIFICATIONS TECHNIQUES

3.4.1 Principaux éléments du réseau LTE

Le Titulaire propose et fournit une architecture LTE implémentée sur la base des standards 3GPP et conçue pour offrir une couverture sur l'ensemble des sites précités. Cette infrastructure devra comprendre les éléments suivants (liste non exhaustive) :

- Un cœur de réseau LTE permettant l'acheminement des communications de données, l'authentification des abonnés et la gestion de la priorité et de la QOS.
- Des antennes Macro MIMO permettant la couverture en 4G des sites administratifs concernés. La technologie MIMO 4 x 4 est préconisée, tout autre choix devra être justifié. L'installation de ces antennes fait partie intégrante du marché.
- Un système de synchronisation
- Des cartes SIM, équipements terminaux, switch et onduleur à déployer sur chaque site
- L'ensemble des câbles RF, cuivre, optiques, connecteurs, coupleurs, et autres nécessaires au déploiement de l'architecture du système LTE doivent être fournis par le Titulaire.

Il est à noter que le Titulaire devra proposer une architecture compacte et optimale pouvant mutualiser plusieurs fonctions au sein d'une même baie quand cela est possible tout en prenant en compte des besoins d'évolution ultérieurs (ajouts de capacité, sécurisation, fonctions...).

3.4.2 Couverture radio

La couverture radio doit être optimisée pour offrir le meilleur service possible tout en minimisant le niveau d'exposition des personnes aux ondes électromagnétiques des équipements radio (émetteurs radio et terminaux mobiles).

Une étude radio détaillée dans chacun des environnements couverts par le système de Radio LTE est à réaliser par le Titulaire afin d'établir le bilan de liaison pour chaque technologie utilisée. Ce bilan de liaison devra être fourni par le Titulaire.

Le Titulaire doit mettre en œuvre une solution de test permettant de tester l'ensemble des bandes de fréquences identifiées et de valider la bonne couverture fournie par l'infrastructure installée.

3.4.3 Raccordement

Le raccordement des antennes jusqu'au cœur de réseau est à la charge du Titulaire. Ce raccordement peut être fait en fibres optiques (avec la possibilité d'utiliser les fibres optiques de la boucle mise à disposition au titre de ce Marché) ou en liaison radio.

L'avant-projet détaillé (APD) qui sera soumis par le Titulaire devra inclure ces liaisons, et sera soumis à une validation par le Client. La réalisation de ces liaisons devront répondre aux normes et usages en vigueur en Mauritanie, et aux règles de l'art en la matière.

3.4.4 Résilience

Le titulaire devra définir l'ensemble des principes de résilience du réseau LTE, toutes les interfaces devront être sécurisées.

La solution doit proposer un cœur de réseau avec redondance géographique. Deux salles techniques sont mises à disposition du projet, l'une pour les équipements de cœur de réseau principal, l'une pour les équipements de backup. Ces salles sont décrites en annexe

3.4.5 Equipements actifs dans les locaux techniques

Les équipements actifs doivent être installés dans les locaux techniques pour à la fois sécuriser leur accès et à la fois optimiser leur fonctionnement et les interventions pour la maintenance.

A ce titre un dossier présentant l'aménagement des locaux technique devra être fournit pour l'hébergement du cœur de réseau et des sites radio. Ces documents devront préciser les prérequis hébergement m², climatisation et énergie afin de préparer les salles techniques.

Les travaux d'aménagement des locaux techniques nécessaires au déploiement des équipements seront réalisés par le Titulaire du Marché.

Le descriptif de la salle prévue pour héberger le cœur de réseau est donné en annexe.

Les équipements doivent être en capacité de fonctionner dans des locaux techniques présentant une température 10°C à 45°C et un taux d'humidité de min 10% à 85%.

3.4.6 Principes d'allocation des priorités

Le Titulaire met en place une politique de priorisation basée sur les notions de QCI et de ARP.

Le Titulaire applique un unique MBR, ARP, QCI à chaque flux de service utilisateur dans le sens montant et dans le sens descendant. L'allocation du niveau de service se fait sur la base de la norme 3GPP.

3.4.7 Les classes d'accès et modalités de fonctionnement

Le Titulaire s'assure que les terminaux grand public en mode connecté sont interdit d'accès au réseau LTE.

3.4.8 Cartes SIM

Le titulaire devra fournir 1000 cartes SIM dans un premier temps au titre du marché.

Une solution de provisioning des cartes SIM incluant les fonctions de création/suppression de l'abonné dans le HSS doit être fournie par le Titulaire.

3.4.9 Modems routeurs LTE

Le titulaire devra proposer une gamme de modems routeurs LTE afin d'équiper les sites administratifs.

L'utilisation d'une antenne externe, alimentée via le raccordement au routeur, est à privilégier.

L'installation des antennes, routeurs, d'un switch de raccordement Ethernet Gigabit de 24 ports RJ45, et d'un onduleur permettant d'assurer une protection contre les surtensions et une autonomie hors secteur de 30 minutes, sur tous les sites indiqués en annexe, fait partie intégrante du marché.

De plus, les Soumissionnaires devront inclure un prix forfaitaire par site pour l'installation de nouveaux sites, en supposant qu'ils sont déjà sous couverture suffisante.

3.5 SPECIFICATIONS DE PERFORMANCES

Le Titulaire fournira des performances en accord avec les spécifications 3GPP et les exigences de ce document.

3.5.1 Couverture radioélectrique

La couverture radio doit être optimisée pour offrir le meilleur service possible tout en minimisant le niveau d'exposition des personnes aux ondes électromagnétiques des équipements radio.

Une étude radio détaillée dans chacun des environnements couverts par le système de Radio LTE (lieux de communication radio définis par le marché) est à réaliser par le Titulaire afin d'établir le bilan de liaison pour chaque technologie utilisée. Ce bilan de liaison permet entre autres :

D'évaluer l'équilibre entre le sens montant (terminaux mobiles vers stations de base radio) et descendant (stations de base radio vers terminaux mobiles).

D'évaluer les niveaux de réception équivalents qui servent pour la simulation de la couverture radio. Il s'agit de déterminer quel niveau possible de signal peut percevoir chacun des différents types de terminaux mobiles suivant les configurations requises.

Afin d'obtenir ces seuils, le Titulaire doit prendre en compte les différents critères techniques liés aux types d'environnement (indoor, outdoor), aux conditions de propagations, aux comportements des terminaux mobiles utilisés (puissance, vitesse...), à la configuration du réseau (les gains d'antenne, les pertes dans les câbles, les gains de diversité, les marges d'évanouissement...) et à la fréquence utilisée (700MHz).

Les sites radio seront raccordés au site hébergeant le cœur de réseau via la boucle locale de Nouakchott. Le raccordement entre les sites radio retenus par le Titulaire et la boucle locale font partie du marché, et devra être réalisé par le Titulaire.

Le tracé de la boucle locale, et une liste non exhaustive des points hauts appartenant à l'Etat et pouvant recevoir un site radio, sont donnés en annexe. Aucun droit ou taxe ne seront appliqués au Titulaire pour l'accès aux points hauts de l'Etat donnés en annexe.

3.5.2 Capacité

Une étude de dimensionnement détaillée pour l'ensemble des technologies déployées est à prévoir.

3.5.3 Transfert de fichiers

Le Titulaire doit assurer une qualité de service des données haut débit calculée en fonction du taux de succès d'un transfert d'un fichier de 10Mo avec un débit minimum fixé et dans un temps maximum donné.

