



REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE

Honneur Fraternité Justice

MINISTRE DE LA TRANSFORMATION NUMERIQUE, DE L'INNOVATION ET DE LA
MODERNISATION DE L'ADMINISTRATION (MTNIMA)

STRATEGIE NATIONALE

DE

TRANSITION IP V6

SOMMAIRE

1.1	Introduction	7
1.2	Urgence de l'adoption du protocole IPv6	8
1.3	Vision	8
1.4	Mission	9
1.4.1	État de préparation des infrastructures :	9
1.4.2	Sensibilisation, éducation et renforcement des capacités :	9
1.4.3	Cadre politique et réglementaire :	10
1.4.4	Suivi et évaluation :	10
1.5	Objectifs	10
2.0	Évaluation actuelle de l'adoption d'IPv6 en Mauritanie	10
2.1	Engagement des parties prenantes (évaluation de l'état de préparation)	11
2.2	Perspective technique	12
2.3	Perspective économique	14
2.4	Perspective juridique	16
2.5	Benchmark avec d'autres pays	17
3.0	Impact Economique de la migration IPv6	19
3.1	Aperçu de l'impact d'IPv6 sur l'économie mondiale	19
3.2	Impact économique projeté d'IPv6 sur les secteurs clés en Mauritanie	21
3.2.1	Technologie de l'Information et de la Communication	22
3.2.2	Agriculture et Elevage	22
3.2.3	Pêches	22
3.2.4	Mines	22
3.2.5	Pétrole et Gaz naturel	23
3.2.6	Services	23
3.2.7	Technologies émergentes	23
3.3	Impact économique projeté d'IPv6 pour le secteur public en Mauritanie	25
3.3.1	Services gouvernementaux et e-Gouvernance	25
3.3.2	Education et Recherche	25
3.3.3	Fournisseurs de Services d'accès Internet et de télécommunications (FAI)	26
3.3.4	Transport	26
3.3.5	Commerce international	26
3.3.6	Télésanté et Télémedecine avancés	26
3.3.7	E-commerce et Entreprises en ligne	27
3.3.8	Tourisme et Hébergement	27
3.4	Renforcer la compétitivité internationale de la Mauritanie grâce à IPv6	28
4.0	Comité national de Transition IPv6	33

4.1	Départements ministériels impliqués, rôles responsabilités	33
4.1.1	Ministère de la Transformation Numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration (MTNIMA)	34
4.1.2	Ministère des Finances	34
4.1.3	Ministère de l'Enseignement secondaire et de la réforme du Système éducatif	34
4.1.4	Ministère de la Justice	34
4.1.5	Ministère du Pétrole, de l'Energie et des Mines	34
4.1.6	Ministère des Pêches et de l'Economie maritime	35
4.1.7	Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique	35
4.2	Elaboration de la Feuille de route de la Stratégie nationale de Transition vers IPv6	35
4.2.1	Phase 1: Préparation pour la Transition vers IPv6	36
4.2.2	Phase 2 : Implémentation de l'Opération Double-pile IPv4-IPv6	36
4.2.3	Phase 3 : Suivre la mise en oeuvre de la Transition IPv6	37
4.3	Programme de Renforcement des capacités en IPv6	37
4.3.1	Programmes de formation en IPv6	39
	(Certifié par le Forum IPv6 et le Conseil IPv6 de l'APAC)	39
		39
		40
4.3.2	Création d'un centre de formation spécialisé (prestataire de formation agréé) pour IPv6	40
4.3.3	Calendrier proposé pour le renforcement des capacités IPv6	40
5.1	Étude de cas pour l'estimation des coûts de transition IPv6	42
5.2	Facteurs pouvant affecter les coûts	43
5.3	Coûts liés aux matériel et équipements	44
5.4	Coûts liés aux Logiciels	44
5.5	Répartition des coûts globaux	45
6.0	Conclusion	47
7.0	Annexes	49

Liste des Tableaux

Tableau 1	:	Tableau comparatif de l'impact sur la Mauritanie avec et sans la mise en œuvre d'IPv6.
Tableau 2-1	:	Niveau de préparation à IPv6.
Tableau 2-2	:	Niveaux de préparation à IPv6 des parties prenantes en Mauritanie.
Tableau 2-3	:	Ressources réseau allouées aux opérateurs de réseau et aux FAI en Mauritanie.
Tableau 2-4	:	Comparaison de l'adoption de l'IPv6 à travers les pays.
Tableau 3-1	:	Avantages de IPv6 pour les petites et moyennes entreprises.
Tableau 3-2	:	Création de valeur projetée de l'industrie IPv6 en Algérie d'ici 2025.
Tableau 4-1	:	Calendrier de Renforcement des Capacités IPv6.
Tableau 4-2	:	Nombre et Pourcentage des Ingénieurs formés en IPv6 au sein des parties prenantes.
Tableau 4-3	:	Durée type et Estimation des Coûts pour la formation et la Certification d'Ingénieurs en IPv6.
Tableau 5-1	:	Coûts relatifs de la Transition IPv6 pour Différentes catégories d'organisation.
Tableau 5-3	:	Coûts liés au matériel et équipement pour la transition IPv6.
Tableau 5-4	:	Coûts liés aux logiciels.
Tableau 5-5-1	:	Estimation des coûts totaux pour la Transition IPv6 en Mauritanie.
Tableau 5-5-2	:	Répartition des Coûts pour la catégorie "Formation des Ingénieurs et Utilisateurs finaux".

Liste des Figures

Figure 1	:	Résultat attendu de la Stratégie nationale de Migration vers IPv6.
Figure 1.2	:	Objectifs de la Stratégie nationale de transition IPv6.
Figure 3	:	Mechanisms by Which IPv6 Impacts the Global Economy.
Figure 3-4	:	Aperçu et Objectifs de la subvention de contrepartie proposée pour l'adoption de IPv6.
Figure 3-5	:	Secteurs Eligible pour la subvention de contrepartie.
Figure 3-6	:	Package d'évaluation de mise en œuvre IPv6 pris en charge par la subvention.
Figure 3-7	:	Forfaits proposés et coûts suggérés pour les FAIs.
Figure 3-8	:	Voies par lesquelles IPv6 augmente la compétitivité internationale de la Mauritanie.
Figure 3-9	:	Classement des pays et segment par indice de développement IPv6.
Figure 3-10	:	Classement des pays par indice de développement IPv6 (région Afrique du Nord).
Figure 3-11	:	Croissance du PIB par habitant, classé par segment de l'Indice de développement de l'IPv6, Categorized by IPv6 Development Index Segment.
Figure 4-1	:	Domaines couverts par la feuille de route de la stratégie nationale de transition IPv6.
Figure 4-2	:	Programme de l'atelier sur la stratégie de migration IPv6 certifiée pour les régulateurs et les autorités gouvernementales.
Figure 4-3	:	Programmes complets de formation IPv6 certifiés par IPv6 Forum et APAC IPv6 Council.
Figure 4-4	:	Points forts du Programme de formation IPv6.
Figure 5-2	:	Facteurs pouvant affecter les coûts de transition vers IPv6 pour la Mauritanie.

Liste des Acronymes

- **IETF** : Internet Engineering Task Force.
- **QoS** : Quality of service.
- **IoT** : Internet of Things.
- **TIC** : Technology, Information, and Communication.
- **FAI** : Fournisseur d'Accès à Internet.
- **ccTLD** : Country Code Top-Level Domain.
- **AfriNIC** : African Network Information Centre.
- **NIR** : National Internet Registry.
- **ARCEP** : Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes.
- **ISF** : Internet Society France.
- **ANCT** : Agence nationale française pour la cohésion des territoires.
- **NAv6** : Le Centre National Avancé en IPv6.
- **RIWG** : Groupe de travail IPv6 du Rwanda.
- **RURA** : Agence rwandaise de réglementation des services publics.
- **SRv6** : Segment Routing version 6.
- **e-Gouvernance** : Gouvernance électronique.
- **FAI** : Fournisseur d'Accès à Interne.
- **IPTV** : Internet Protocol Television.
- **PIB** : produit intérieur brut.
- **DHCP** : Dynamic Host Configuration Protocol.
- **CCLTD** : Country Code Top-Level Domain.
- **DNS** : Domain Name System.
- **WHOIs** : service de recherche et de requête permettant d'obtenir des informations détaillées sur un nom de domaine spécifique, une adresse IP ou des blocs d'adresses IP.
- **CNE6** : Certified network engineer for IPV6.
- **CSE6** : Certified security engineer for IPV6.
- **CNP6** : Certified Network Programmer for IPV6.
- **ATP** : Authorized Training Provider.
- **DSL** : Digital Subscriber Line.
- **AP** : Access Point.

Résumé exécutif

Ce document de stratégie nationale de transition IPv6 souligne la nécessité impérieuse d'une approche stratégique et bien définie pour l'adoption d'IPv6 en Mauritanie. Cette initiative clé est nécessaire en raison de l'épuisement des adresses IPv4 existantes dont la Mauritanie dépend actuellement, et si ce problème n'est pas résolu à temps, la Mauritanie se retrouvera dans une situation de désavantage numérique et économique. L'urgence de la transition IPv6 pour la Mauritanie est expliquée plus en détail dans la sous-section 1.2. De plus, Il articule la vision globale, la mission et les objectifs spécifiques qui guideront cette transition, tout en soulignant le potentiel transformationnel que la transition IPv6 recèle pour le paysage numérique mauritanien.

La stratégie commence par une évaluation assez complète de l'état de préparation actuel de la Mauritanie à l'adoption d'IPv6 au sein des parties prenantes concernées tels que le ministère de la Transformation numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'administration (MTNIMA), les fournisseurs de services Internet, les agences gouvernementales, les établissements d'enseignement supérieur et les entreprises privées. Le grand public est constitué de consommateurs, leur rôle dans la transition IPv6 est principalement défini par la disponibilité d'équipements d'utilisateur final compatibles IPv6 fournis par les FAI. L'évaluation de l'état de préparation englobe plusieurs dimensions, notamment techniques, économiques et réglementaires. En évaluant l'état de préparation et l'implication des diverses parties prenantes, la stratégie vise à comprendre les efforts de collaboration requis pour une transition en douceur.