3.5.4 Débits

Le Titulaire doit donc mettre en œuvre une solution permettant d'offrir par cellule, pour une bande 20MHz, un débit utile et constant de 20 Mbit/s dans le sens montant et 50 Mbit/s dans le sens descendant.

Le débit global du système doit au minimum pouvoir atteindre 1 Gbit/s dans le sens montant et 2,5 Gbit/s dans le sens descendant.

3.5.5 Disponibilité

La disponibilité inhérente globale doit être au moins égale à :

- 99,9995% pour le cœur de réseau du système LTE ;
- 99,95% pour l'ensemble du réseau d'accès ;

3.6 PRESTATIONS DU MARCHÉ

L'ensemble des prestations du Marché est défini dans la présente partie. Pour faciliter leur présentation, ces prestations ont été regroupées selon les grandes étapes d'activités :

- Études ;
- Fourniture et logistique ;
- Travaux ;
- Déploiement ;
- Essais et réception ;
- Maintien en condition opérationnelle ;
- Formation ;
- Documentation ;
- Management du contrat.

La présente partie n'a pas vocation à définir l'ordonnancement temporel précis et intangible de ces activités.

3.6.1 Etudes

Le Titulaire fournit :

- La liste prévisionnelle de production documentaire précisant le sommaire et le contenu de chaque document ;
- Le Planning détaillé prévisionnel de l'ensemble des prestations à réaliser (études, développements, logistique, travaux, contrôles/essais/réception, maintenance, formation, documentation) ;
- Le programme financier et le sous détail des prix pour chacune de ces phases ;

Les documents décrivant l'architecture générale des systèmes et les choix de conception logicielle et matérielle retenus pour répondre aux besoins. Dans ce cadre, le Titulaire définit notamment :

- Les emplacements prévisionnels pour les éléments cœur de réseau et radio ;
- L'ensemble des éléments nécessaires à la rédaction des dossiers réglementaires (demandes d'autorisation, de licence, d'agrément, de travaux...) et notamment la demande de fréquences auprès de l'autorité de régulation.

Le Titulaire fournit pour chaque système :

- Les documents d'architecture et les synoptiques détaillés ;
- Les études de couverture radio, les sites de maintenance et les ouvrages annexes. Dans ces études, le Titulaire doit présenter sa méthodologie et les résultats des simulations pour la couverture radio permettant de répondre aux exigences de performances attendues. Il doit notamment être pris en considération :
 - La topologie de l'espace à couvrir ;
 - Les contraintes de propagation ;
 - Le coefficient d'atténuation du signal en fonction des matériaux présents ;

Le Titulaire doit préciser pour chaque ouvrage l'implantation envisagée des équipements d'accès radio dans et hors des locaux techniques ainsi que les réservations à prévoir pour les cheminements de câbles nécessaires permettant de répondre à l'exigence d'une couverture radio optimale. Toutes les modélisations produites, y compris les fichiers source ainsi que la configuration exportée du logiciel de simulation utilisé, doivent également être fournies afin de permettre la validation des simulations de couverture réalisées ;

- Les dossiers de conception détaillée incluant les caractéristiques détaillées des matériels et des logiciels (fiches produit) ;
- Les notes de dimensionnement, y compris les bilans de puissance électrique et de dégagement calorifique ;
- Les dossiers de paramétrages et configurations ;
- Une étude de cybersécurité, le Titulaire fournit un document d'étude de cybersécurité démontrant le respect des exigences usuelles de cybersécurité.

3.6.2 Fourniture et logistique

Le Titulaire fournit l'ensemble des équipements, matériels et logiciels nécessaire au déploiement du présent marché.

Le Titulaire assure à ses frais, sur l'ensemble du Marché, la fourniture et l'installation de l'ensemble des licences d'exploitation et d'utilisation nécessaire au fonctionnement nominal et à l'exploitation des systèmes du Marché.

3.6.2.1 Livraisons et transfert de propriété

Les livraisons et les transferts de propriété des matériels et logiciels se feront du titulaire vers le client à la fin des essais.

3.6.3 Travaux

L'ensemble des prestations doit être conforme aux prescriptions des règlements et normes locales en vigueur à la date du Marché, ainsi qu'à celles imposées par le Maître d'œuvre relatives notamment

aux objectifs de performance, à la qualité et la fiabilité du matériel ainsi qu'aux impératifs de maintenance des équipements.

Le Titulaire :

- Met en œuvre tous les moyens matériels et en main d'œuvre qualifiée pour l'exécution des travaux ;
- Assure le transport, la livraison et le stockage de l'ensemble des équipements et matériels du Marché nécessaires à la réalisation des travaux spécifiés ;
- Réalise l'aménagement des salles techniques si nécessaire, cet aménagement inclus les travaux électriques.
- Réalise les travaux, installations, raccordements liés au déploiement de la solution LTE ;
- Le repérage définitif des équipements ;
- La configuration et l'intégration de l'ensemble des équipements du Marché ;
- Réalise les contrôles et essais sites ;
- Assure l'Ordonnancement/Pilotage/Coordination interne au groupement (cotraitant et sous-traitant) ;

3.6.4 Déploiement

Le Titulaire assure le déploiement de l'ensemble des équipements actifs et passif au titre du marché :

- Installation, raccordement, mise sous tension et configuration des équipements Cœur de réseau
- Installation, raccordement, mise sous tension et configuration des équipements Radio

L'ensemble des travaux de raccordement des installations fournies au réseau de Fibre optique existant incombe au Titulaire.

3.6.5 Essais et réception

Le Titulaire rédige :

Un programme d'essai présentant :

- L'ensemble des essais à réaliser ;
- Un planning détaillé de réalisation ;
- Un processus de vérification de la conformité des systèmes aux exigences contractuelles ;
- Un processus de suivi des anomalies lors des différentes phases ;
- Assure le support à tous les essais d'autres entités (autres titulaires, acteurs externes) qui mettent en jeu les services qu'il fournit.
- Des mesures de la couverture du réseau LTE PMR doivent être réalisées sur site afin d'assurer des niveaux de réception suffisants dans tous les lieux de communication avant le début des essais d'intégration.
- Un rapport d'essai pour chaque essai listé dans le cahier d'essais ;
- Un procès-verbal pour chaque phase d'essai et chaque système.

Les essais ont pour but de valider l'installation des équipements et de vérifier que chaque système, installé dans son environnement, est apte à assurer l'ensemble des fonctions qui lui incombent.

3.6.6 Maintien en condition opérationnelle

Il est demandé au Titulaire du marché d'assurer l'entretien et le maintien en condition opérationnelle de l'ensemble de la solution radio déployée et des sous-systèmes qui la composent pour une année qui pourrait être reconduite. De ce fait, le Titulaire devra soumettre un contrat de maintenance annuelle ainsi qu'une méthode d'évaluation des OPEX.

Le maintien en condition opérationnelle implique un support en astreinte pour l'ensemble des équipements et travaux associés aux systèmes LTE.

Durant toute la durée du contrat de maintenance, un transfert de compétence devra être opéré vers les équipes locales afin que celles-ci soient en capacité d'assurer, de manière autonome, l'exploitation et la maintenance des infrastructures LTE.

3.6.7 Formation

3.6.7.1 Offre de formation

Le Titulaire devra dispenser un ensemble de formations théoriques et pratiques afin que les équipes locales disposent d'une connaissance suffisante de l'ensemble des systèmes.

Les formations Exploitation et Maintenance ont pour objectif de former des représentants de l'exploitant et du mainteneur de façon à leur permettre ultérieurement de former leur propre personnel en toute connaissance - notamment - des règles liées au maintien de la sécurité et des performances.

Le Titulaire devra présenter un plan de formation, d'une durée minimale de 8 jours.

Le Titulaire doit prévoir le matériel de formation, les documents et autres accessoires qui sont nécessaires à la formation du personnel de l'exploitant.

Il doit fournir à tous les participants, la documentation pédagogique en rapport avec cette formation.

L'ensemble de la documentation associée sera soumis au visa du MOE.

Afin de fournir une description détaillée et des explications sur chaque sujet traité, le Titulaire met à la disposition des stagiaires le matériel nécessaire au bon déroulement des séances de formation, en particulier :

- Les supports audiovisuels ;
- Les organes et équipements, ainsi que les outillages nécessaires aux travaux pratiques ;
- Les documents de formation ;
- Les bancs d'essais ;
- Les équipements informatiques de démonstration.

Le Titulaire remet une documentation de formation destinée à servir de support pour l'instructeur.

3.6.7.2 Formateurs

Les formateurs devront être agréés et présenter plusieurs années d'expérience dans le domaine de la formation.

Le Titulaire devra transmettre dans sa réponse les curriculums vitae des formateurs retenus.

3.6.7.3 Langue

Toutes les séances de formation et les documents afférents sont en français.

3.6.7.4 Enregistrement

Le Maître d'Ouvrage se réserve le droit de filmer ou de faire filmer les séances de travaux pratiques et de démonstrations sur les équipements pour tout usage de formation complémentaire ou de communication.

3.7 GESTION DES OBSOLESCENCES

Le Titulaire devra fournir le cycle de vie de l'ensemble des équipements déployés et garantir une pérennité de 10 ans minimum des équipements à partir de la date d'installation. La documentation produit devra mentionner les différentes phases du cycle de vie des produits et logiciels constituant le réseau LTE (fin de commercialisation, fin de support, ...), et les coûts prévisionnels associés.

3.8 GLOSSAIRE

LTE	Long Terme Evolution
SIM	Subscriber Identity/identification Module
eNodeB	Evolved Node B
FDD	Frequency-division duplexing
TDD	Time Division Duplexing
QOS	Quality Of Service
QCI	QoS Class Identifier
BBU	Base Band Unit
RRH	Remote Radio Head
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
ARP	Allocation and Retention Priority
MBR	Maximal Bit Rate
HSS	Home Subscriber Server

4 PRESENTATION DU RESEAU FIBRE

4.1 OBJECTIF ET DESCRIPTION DU RESEAU

La plupart des sites gouvernementaux sont concentrées à Nouakchott ou à proximité.

Le GWAN sera un réseau gouvernemental dédié et principalement basé sur la fibre. Ce réseau s'appuiera sur :

- La boucle métropolitaine de Nouakchott gérée par l'IMT qui mettra à disposition douze paires de fibres (sur 144)
- Des boucles secondaires seront déployées dans le cadre de cet appel d'offres pour connecter une partie des sites du gouvernement, avec deux accès physiques distincts.

En phase transitoire, un réseau LTE 4G sera déployé pour connecter tous les sites au cœur de réseau.

Ce réseau 4G sera maintenu pour assurer le raccordement à long terme des sites qui ne pourront pas être connectés en fibre (trop éloignés du réseau fibre, en location, non pérennes, etc..), et pour assurer un back-up minimal en cas d'incident réseau fibre.

Le GWAN sera composé des éléments suivants :

- Une boucle principale reliant des sites de l'état à des sites primaires et secondaires géographiquement diversifiés
- Des sites centraux GWAN primaires avec routeurs centraux, pare-feux centraux et commutateurs centraux
- Des sites de distribution et d'accès GWAN primaires et secondaires avec switches de distribution ou d'accès
- Un centre principal pour héberger les équipements de Coeur de réseau avec un site de back-up
- Un accès Internet dédié pour chacun des deux cœurs de réseau fourni par :
 - o Un accès direct à l'IMT
 - o Un fournisseur de services alternatif.

Le réseau devra permettre de réaliser une segmentation afin de pouvoir séparer plusieurs sous réseaux dont au moins :

- o Le réseau d'Enseignement Supérieur et de la Recherche

-
- Le réseau administratif
 - Le réseau de la Santé.

4.2 PERIMETRE DE LA PRESTATION

Déploiement de la fibre optique :

Le prestataire s'engage à réaliser une conception de réseau à fibres optiques détaillée (de bas niveau LLD – Low Level Design) sur la base de la liste de sites convenue et spécifiée dans l'annexe 1. Le réseau à fibres optiques existant sera étendu pour fournir des connexions actives dans les sites du gouvernement. Ces connexions se feront sur des paires de fibres dédiées qui ne seront pas disponibles pour d'autres services que les services GWAN.

Réseau Ethernet :

Le prestataire réalisera une conception de bas niveau du réseau Ethernet (LLD) qui fournira les informations nécessaires pour construire et configurer tous les dispositifs du réseau GWAN afin de fournir les services convenus. L'employeur devra fournir des informations détaillées sur les environnements LAN existants afin de soutenir le LLD du prestataire.

Préparation des sites :

Le prestataire entreprendra des études de site pour identifier les exigences d'installation spécifiques de tous les emplacements GWAN. Le prestataire fournira une liste de contrôle détaillée de la préparation du site pour tous les travaux de préparation du site à réaliser par le maître d'ouvrage. Les coûts associés aux travaux de préparation du site seront à la charge du prestataire.

Les chemins de câbles sur site, les autorisations de passage et les autorisations du propriétaire du bâtiment pour toute modification nécessaire du site relèveront de la responsabilité du gouvernement.

Installations du réseau GWAN :

Le fournisseur de services concevra, construira et mettra en service le réseau GWAN. Les paramètres de conception seront convenus entre le prestataire et le gouvernement. Le

gouvernement devra prendre en charge l'accès aux sites nécessaire à l'installation des équipements du réseau central, de distribution et d'accès.

Sécurité :

Le prestataire concevra, configurera et intégrera les pare-feux et les plateformes de sécurité de base dans le GWAN. La mise en œuvre sera basée sur les paramètres de service de sécurité convenus entre le gouvernement et le prestataire.

4.3 CONCEPTION GLOBALE DU SYSTEME, FIABILITE ET PERFORMANCE

4.3.1 Réseau dorsal

La conception du réseau optique est basée dans la mesure du possible sur une architecture en anneaux de fibres optiques auto-réparables, afin de fournir un maximum de protection aux sites desservis par le GWAN en cas de coupure fibre.

L'anneau principal du backbone, constitué à partir de fibres existantes du projet WARCIP, constituera la dorsale du réseau GWAN, et connectera les deux sites de cœur de réseau et les sites de distribution primaires.

Les fibres de l'épine dorsale du réseau GWAN seront dédiées et contenues dans deux tubes pour assurer une démarcation claire des autres tubes de fibres dans le câble principal.

Chacun des deux sites centraux (principal et back-up) hébergera les équipements du cœur de réseau, composés d'un routeur central, d'un pare-feu central et d'un switch central qui seront configurés pour fournir une redondance complète du site principal, ainsi que les différents serveurs de données.