L'évaluation technique donne un aperçu de l'infrastructure technologique existante et de sa compatibilité avec IPv6. L'examen de l'état actuel de la technologie en Mauritanie permet d'identifier les défis et opportunités potentiels associés à l'intégration d'IPv6. Simultanément, l'évaluation économique explore les implications financières de la transition, en évaluant les investissements requis et les rendements potentiels. De plus, l'analyse du cadre réglementaire existant permet à la stratégie de proposer les ajustements et recommandations nécessaires pour faciliter une transition fluide vers IPv6. La section d'évaluation se termine par une analyse comparative de la mise en œuvre d'IPv6 par d'autres pays, qui fournit des informations précieuses sur les meilleures pratiques et les leçons apprises, positionnant la stratégie de la Mauritanie dans un contexte mondial.

S'appuyant sur les informations fournies par l'évaluation, la stratégie se concentre ensuite sur l'analyse de l'impact économique, projetant les implications de grande envergure de l'adoption d'IPv6. Le rapport examine le paysage économique mondial affecté par IPv6 et identifie les principales industries qui pourraient bénéficier de la transition en Mauritanie. Des secteurs tels que les technologies de l'information et de la communication, l'agriculture, la pêche, les mines, le pétrole et le gaz naturel, les services et les technologies émergentes sont scrutés de près pour leurs gains économiques potentiels.

En outre, la stratégie met également l'accent sur l'impact potentiel d'IPv6 sur le secteur public, en soulignant les effets transformateurs sur les services gouvernementaux, l'éducation, les télécommunications, les transports, le commerce extérieur, la santé, le commerce électronique et le tourisme. En décrivant les avantages économiques dans ces secteurs, le rapport souligne comment l'adoption d'IPv6 peut contribuer à une compétitivité mondiale

renforcée, à une croissance économique plus forte et à la création d'opportunités économiques numériques pour le peuple mauritanien.

Pour mettre la stratégie en pratique, il est proposé de créer un comité national pour la transition IPv6. Les ministères clés, notamment le ministère de la Transformation numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'administration, sont présentés avec leurs rôles et responsabilités respectifs. La mission fondamentale du Comité national pour la transition IPv6 est le développement, l'exécution et le suivi de la feuille de route stratégique nationale pour la transition IPv6. Ce cadre institutionnel garantit un effort holistique et collaboratif pour la réussite de la transition IPv6.

La feuille de route nationale de transition stratégique IPv6 est un plan en trois phases. La première phase implique la préparation à la transition vers IPv6, en abordant les éléments fondamentaux et les obstacles potentiels. La deuxième phase se concentre sur la mise en œuvre d'un fonctionnement dual-stack, facilitant un passage progressif d'IPv4 à IPv6. La troisième phase est centrée sur la surveillance continue de la stratégie de transition vers IPv6, permettant des ajustements et des optimisations en fonction de l'évolution des paysages technologiques et réglementaires.

Afin d'assurer une bonne préparation à la transition vers IPv6, la Stratégie souligne l'importance du renforcement des capacités en Mauritanie pour soutenir la transition. La création d'un programme complet de formation IPv6, la création d'un centre de formation spécialisé et la proposition d'un calendrier de renforcement des capacités témoignent de l'engagement à doter les acteurs locaux des connaissances et des compétences nécessaires pour une transition réussie.

Enfin, la Stratégie aborde également l'aspect financier de la transition IPv6. Une étude de cas est présentée pour illustrer les différents facteurs influençant le coût, notamment le matériel, les logiciels et les dépenses associées. Il existe un consensus sur le fait que le coût le plus important de la transition vers IPv6 serait lié à la formation et à la main-d'œuvre, plutôt qu'à l'acquisition de technologies. Une ventilation détaillée des considérations de coûts offre une transparence sur l'investissement financier requis pour l'adoption transparente d'IPv6 en Mauritanie.

En conclusion, la stratégie nationale de transition IPv6 pour la Mauritanie apparaît comme un plan bien structuré et complet qui aborde l'urgence, l'impact économique, le cadre institutionnel et les considérations financières associées à l'adoption d'IPv6. Cette stratégie avant-gardiste prépare la Mauritanie à exploiter les avantages transformateurs de l'IPv6, garantissant la durabilité numérique à long terme, la compétitivité mondiale et la prospérité économique de la nation et de sa population.



1.0 Importance pour la Mauritanie d'une stratégie nationale de transition vers IPv6

1.1 Introduction

En raison de l'épuisement inévitable des adresses IPv4, la transition IPv6 pour la Mauritanie n'est plus une option, mais plutôt une exigence essentielle. IPv6 offre un espace d'adressage étendu et une performance réseau améliorée, favorisant un développement plus rapide de nouvelles technologies et services. L'adoption d'IPv6 est d'une importance capitale pour la Mauritanie, car elle soutient la capacité du pays à rester compétitif et connecté dans un monde de plus en plus digitalisé. La Stratégie Nationale de Transition vers IPv6 vise à établir un cadre solide et efficace pour la mise en œuvre de l'IPv6, basé sur les meilleures pratiques et directives de l'industrie. Cette stratégie est essentielle pour soutenir la croissance économique, l'innovation et la sécurité nationale du pays.