Le réseau étendu du gouvernement (GWAN) est nécessaire pour interconnecter les LAN qui sont installés et fonctionnent dans différents bâtiments du gouvernement. Bien qu'il soit prévu que la majorité de ces bâtiments soient interconnectés par des réseaux à fibres optiques à l'échelle de l'entreprise, il existe des sites dans des endroits éloignés ou non pérennes (sites en location par exemple) où le raccordement en fibre optique n'est pas réalisable à court terme.

BGP fonctionnera comme le protocole de passerelle extérieure vers les ISP du réseau GWAN et sera utilisé pour le routage des préfixes Internet. Cela inclut l'annonce de préfixes publics appartenant au

l'interconnexion aux FAI si nécessaire. Tous les éléments du réseau doivent prendre en charge les réseaux locaux virtuels (VLAN) IEEE 802.1Q, IEEE 802.1ad.

4.3.4 Réseau central

L'équipement du réseau central comprend les routeurs, les switches et les serveurs et équipements de sécurité situés dans les centres de données principaux et de secours.

4.3.4.1 Routeur central

Sa principale fonction est d'acheminer le trafic entrant et sortant du réseau GWAN et entre les VLAN du réseau GWAN. Ce dispositif nécessite plusieurs caractéristiques clés pour être efficace. Les exigences relatives aux routeurs centraux sont énumérées dans le tableau 1.

Les deux routeurs centraux dans les centres de données principaux et de secours seront connectés au(x) fournisseur(s) d'accès Internet fournissant l'accès Internet pour le réseau gouvernemental. Cette disposition assure une redondance complète en cas de défaillance d'un routeur ou en cas d'isolement du centre de données principal.

Chacun des routeurs centraux doit être connecté à plus d'un ISP afin que le réseau soit protégé contre la défaillance d'un ISP ou d'une interface ISP. Ces connexions ISP seront généralement basées sur la fibre optique en utilisant une interface Ethernet avec une bande passante minimale de 1 Gb/s. Étant donné que certains ISP peuvent avoir besoin d'une interface MPLS pour cette connexion, les routeurs centraux doivent être capables de prendre en charge les deux types d'interfaces. Les soumissionnaires doivent décrire les interfaces Internet qu'ils prévoient de mettre en œuvre.

Protocoles d'interface

Le routeur central est en relation avec un ou plusieurs ISP utilisant BGP pour le routage central et doit donc fournir un support BGPv4 vers les FAI. Un ensemble complet de fonctions BGP, comprenant un minimum de deux voisins BGP externes (EBGP) et une table de routage suffisamment grande pour contenir la table de routage Internet complète, est requis.

Connexions Uplink et Downlink

Le routeur doit disposer des interfaces correctes pour se connecter à la fois aux FAI et au GWAN. Pour répondre à ce besoin, le routeur doit être capable de prendre en charge les connexions 1 Gigabit Ethernet (GbE) et 10 Gigabit Ethernet (10GbE).

Interfaces redondantes

Les interfaces du routeur doivent être redondantes. Ceci doit être réalisé en ayant deux cartes d'interface indépendantes avec des connexions primaires sur une carte et des connexions secondaires sur la seconde.

Exigences en matière de ports

Un minimum de 20 ports GbE (cuivre ou fibre) est requis. Le dispositif doit également disposer d'une option permettant de prendre en charge jusqu'à huit ports 10GbE utilisant une fibre monomode ou multimode.

Capacité

La bande passante du fond de panier du dispositif doit être capable de prendre en charge toutes les interfaces au débit de ligne. Le routage au débit de ligne et le redémarrage automatique sont également requis.

Tableau 1– Spécifications du routeur central

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
1	Layer 3 Routing	Must be able to Forward Layer 3 IP Packets (using BGP and Open Shortest Path First (OSPF) and static routes)	OSPFv2 (full protocol RFCs) 512K IPv4 Routes in Forwarding Information Base (FIB) OSPF Graceful Restart BGPv4 (full protocol RFCs) 1 Million IPv4 Routes in RIB BGPv4 Graceful Restart Multiprotocol BGP (MBGP)
2	Virtual Router Separation	Must support Multiple Virtual Routing and Forwarding (VRF) (4,000 entries) and IPv6 VRF-lite	
3	Layer 2 Spanning Tree	Must support generating loop free Layer 2 topologies	IEEE 802.1s – MSTP IEEE 802.1w – RSTP
4	VLAN Tagging	Must Support Layer 2 Virtual LAN Separation	IEEE 802.1Q Virtual Bridged LANs VLANs (Min 4K)
5	Port Security	Must support allowing or disallowing of traffic by source Media Access Control (MAC) address - MAC-based Port Security	
6	Backplane Bandwidth	Must provide a Fully Non-blocking backplane	

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
7	Routing Speed	Must support Line-Rate Layer 3 Routing	
8	Multicast Support	Must Support Internet Group Management Protocol (IGMP) V2/V3 Snooping	IGMP V2/V3 Protocol-independent Multicasting (PIM) Smart Mode (SM)/Dense Mode (DM) Reverse Path Forwarding
9	Interface Support	Must Support 10/100/1000 Mbps Copper & Fibre Ports	IEEE 802.3ab 1000BASE-T 10/100/1000 Mbps (Copper & Fibre Single Mode (SM)/Multi Mode (MM))
10	Interface Support	Must Support 10 GbE Fibre Ports	IEEE 802.3ae 10GbE (SM/MM)
11	Link Aggregation	Must Support Link Aggregation	IEEE 802.3ad Link Aggregation
12	Uplink Interfaces	4x GbE or 10GbE	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
13	Downlink Interfaces	4x GbE or 10GbE	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
14	Management Interface	1 GbE port per Management Module 1 Serial Console port per Management Module	
15	Quality of Service (QoS)	Must support Layer 2/3 QoS Must support QoS based on DSCP values and VLAN tags based on 802.1p with In bound and out bound traffic policing with accounting Must support a minimum of 8 priority levels Must support strict priority and weighted fair queuing	IEEE 802.1p – PCP Diffserv – (Layer 3) Rate Limiting/Policing PHB – (Per Hop Behaviour) Two Rate Three Colour QoS WRED – Weighted Random Early Discard Rate Shaping
16	Layer 2 Traffic Filtering	Must support filtering of Layer 2/3 traffic	Layer 2 ACL Inbound and Outbound w/ accounting

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
17	Device Management	The Device must support remote management	SSHv2 SNTP SNMP v1/v2/v3 SNMP MIB II SYSLOG SCP v2 IPv4/IPv6 Addressable Console Port Access
18	Remote Login Security	The Device must support remote management security	Authentication, Authorization, and Accounting (AAA) RADIUS TACACS+
19	Flow Monitoring	The device must support the monitoring of traffic flows via sampling	sFlow, NetFlow, or JFlow
20	High Availability	Redundant Cooling Redundant Management Module Redundant Switch Fabric In-service (Hitless) Software Upgrades In-service (Hitless) Hardware Insertion and Removal	
21	IPv6	The Device must support IPv6 routing and management	IPv6 (full stack RFCs) IPv4/IPv6 Dual Stack IPv4 to IPv6 Transition Support (RFC 2893 – hosts and routers, RFC 3056 IPv6 over IPv4 tunnelling) OSPFv3 for IPv6 MBGP for IPv6 BGP4+ IPv6 Multicast

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
22	Environmental	0 to 40°C Operating temperature 10 to 85% (noncondensing) Operating relative humidity (RH) to 95% (noncondensing) Non-operating RH	

4.3.4.2 Switch central

Comme le montre la Figure 1, les switches centraux situés dans les centres de données principal et de secours seront utilisés pour connecter les équipements à l'intérieur du centre de données aux switches de distribution en aval et aux routeurs centraux. Ces switches centraux doivent fournir une connectivité de couche 2. Les spécifications des switches centraux sont décrites dans le tableau 2.

Exigences relatives aux ports

Un minimum de 48 ports GbE (cuivre ou fibre) est requis. Le dispositif doit également avoir la possibilité de prendre en charge jusqu'à huit ports 10GbE sur une fibre multimode.

Redondance

Les commutateurs centraux doivent être équipés d'alimentations et de ventilateurs de refroidissement redondants et remplaçables à chaud.

Tableau 2 - Spécifications des switches centraux

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
1	Virtual Router Separation	Must support Multiple Virtual Routing and Forwarding (VRF) (4,000 entries) and IPv6 VRF-lite	
2	Layer 2 Switching	Must be able to Forward Layer 2 Ethernet Frames	IEEE 802.3x –Flow Control IEEE 802.3-2005 CSMA/CD IEEE 802.1d – MAC Bridging (min 200k MACs)
3	Layer 2 Protection	Must support generating loop free Layer 2 topologies	ITU G.803.2v2

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
4	VLAN Tagging	Must support Layer 2 Virtual LAN Separation (4,000+ VLANs)	IEEE 802.1Q Virtual Bridged LANs VLANs (Min 4K) IEEE 802.1ad
5	Port Security	Must support allowing or disallowing of traffic by source MAC address - MAC-based Port Security	
6	Backplane Bandwidth	Must provide a fully non-blocking backplane	
7	Frame Forwarding	The switch must support transparent and line rate forwarding	
8	Interface Support	Must support 10/100/1000 Mbps Copper & Fibre Ports	IEEE 802.3ab 1000BASE-T 10/100/1000 Mbps (Copper & Fibre SM/MM)
9	Interface Support	Must support 10 GbE Fibre Ports Can support 25G/100G optionally	IEEE 802.3ae 10GbE (Fibre SM/MM)
10	Link Aggregation	Must support Link Aggregation May Support MC-LAG	IEEE 802.3ad Link Aggregation
11	Uplink Interfaces	2x 10GbE 4x GbE	IEEE 802.3ab IEEE 802.3ae
12	Downlink Interfaces	Minimum 48x GbE or 10GbE, uplink 100G optional	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
13	Management Interface	1 GbE port per Management Module 1 Serial Console port per Management Module	
14	Quality of Service (QoS)	Must support Layer 2 QoS Must support QoS based on DSCP values and 2 VLAN tags level based on 802.1p with in bound and out bound traffic policing with accounting Must support at least 8 priority queues with weighted and strict priority	IEEE 802.1p – PCP
15	Layer 2 Traffic Filtering	Must support filtering of Layer 2 traffic	

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
16	Device Management	The switch must support remote management	SSHv2, SNMP v1/v2/v3 SNMP MIB II, SYSLOG, SCP v2 Netconf/Yang IPv4/IPv6 Addressable
17	Remote Login Security	The switch must support remote management security	AAA RADIUS TACACS+
18	Flow Monitoring	The switch must support monitoring of traffic flows via sampling	IPFIX
19	Reliability	N+1 redundant, hot swappable power supplies N+1 redundant, hot swappable cooling fans Minimum MTBF 200,000 hours	
20	Environmental	0 to 40°C Operating temperature 10 to 85% (noncondensing) Operating RH 5 to 95% (noncondensing) Non-operating RH	

4.3.5 Sécurité

Des dispositifs de sécurité doivent être fournis afin que tous les sites et équipements soient protégés contre les cyber-attaques et les intrusions. Tous les dispositifs de sécurité doivent pouvoir être administrés à partir d'un emplacement central.

Zone démilitarisée (DMZ)

Une DMZ est un sous-réseau situé entre un réseau interne fiable et un réseau externe non fiable, c'est-à-dire l'Internet public. La DMZ contient généralement des dispositifs accessibles au trafic Internet tels que des serveurs Web, des serveurs de protocole de transfert de fichiers (FTP), des serveurs de messagerie, etc.

La sécurité du réseau doit être appliquée au cœur du réseau dans la DMZ située dans le centre de données. La DMZ est un sous-réseau où sont situés tous les serveurs tournés vers l'extérieur. Elle fournira une "zone neutre" entre le GWAN national et le réseau public externe. Les services de sécurité seront poussés jusqu'à la périphérie du réseau et aux dispositifs d'extrémité. Ce type d'application de sécurité du réseau protège le réseau de l'intérieur vers l'extérieur plutôt que de l'extérieur vers l'intérieur. Il faut également assurer une protection contre les menaces internes au réseau.

Pour fournir cette capacité, il doit y avoir un ou plusieurs appareils de sécurité, comme le montre la figure 2. Ce dispositif doit offrir une fonctionnalité de pare-feu, notamment la possibilité de bloquer le contenu en fonction de la source, de la destination ou du protocole. Les capacités du système de détection et de prévention des intrusions (IDPS) pour identifier les comportements anormaux, créer des alertes et bloquer le trafic potentiellement malveillant doivent également être fournies. En outre, le ou les dispositifs de sécurité doivent fournir des protocoles de sécurité et être capables d'appliquer des politiques de sécurité et de fournir des blocs de filtrage de contenu pour interdire le contenu sur la base de critères définis mis en œuvre dans le dispositif de sécurité. Il doit également contrôler l'accès à la DMZ.

L'appliance de sécurité doit prendre en charge un ensemble minimal d'interfaces, dont au moins quatre connexions GbE ou quatre connexions 10GbE. L'appliance doit prendre en charge les protocoles IPv4 et IPv6.

Les exigences relatives à l'appareil de sécurité sont énumérées dans le tableau 3.

Les soumissionnaires doivent décrire l'architecture de sécurité qu'ils prévoient de mettre en œuvre.