La transition vers IPv6 s'aligne favorablement sur les objectifs de développement technologique et économique de la Mauritanie. Pour répondre aux aspirations technologiques de la Mauritanie, l'adoption d'IPv6 garantit que le pays peut s'adapter à l'écosystème croissant de l'Internet des objets (IoT), aux infrastructures intelligentes et aux technologies de pointe sans les limitations imposées par l'épuisement des adresses IPv4.

IPv6 ouvre la voie au développement et au déploiement de technologies émergentes telles que l'intelligence artificielle, la blockchain et l'analyse avancée des données. La connectivité transparente fournie par IPv6 jette les bases d'un écosystème numérique florissant qui stimule l'innovation dans divers secteurs.

IPv6 intègre des fonctionnalités de sécurité améliorées, offrant une protection améliorée contre les cybermenaces et les vulnérabilités. Alors que la Mauritanie vise à renforcer son paysage numérique, la mise en œuvre d'IPv6 garantit un cyberspace plus sécurisé et plus résilient. Cela correspond à l'objectif du pays de créer un environnement numérique fiable, de renforcer la confiance des investisseurs et de protéger les infrastructures critiques contre l'évolution des cybermenaces.

En termes de développement économique de la Mauritanie, IPv6 améliore l'infrastructure de l'économie numérique. En connectant de manière transparente les entreprises, en facilitant le commerce électronique et en permettant des canaux de communication efficaces, l'intégration IPv6 accélère la diversification économique de la Mauritanie. Cette transition soutient la vision du gouvernement d'une économie dynamique et compétitive à l'échelle mondiale, positionnant le pays comme une destination attrayante pour l'investissement et l'innovation.

Alors que la communauté mondiale s'oriente vers l'adoption d'IPv6, la participation de la Mauritanie à cette transition renforce sa position sur la scène internationale. La compatibilité avec les normes IPv6 garantit une communication et une collaboration

transparentes avec d'autres pays, favorisant les partenariats, l'échange de connaissances et la participation aux initiatives mondiales de recherche et de développement. Cela correspond à l'engagement de la Mauritanie en faveur de la coopération internationale et positionne le pays comme un acteur d'avenir dans le paysage numérique mondial.

1.2 Urgence de l'adoption du protocole IPv6

Le Groupe de Travail sur l'Ingénierie de l'Internet (IETF) se consacre désormais uniquement à l'examen et à la maintenance des technologies basées sur l'IPv6. Celles qui dépendent encore de l'IPv4 se retrouveront sans support technique et à la traîne dans un avenir proche. Par exemple, en matière de cybersécurité, choisir de conserver IPv4 laisserait l'écosystème numérique mauritanien vulnérable aux menaces et aux cyberattaques. Cela ne serait pas favorable au commerce électronique, au commerce extérieur et aux investissements. Avec IPv6, des mécanismes de sécurité inhérents sont intégrés, créant ainsi un environnement plus sûr pour l'économie numérique mauritanienne, la préparant au commerce électronique, au commerce extérieur et aux investissements. Le tableau 1-1 ci-dessous résume les défis que la Mauritanie rencontrerait sans la mise en œuvre d'IPv6, ainsi que les opportunités qui deviendraient disponibles grâce à la transition vers IPv6.

Paramètre	Sans prise en compte de IPv6	Avec implementation de IPv6
Espace d'Adresses	Adresses IPv4 limitées, épuisement atteint	Adresses IPv6 abondantes, évolutif pour une croissance future
Croissance d'Internet	Obstacle à l'expansion dû à l'épuisement des adresses	Favorise la croissance rapide d'Internet avec adressage direct
Sécurité du Réseau	Aucune fonctionnalité de sécurité inhérente	Sécurité améliorée de bout en bout
Connectivité des dispositifs et appareils	Restreint la croissance des appareils IoT en raison de l'épuisement des adresses	Prend en charge la croissance de l'écosystème IoT grâce aux adresses illimitées
Qualité du Service (QoS)	Défis liés à la fourniture de services de qualité (QoS) à cause des pénuries d'adresses	Facilite la gestion de la qualité du service (QoS)
Réseaux Mobiles	Entrave la croissance des services	Améliore le déploiement de les réseaux mobiles et est une condition préalable à la 5G
Visibilité Internet Globale	Visibilité globale limitée	Visibilité globale et accessibilité améliorées

Tableau 1.1 : Tableau comparatif de l'impact sur la Mauritanie avec et sans la mise en œuvre d'IPv6

1.3 Vision

Tirer profit des avantages essentiels de la migration vers IPv6 pour stimuler la transition digitale de la Mauritanie, augmenter la compétitivité de son économie sur le plan international tout en offrant un accès plus étendu aux ressources et outils numériques dans le but d'améliorer les conditions de vie de la population

1.4 Mission

Atteindre un taux d'adoption d'IPv6 de 25 % en Mauritanie d'ici 2026, comme le montre la figure 1 ci-dessous.

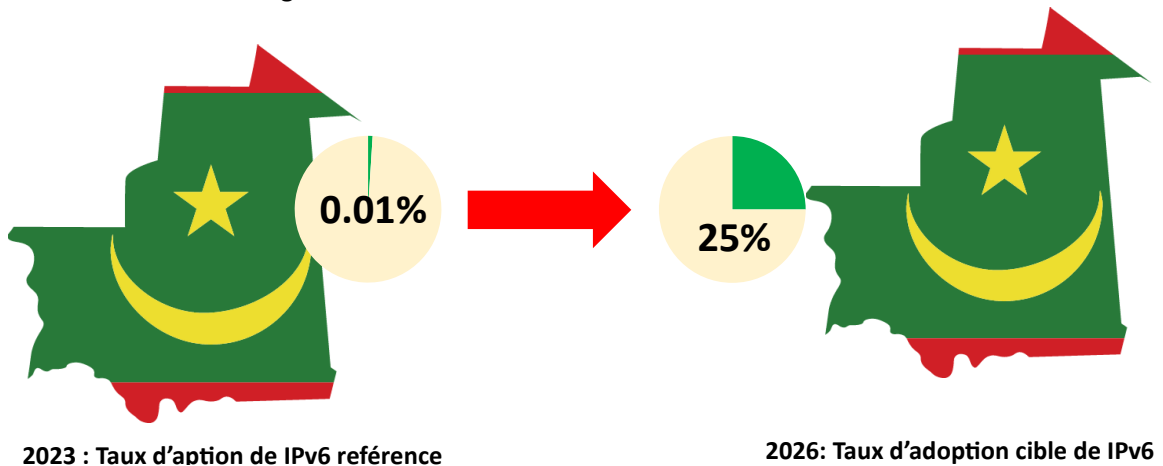


Figure 1.1: Résultat attendu de la Stratégie nationale de Migration vers IPv6

Voici les principaux piliers de la mission :

1.4.1 État de préparation des infrastructures :

1. Élaborer et mettre en œuvre un plan complet pour garantir que l'infrastructure nécessaire, y compris les périphériques, systèmes et services réseau, est compatible IPv6.
2. Collaborer avec les fournisseurs de services Internet (FAI), les opérateurs de télécommunications et d'autres parties prenantes concernées pour mettre à niveau et moderniser leurs réseaux afin d'assurer la compatibilité IPv6.

1.4.2 Sensibilisation, éducation et renforcement des capacités :

1. Mener des campagnes de sensibilisation à l'échelle nationale pour informer les entreprises, les entités gouvernementales et la population en général sur les avantages de la migration IPv6.
2. Établir des programmes et des ressources de formation pour renforcer les capacités techniques des professionnels de l'informatique, en veillant à ce qu'ils soient équipés pour gérer et prendre en charge les réseaux compatibles IPv6.

1.4.3 Cadre politique et réglementaire :

1. Formuler et appliquer des politiques qui imposent l'adoption d'IPv6 dans les agences gouvernementales, les établissements d'enseignement et les secteurs des infrastructures critiques.
2. Collaborer avec les organismes de réglementation pour inciter et soutenir les entreprises privées à adopter IPv6, favorisant ainsi un environnement propice à une mise en œuvre généralisée.

1.4.4 Suivi et évaluation :

1. Mettre en œuvre un système de suivi et d'évaluation robuste pour suivre les progrès de l'adoption d'IPv6 dans différents secteurs en Mauritanie.
2. Évaluer régulièrement les défis et les succès de la transition, en apportant les ajustements nécessaires aux stratégies et aux interventions pour atteindre l'objectif de 25 % d'adoption d'ici 2026.

1.5 Objectifs

Les objectifs de la Stratégie nationale de migration vers IPv6 sont présentés dans la figure 1.2 ci-après.