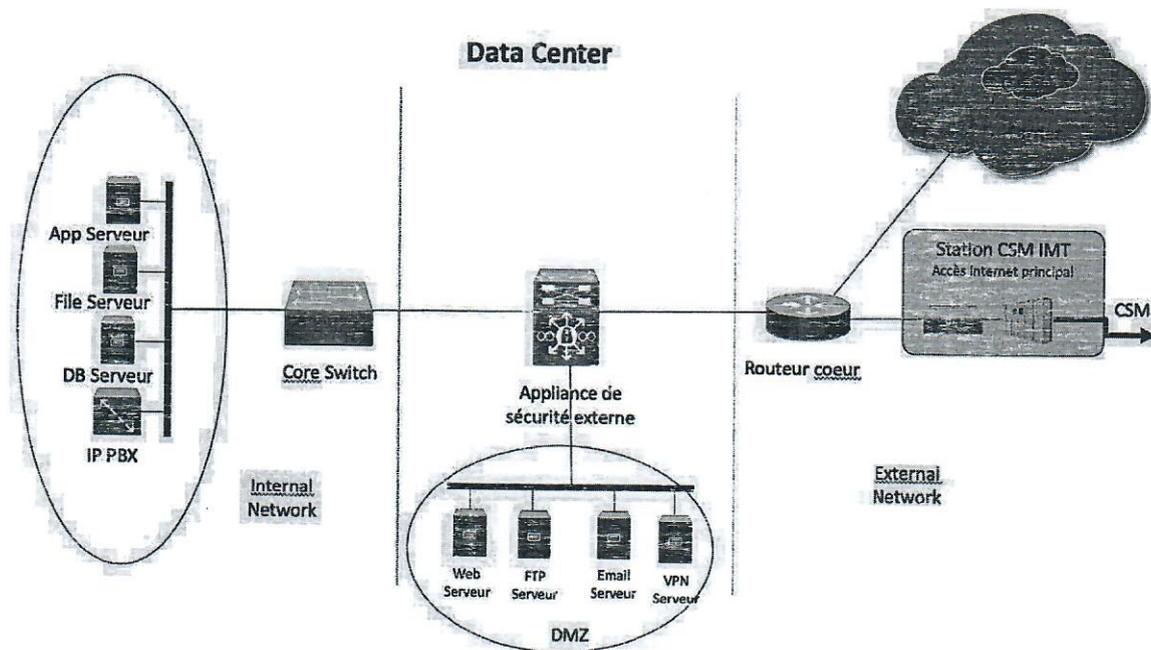


Figure 2 – Dispositions relatives à la sécurité du réseau

Tableau 3 - Spécifications des équipements de sécurité du réseau

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
1	Stateful Firewall	The device must be able to block or allow defined Stateful TCP or UDP flows	
2	Intrusion Detection	The device must provide signature or heuristic-based Intrusion Detection capability (This is mainly to protect the Data Centre)	

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
3	Intrusion Prevention	The device must provide signature or heuristic-based Intrusion Prevention capability (This is mainly to protect the Data Centre)	
4	Update Capability	Updated signatures must be provided by the vendor on a no later than weekly basis	
5	Throughput	Must provide for a throughput of at least 10 Gigabits per second (Gbps)	
6	Interface Support	Must Support 10/100/1000 Mbps Copper & Fibre Ports	IEEE 802.3ab 1000BASE-T 10/100/1000 Mbps (Copper & Fibre SM/MM)
7	Interface Support	Must Support 10 GbE Fibre Ports	IEEE 802.3ae 10GbE (Fibre SM/MM)
8	Link Aggregation	Support Link Aggregation (if required to meet throughput and redundancy requirements)	IEEE 802.3ad Link Aggregation
9	Uplink Interfaces	Appropriate number if interfaces required to provide throughput and redundancy	IEEE 802.3ab 802.3ae
10	IPv6	The Security Appliance must support IPv6 Traffic	IPv6 (full stack RFCs) IPv4/IPv6 Dual Stack IPv4 to IPv6 Transition Support (RFC 2893 – hosts and routers, RFC 3056 IPv6 over IPv4 tunnelling)

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
11	Device Management	The Security Appliance must support remote management	SSHv2 SNTP SNMP v1/v2/v3 SNMP MIB II SYSLOG SCP v2 IPv4/IPv6 Addressable
12	Remote Login Security	The Security Appliance must support remote management security	AAA RADIUS TACACS+
13	Reliability	Dual Power Supplies Minimum MTBF 200,000 hours	
14	Environmental	0 to 40°C Operating temperature 10 to 85% (noncondensing) Operating RH 5 to 95% (noncondensing) Non-operating RH	

4.3.6 Distribution

Les switches de distribution, illustrés à la figure 1, fournissent une interface entre les switches centraux dans les centres de données principaux et de secours et les switches d'accès dans les bâtiments individuels. Les switches de distribution collectent et combinent le trafic provenant des switches d'accès et transmettent ce trafic aux switches centraux. Les spécifications des switches de distribution sont indiquées dans le tableau 4.

Redondance

Lorsque l'acheminement diversifié est possible, les switches de distribution doivent disposer de connexions redondantes doubles, à acheminement diversifié, vers les dispositifs en amont. Tous les switches de distribution doivent être équipés d'alimentations et de ventilateurs de refroidissement redondants et remplaçables à chaud.

Sites de déploiement

Un switch de distribution sera situé dans chacun des sites listés en **Annexe x**. Le nombre de ports aval dont sont équipés les switches de distribution doit être ajusté en fonction des besoins de chaque immeuble.

Connexions vers les sites d'accès

Les commutateurs de distribution font office de "sites pivots". Chaque site pivot sera généralement connecté à des commutateurs d'accès situés dans un ou plusieurs "sites de queue". Les sites de queue peuvent également être reliés en boucle, en guirlande ou en point-à-point. Ce concept est illustré à la figure 1.

Lorsqu'un commutateur de distribution est situé dans un petit site, il peut également être utilisé comme commutateur d'accès lorsque le nombre de sites de queue et d'appareils locaux connectés ne dépasse pas le nombre de ports disponibles.

Les commutateurs de distribution peuvent être connectés aux commutateurs d'accès des sites d'extrémité situés dans des bâtiments voisins à l'aide de connexions en fibre optique ou en cuivre.

Tableau 4 – Distribution Switch Equipment Specifications

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
1	Layer 2 Switching	Must be able to Forward Layer 2 Ethernet Frames	IEEE 802.3x –Flow Control IEEE 802.3-2005 CSMA/CD IEEE 802.1d – MAC Bridging (min 16k MACs)
2	Layer 2 Spanning Tree	Must support generating loop free Layer 2 topologies	ITU G.803.2v2
3	VLAN Tagging	Must support Layer 2 Virtual LAN Separation (4000+ VLANs)	IEEE 802.1Q-2014
4	Port Security	Must support allowing or disallowing of traffic by source MAC address - MAC-based Port Security	

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
5	Backplane Bandwidth	Must provide a fully non-blocking backplane	
6	Frame Forwarding	The switch must support Layer 3 line rate forwarding of frames	
7	Interface Support	Must support 10/100/1000 Mbps Copper & Fibre Ports	IEEE 802.3ab 1000BASE-T 10/100/1000 Mbps (Copper & Fibre SM/MM)
8	Interface Support	Must support 10 GbE Fibre Ports	IEEE 802.3ae 10GbE (Fibre SM/MM)
9	Link Aggregation	Must support Link Aggregation	IEEE 802.3ad Link Aggregation
10	Uplink Interfaces	2x 10GbE 4x GbE	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
11	Downlink Interfaces	48x GbE or 10GbE	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
12	Management Interface	1 GbE port per Management Module 1 Serial Console port per Management Module	
13	Quality of Service (QoS)	Must support Layer 2 QoS	IEEE 802.1p – PCP
14	Layer 2 Traffic Filtering	Must support filtering of Layer 2 traffic	Layer 2 ACL Inbound and Outbound w/ accounting
15	Device Management	The switch must support remote management	SSHv2, SNMP, SNMP v1/v2/v3 SNMP MIB II, SYSLOG, SCP v2 IPv4/IPv6 Addressable
16	Remote Login Security	The switch must support remote management security	AAA RADIUS TACACS+
17	Flow Monitoring	The switch must support monitoring of traffic flows via sampling	IPFIX

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
18	Reliability	N+1 redundant, hot swappable power supplies N+1 redundant, hot swappable cooling fans Minimum MTBF 200,000 hours	
19	Environmental	0 to 40°C Operating temperature 10 to 85% (noncondensing) Operating RH 5 to 95% (noncondensing) Non-operating RH	

4.3.7 Réseau d'accès – Switchs d'accès

Les switchs d'accès GWAN constitueront les points de démarcation entre le réseau local de chaque bâtiment et le réseau GWAN.