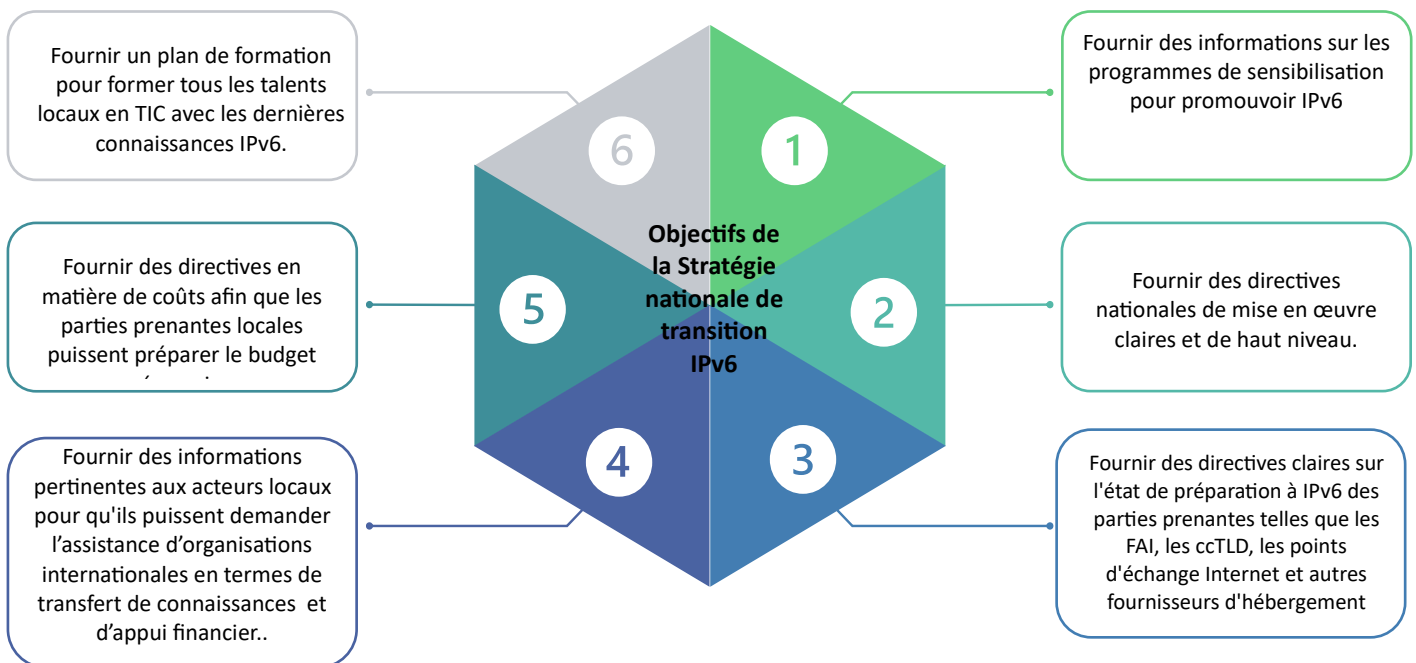


Figure 1.2: Objectifs de la Stratégie nationale de Migration vers IPv6

2.0 Évaluation actuelle de l'adoption d'IPv6 en Mauritanie

Cette section examine l'état actuel de l'adoption d'IPv6 en Mauritanie, illustrant ses progrès réels ; elle présente le résultat d'une évaluation complète de l'état de préparation au niveau national qui a impliqué toutes les parties prenantes. L'évaluation de l'état de préparation comprend l'évaluation des fonctionnalités IPv6 existantes au sein de l'infrastructure et les connaissances requises concernant la planification, le déploiement et les opérations relatives à IPv6. L'évaluation examine également la situation économique et réglementaire.

2.1 Engagement des parties prenantes (évaluation de l'état de préparation)

Engager les parties prenantes et gérer efficacement la mise en œuvre des efforts de déploiement d'IPv6 nécessite une approche particulière. Voici les actions clés à prendre en considération :

- **Engagement réglementaire** : réunion avec les agences gouvernementales ou de réglementation pour comprendre l'écosystème Internet en Mauritanie.
- **Identifier les principales parties prenantes** : Identifier les parties prenantes qui peuvent jouer le rôle le plus important et qui ont un intérêt direct dans l'effort de déploiement d'IPv6, telles que les décideurs politiques, les organismes de réglementation, les fournisseurs de services, les fabricants d'équipements et les établissements d'enseignement supérieur.
- **Cartographier l'infrastructure existante** : comprendre la compatibilité de l'infrastructure réseau actuelle avec IPv6 et identifiez les obstacles techniques potentiels et les domaines à mettre à niveau.
- **Communication avec toutes les parties prenantes** : mettre en œuvre un plan pour communiquer efficacement avec les parties prenantes sur les avantages, les défis et les progrès du déploiement d'IPv6. Utiliser divers canaux, notamment des visites sur site, des réunions sur site et en ligne ainsi que des ateliers.
- **Analyse des données** : collecte de données et d'informations à travers la distribution des questionnaires à toutes les parties prenantes et leur exploitation.

De nombreuses réunions ont été organisées, sur site et en ligne, ainsi que deux ateliers qui ont permis d'évaluation de partager les informations et présenter les objectifs et résultats de l'évaluation de l'état de préparation de l'IPv6 sous tous ses aspects.

La collecte des données s'est faite via des réunions et via des formulaires de collecte d'informations (Questionnaires) envoyés au point focal désigné au niveau de chaque structure ciblées, interface de la mission pour le compte de sa structure.

2.2 Perspective technique

L'évaluation de l'état de préparation à IPv6 vise à fournir une évaluation de haut niveau de la situation du pays en termes de préparation à IPv6. Si une organisation répond à un ensemble de critères spécifiques pour un niveau de préparation donné, elle est classée comme appartenant à ce niveau. Les critères définis incluent des fonctionnalités telles que la présence de plans IPv6, l'élaboration d'une analyse de rentabilisation IPv6, la mise en œuvre de cours de formation IPv6 et d'autres aspects IPv6. Il existe quatre (4) degrés de préparation spécifiés, le niveau zéro (0) étant le niveau le plus bas et le niveau trois (3) étant le niveau le plus élevé de préparation à IPv6. Le tableau 2-1 explique en détail ces différents niveaux.