Le nombre de ports sera défini par le soumissionnaire sur la base du rapport de collecte situé en annexe X.

Les switchs d'accès font partie du réseau GWAN et doivent être conformes aux spécifications GWAN afin de pouvoir supporter l'architecture VLAN requise. Ils s'interfaçent avec les switchs de distribution en amont et avec les dispositifs individuels compatibles IP en aval. Le tableau ci-dessous décrit les spécifications auxquelles les commutateurs d'accès doivent répondre.

Tableau 5 –Spécifications des switchs d'accès

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
1	Layer 2 Switching	Must be able to Forward Layer 2 Ethernet Frames	IEEE 802.3x –Flow Control IEEE 802.3-2005 CSMA/CD IEEE 802.1d – MAC Bridging (min 4k MACs)
2	Redondance sur protection Layer 2	Must support generating loop free Layer 2 topologies	ITU G.803.2v2

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
3	VLAN Tagging	Must support Layer 2 Virtual LAN Separation (4,000+ VLANs)	IEEE 802.1Q -2014
4	Port Security	Must support allowing or disallowing of traffic by source MAC address - MAC-based Port Security	
5	Backplane Bandwidth	Must provide a fully non-blocking backplane	
6	Frame Forwarding	The switch must support Layer 3 line rate forwarding of frames	
7	Interface Support	Must support 10/10G/1000 Mbps Copper & Fibre Ports	IEEE 802.3ab 1000BASE-T 10/100/1000 Mbps (Copper & Fibre SM/MM)
8	Interface Support	Must support 10 GbE Fibre Ports	
9	Link Aggregation	Must support Link Aggregation	IEEE 802.3ad Link Aggregation
10	Uplink Interfaces	2x 10GbE 4x GbE	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
11	Downlink Interfaces	24x GbE or 10GbE or 48x GbE or 10GbE	IEEE 802.3ab, IEEE 802.3ae
12	Management Interface	1 GbE port per Management Module 1 Serial Console port per Management Module	
13	Quality of Service (QoS)	Must support Layer 2 QoS	IEEE 802.1p – PCP
14	Layer 2 Traffic Filtering	Must support filtering of Layer 2 traffic	Layer 2 ACL Inbound and Outbound w/ accounting
15	Device Management	The switch must support remote management	SSHv2, SNMP, v1/v2/v3 SNMP MIB II, SYSLOG, SCP v2 IPv4/IPv6 Addressable

ITEM	FEATURE	REQUIREMENT	APPLICABLE STANDARD
16	Remote Login Security	The switch must support remote management security	AAA RADIUS TACACS+
17	Flow Monitoring	The switch must support monitoring of traffic flows via sampling	sFlow, NetFlow, or JFlow
18	Reliability	Minimum MTBF 200,000 hours	
19	Environmental	0 to 40°C Operating temperature 10 to 85% (noncondensing) Operating RH 5 to 95% (noncondensing) Non-operating RH	

4.4 GESTION ET SUPERVISION DU RESEAU

4.4.1 Protocoles

Les protocoles de gestion standard des services (NTP, syslog, SNMP v3...) seront activés sur tous les équipements du réseau. Ils seront intégrés au système de supervision pour permettre une visibilité en temps réel des défauts et des performances du réseau, afin de permettre à l'équipe en charge des services gérés à identifier et à résoudre les problèmes de service dans les plus brefs délais. Le protocole SNMP (Simple Network Management Protocol) facilite la collecte et l'organisation des informations provenant des appareils gérés sur les réseaux Ethernet, ce qui permet de gérer les nœuds de manière centralisée à partir d'un outil de supervision du réseau.

Le support TACACS+ ou RADIUS sera également fourni pour la gestion des comptes utilisateurs locaux et de leurs privilèges d'accès.

4.4.2 Surveillance des services et des systèmes

La surveillance des services sera fournie par les outils de supervision et de contrôle à distance en temps réel du matériel et des services pris en charge, en ce qui concerne la disponibilité, la connectivité et les seuils, et le suivi avec une notification automatique en cas de panne ou d'incident.

La détection des défaillances et des conditions de défaut des services se fera au moyen d'outils de surveillance automatisés.

Le prestataire mettra à disposition des outils, qui fonctionnent 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, piègent les erreurs et les signalent directement aux équipes d'exploitation pour enquête.

La surveillance des services et des systèmes est axée sur :

-
- Surveillance proactive des systèmes et des services
 - A la réception d'alarmes critiques ou majeures, notification des ressources/contacts convenus
 - Accords de niveau de service (SLA) pour des délais spécifiques
 - Identification des dépassements de seuils prédéterminés
 - Statut de disponibilité
 - État des performances
 - Fourniture de rapports et statistiques
 - Notifications automatisées
 - Sauvegarde automatisée des configurations
 - Gestion de la restauration de la configuration (sur demande).

Les principaux systèmes de soutien du Centre de services sont les suivants ;

- La plate-forme fournira une interface unique pour gérer les politiques de sécurité et de filtrage de contenu et tous les dispositifs (centralisés et sur place). La plate-forme fournira également un accès à distance à un portail au personnel désigné du ministère de l'éducation pour qu'il puisse gérer lui-même les services de filtrage de contenu.
- L'analyseur de rapports de sécurité regroupera en toute sécurité les données des journaux des appareils et d'autres appareils compatibles avec le système et fournira une suite complète de rapports facilement personnalisables - comprenant des données sur le trafic, les événements, les virus, les attaques, le contenu Web et le courrier électronique, tant pour le réseau que pour les utilisateurs.

4.5 INSTALLATION ET ESSAIS

4.5.1 Installation

Le soumissionnaire sera responsable de toutes les activités d'installation nécessaires pour mettre le réseau GWAN en état de fonctionnement.

Toutes les activités d'installation seront confiées à un personnel d'installation professionnel dûment formé, certifié et expérimenté. Avant le début des activités d'installation, le partenaire doit soumettre les qualifications de chaque personne au gouvernement qui se réserve le droit d'approuver ou de désapprouver chaque membre du personnel proposé.

4.5.2 Documentation

Un inventaire complet de l'équipement inclus dans le GWAN doit être établi pendant l'installation du réseau. Les dessins/documents "tels que construits" de tout l'équipement tel qu'installé, ainsi que les dispositions de raccordement, doivent être fournis au gestionnaire du programme GWAN du gouvernement.

Conditionnement

Les soumissionnaires sont chargés d'apporter toutes les modifications nécessaires à l'espace réservé à l'équipement pour permettre l'installation et l'exploitation de l'équipement GWAN dans les différents bâtiments du gouvernement. Ces modifications doivent être planifiées et coordonnées avec le gestionnaire de projet désigné pour chaque gouvernement. Ces modifications peuvent comprendre l'ajout de circuits électriques, d'équipement CVC, d'armoires d'équipement, de conduits de câbles et de racks, l'ajout de dispositifs de sécurité, etc.

4.5.3 Tests

Le soumissionnaire doit fournir un programme de tests qui détaille les essais à effectuer pour confirmer l'état de fonctionnement complet du réseau GWAN. Ces essais comprendront les éléments décrits dans les sections qui suivent.

4.5.3.1 Inspection physique et essais unitaires

Chaque élément opérationnel doit être inspecté pour s'assurer qu'il correspond au type et aux spécifications de l'équipement commandé, et il doit être inspecté pour détecter tout dommage.

4.5.3.2 Test des câbles

Tous les câbles doivent être inspectés pour vérifier l'intégrité de la gaine et l'absence de plis ou de courbures. Un microscope à fibre optique doit être utilisé pour inspecter la propreté des extrémités des connecteurs de fibre.

Toutes les sections de fibres doivent être vérifiées par un test OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) aux longueurs d'onde de 1310 et 1550 nanomètres (nm) dans les deux sens.

Pour la qualification des liaisons, le réflectomètre possédera une largeur d'impulsion pouvant descendre jusqu'à cinq (5) ns (50 cm). Les mesures seront effectuées avec une précision de +/- 0,05 dB. L'indice de réfraction du cœur de la fibre devra être paramétré avec la plus grande précision sur l'appareil avec les valeurs moyennes suivantes :

Fibre monomode	9/125	1 310 nm	indice 1.465
Fibre monomode	9/125	1 550 nm	indice 1.465

L'atténuation sur un raccordement définie comme étant la moyenne entre la valeur mesurée dans un sens et celle mesurée dans l'autre sens doit être conforme au tableau ci-après :

Longueurs d'ondes réelles (nm) :	1310	1550
Indice de la fibre :	1,465	1,465
Valeurs des seuils (dB) :	Atténuation	

Épissure :
Moyenné épissures :
Connecteur :

0,20	0,10
0,10	0,06
0,50	0,50

4.5.3.3 Test des équipements

Chaque équipement électronique sera mis sous tension et tous les tests qui peuvent être effectués sur une base autonome seront exécutés avant que l'unité ne soit connectée au réseau.

4.5.3.4 Test de fonctionnement des switchs Ethernet

Les essais de fonctionnement des commutateurs Ethernet doivent démontrer la capacité de l'élément de réseau à prendre en charge les accords de niveau de service (ANS) du réseau, tels que définis à la section XX. Les essais du commutateur Ethernet doivent comprendre les éléments suivants :

- 1) Capacité de débit en utilisant diverses tailles de paquets et combinaisons de tailles de paquets ;
- 2) Latence mesurée lorsqu'un système exécute un certain nombre de connexions simultanées et à des taux d'établissement/de suppression de session qui sont pertinents pour l'environnement GWAN ;
- 3) Perte de paquets ;
- 4) la gigue ; et
- 5) autres caractéristiques :
 - a. Application de la QOS ;
 - b. Gestion du basculement.

4.5.3.5 Test de la fonction routeur

Les essais de fonctionnement des routeurs doivent démontrer la capacité de l'élément de réseau à prendre en charge les accords de niveau de service (ANS) de réseau requis, tels que définis dans la section B1.6. Les essais de fonctionnement du routeur à effectuer sous charge et sans contrainte doivent comprendre les éléments suivants :

- 1) Débit ;
- 2) Retard :
 - a. Moyenne en utilisant différentes tailles de paquets non mélangés et mélangés ;
 - b. Maximum en utilisant des paquets de tailles différentes, mélangés et non mélangés ;

-
- 3) Distribution de la latence ;
 - 4) Gigue ;
 - 5) Trames reçues hors séquence ;
 - 6) Connexions TCP par seconde sous charge ;
 - 7) Performances de routage (Gbps) ;
 - 8) Performances de la traduction d'adresses réseau (NAT) (Gbps) ; et
 - 9) Performance QOS (Gbps).

4.5.3.6 Test du dispositif de pare-feu

Les essais de fonctionnement du dispositif de pare-feu doivent démontrer la capacité de l'élément de réseau à prendre en charge les accords de niveau de service (ANS) du réseau tels que définis dans la section B1.6. Les essais de fonctionnement du dispositif de pare-feu à effectuer sous charge et sans contrainte doivent comprendre les éléments suivants :

- 1) Taux de transfert - trafic HTTP ;
- 2) Taux de transfert - trafic SSL ;
- 3) Taux de connexion TCP ;
- 4) Taux d'échec des connexions ;
- 5) latence sans décryptage SSL ; et
- 6) Latency with SSL decryption.

4.5.3.7 Tests d'intégration

Les équipements (switches de distribution et d'accès essentiellement) doivent être connectés aux éléments de réseau existants des sites du gouvernement et le bon fonctionnement de la connexion doit être vérifié. Le transfert de données d'une unité à l'autre doit être vérifié.

4.5.3.8 Test fonctionnel du réseau

La connectivité du réseau complet doit être testée. Les fonctions fournies par le réseau, notamment l'accès aux fichiers à distance, le transfert de fichiers, l'accès aux pages Web, etc. doivent être vérifiées. Des mesures doivent être effectuées pour s'assurer que les accords de niveau de service (ANS) de performance du réseau spécifiés dans la section ~~XX~~ sont respectés.

Au minimum, des tests de base de bout en bout doivent être effectués de chaque emplacement du réseau vers chaque autre emplacement ayant une "communauté d'intérêt" avec cet emplacement. Ces tests doivent être effectués de manière bidirectionnelle entre les routeurs centraux et les routeurs de chaque bureau gouvernemental. Ces tests doivent inclure, sans s'y limiter, les éléments suivants :

- 1) Ping ;
- 2) Latence ;

-
- 3) Gigue ;
 - 4) perte de paquets ; et
 - 5) paquets hors séquence.

Le routage du réseau doit être testé, avec et sans charge significative, pour s'assurer que les paquets sont acheminés correctement vers le point final spécifié.

Les paramètres de QoS et les performances doivent être testés pour les performances de bout en bout dans des conditions de charge mixte, c'est-à-dire celles qui incluent des flux de paquets avec des paramètres de QoS différents.

4.5.3.9 Test de basculement

Lorsque les exigences techniques du réseau identifient des capacités de redondance ou de sauvegarde pour une fiabilité accrue, les essais de service initiaux doivent inclure des essais complets des capacités de basculement en mode de défaillance et en mode de maintenance, ainsi que des essais de restauration à partir du mode de basculement.

4.5.3.10 Documentation

Les résultats des tests doivent être documentés. Plus précisément, la performance réelle mesurée du réseau pour les paramètres spécifiés dans les ANS doit être documentée et fournie au gestionnaire du programme GWAN du gouvernement.

4.5.3.11 Soutien aux essais de recette par le gouvernement

Le Gouvernement exigera le soutien du prestataire pour les essais d'acceptation par le Gouvernement. Ce soutien comprendra, sans s'y limiter, la facilitation de l'accès logique et physique au GWAN et la réalisation d'activités d'essai sur les sites du Gouvernement sous la direction du personnel chargé des essais d'acceptation par le gouvernement.

Disponibilité du personnel

Le Prestataire fournira du personnel pour assister le Gouvernement pendant les Tests de recette du Gouvernement. Le Prestataire identifiera les compétences et les conditions de disponibilité de ce personnel dans le plan de tests proposé.

Disponibilité des équipements de test

Pour les tests de recette du Gouvernement, le Prestataire permettra l'utilisation de certains équipements de test, y compris en particulier un OTDR complet, un OLTS, un système de test intégré de générateur de paquets à haute capacité et complet et un générateur d'attaque de protocole réseau.