Niveau	Description
Niveau 0	Une organisation est considérée comme étant au niveau 0 de préparation à IPv6 si elle n'a pas pris en compte IPv6 pour son infrastructure ou les conséquences liées au problème d'épuisement IPv4.
Niveau 1	<p>Une organisation est considérée comme étant au niveau 1 de préparation à IPv6 si elle explore activement la transition IPv6. Il est conseillé aux organisations de niveau 1 de commencer les activités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consultations avec des experts IPv6 internes ou externes pour élaborer des recommandations pour la migration IPv6 ou des plans d'urgence pour gérer le problème d'épuisement IPv4. • Discussions sur les implications de la migration IPv6 ou de l'épuisement IPv4 aux niveaux supérieurs et décisionnels, y compris le personnel commercial et technique supérieur. • Identifier les leviers de déploiement de IPv6. • Identification des coûts et des risques liés à IPv6. • Participer aux programmes de formation introductifs à IPv6
Niveau 2	<p>La préparation IPv6 de niveau 2 est définie par la mise en place d'un plan de déploiement IPv6 et qui a commencé à identifier les défis majeurs (conception de l'architecture technique IPv6). Il est recommandé aux organisations de niveau 2 de commencer les activités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développement d'un business case IPv6 avec des délais de mise en œuvre et un budget spécifique pour la migration IPv6. • La formation d'un groupe chargé de la transition IPv6 pour coordonner, mettre en œuvre et suivre les progrès du plan de déploiement IPv6. • Démarrer le déploiement technique IPv6. • Participer aux programmes de formation IPv6 de niveau ingénierie et de niveau de sécurité. • Planifier et exécuter les tests IPv6 pendant que la mise en œuvre est en cours.
Niveau 3	<p>La préparation IPv6 de niveau 3 est définie à travers la mise en œuvre d'un plan de déploiement IPv6 et un début d'utilisation de IPv6 sur le réseau en mode double pile. Il est recommandé aux organisations de niveau 3 de poursuivre les activités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surveiller de près le réseau pour déceler tout problème. • Surveiller les performances d'IPv6 par rapport à IPv4 si possible, pour pouvoir apprécier pleinement les avantages d'IPv6 en termes de vitesse et de performances. • Identifier les applications qui utilisent encore IPv4 et voir comment migrer ces applications. • Participer à des programmes de formation IPv6 avancés.

Tableau 2-1: Niveau de préparation à IPv6

Pour les évaluations techniques, de nombreuses réunions ont été organisées, sur site et en ligne. Les informations techniques ont été collectées via des discussions et des réunions à partir de la semaine du 19 juin 2023. Des formulaires informatisés de collecte d'informations ont également été utilisés. Nous avons réussi à obtenir les réponses de quatre parties prenantes, comme le résume le tableau 2-2 ci-dessous. D'autres parties prenantes ont fourni des informations à leur connaissance ou n'ont pas été en mesure de fournir des informations.

No.	Structure	Synthèse des Réponses	Niveau de Préparation à IPv6
1	MTNIMA	Pas d'informations fournies	Niveau 0
2	ARE	La topologie du réseau la plus récente a été téléchargée sur le formulaire d'évaluation. L'évaluation du réseau central est terminée. Néanmoins, l'évaluation des serveurs est en cours. En général, une fois que le fournisseur d'accès Internet aura attribué un préfixe IPv6, l'ARE sera en mesure de déployer IPv6 au sein du réseau central.	Niveau 2
3	ccTLD (.mr)	Les informations contenues dans le formulaire d'évaluation ont été recueillies verbalement lors de la réunion dans les locaux de la partie prenante. Le serveur principal ne prend pas en charge IPv6, contrairement au serveur secondaire.	Niveau 1
4	Université de Nouakchott	Les informations contenues dans le formulaire d'évaluation ont été recueillies au cours de discussions verbales lors de la réunion dans les locaux des parties prenantes. Plus d'informations sont nécessaires pour refléter avec précision l'étendue réelle de la préparation à IPv6. Une plus grande attention et un plus grand soutien sont nécessaires, en particulier pour le réseau universitaire, qui servira d'épine dorsale à un réseau national de recherche et d'éducation planifié.	Niveau 1
5	MAURITEL	Pas d'information fournie	Niveau 0
6	MATTEL	Des données informelles ont été recueillies verbalement lors de la visite des locaux, mais les formulaires d'évaluation formelle n'ont pas été remplis.	Niveau 1
7	CHINGUITEL	Questionnaire complété. Le réseau prend entièrement en charge IPv6.	Niveau 3
8	GIE-IMT	Cette structure doit être exclue de l'évaluation IPv6 car elle fournit uniquement une connectivité sans couche IP.	N/A
9	CSS WEGO	Cette structure n'a pas rempli le formulaire d'évaluation, invoquant des préoccupations concernant les données privées de l'entreprise.	Niveau 1
10	NETCOM	Cette structure n'a pas rempli le formulaire d'évaluation, invoquant des préoccupations concernant les données privées de l'entreprise.	Niveau 2
11	CONNECTY	Pas d'information fournie	Niveau 1
12	RIMATEL	Le formulaire a été rempli avec la liste des appareils sans mentionner s'ils prennent en charge IPv6 ou non. Mais certaines parties du réseau utilisent déjà IPv6	Niveau 3
13	SAHEL TELECOM	Cette structure n'a pas rempli le formulaire d'évaluation, invoquant des préoccupations concernant les données privées de l'entreprise.	Niveau 1
14	SNIM	Pas d'information fournie	Niveau 0
15	SOMELEC	Cette structure estime qu'elle ne voit pas le besoin de migrer vers IPv6	Niveau 1

Tableau 2-2: Niveaux de préparation à IPv6 des parties prenantes en Mauritanie

Le tableau 2-2 montre que sur les 15 parties prenantes engagées, 4 sont au niveau 0, 6 sont au niveau 1, 2 sont au niveau 2 et 2 sont au niveau 3 de préparation à IPv6. On pourra se référer à l'annexe 2-A pour plus de détails sur l'évaluation technique effectuée.

Il convient également de noter que quatre fournisseurs de services Internet (FAI) se sont déjà vu attribuer des adresses IPv6 du registre Internet régional (AfriNIC). Cependant, tous n'ont pas déployé IPv6 de manière à permettre aux utilisateurs finaux d'utiliser la connectivité IPv6. Depuis décembre 2023, AS 328997 RIMATEL-SA est le seul réseau à avoir annoncé son préfixe IPv6 (2c0f:2240::/32) et à être visible dans la table de routage globale. Cependant, malgré la publicité de leur préfixe, ils n'ont pas encore utilisé IPv6 pour leurs clients. Le tableau 2-3 ci-dessous répertorie actuellement les ressources réseau allouées aux opérateurs de réseau et aux FAI en Mauritanie.

Nom de l'entreprise	IPv6	IPv4
MAURITEL	2c0f:f998::/32	41.188.64.0-41.188.127.255
MATTEL		41.223.96.0-41.223.99.255, 102.214.208.0-102.214.211.255
CHINGUITEL	2c0f:2540::/32	197.231.0.0-197.231.31.255, 41.138.128.0-41.138.159.255
RIMIX		196.49.18.0-196.49.18.255, 196.223.45.0-196.223.45.255
CSS-AS		102.219.207.0-102.219.207.255
RIMATEL-SA	2c0f:2240::/32	102.216.216.0-102.216.219.255, 102.214.128.0-102.214.131.255
CONNECTY-SARL		102.216.228.0-102.216.231.255
NETCOM-AS	2c0f:4e80::/32	102.216.27.0-102.216.27.255
A2LTD-AS		102.215.95.0-102.215.95.255
SAHEL TELECOM-SA		102.36.184.0-102.36.187.255

Tableau 2-3: Ressources réseau allouées aux opérateurs de réseau et aux FAI en Mauritanie

2.3 Perspective économique

Outre l'évaluation d'un point de vue technique, il est pertinent que le processus de transition vers IPv6 soit également envisagé sous l'angle économique. Dans cette optique, les commentaires des parties prenantes ont été recueillis au moyen de diverses réunions, entretiens et questionnaires. Les entretiens avec les acteurs mauritaniens ont conduit aux constats suivants :

- Aucune des parties prenantes n'a prévu d'allouer un budget spécifique pour la mise en œuvre des solutions IPv6. Par ailleurs, aucune d'entre elles ne dispose d'une étude

détaillée des coûts liés à la transition de leur entreprise vers IPv6, que ce soit en termes de dépenses budgétaires définies ou d'estimations préliminaires.

- Presque toutes les parties prenantes ont confirmé que leurs équipements existants sont entièrement ou largement compatibles IPv6. Ce résultat concorde avec les approches confirmant que la plupart des coûts de migration vers IPv6 ne sont pas imputés à l'équipement.
- Toutes les parties prenantes sont également favorables à l'exigence de spécifications IPv6 dans les appels d'offres pour l'achat d'équipements.
- Toutes les parties prenantes ont exprimé leur besoin de formation pour réussir la transition vers IPv6. Selon elles, la maîtrise technique d'IPv6 est le point le plus important pour l'adoption d'IPv6 et la transition associée. Les besoins de formation s'étendent à toutes les équipes techniques impliquées dans le déploiement, l'exploitation et la maintenance des infrastructures IP. De même, une formation avancée sur IPv6 avec des sessions pratiques est jugée nécessaire pour les administrateurs d'infrastructures IP.
- Toutes les parties prenantes sont motivées à établir une stratégie de transition vers IPv6 et à la création d'un comité national sous la tutelle du gouvernement, plus précisément du ministère de la Transformation digitale.
- Pour les acteurs consultés, les freins au déploiement d'IPv6 sont directement liés à un manque de besoin, un manque de vision claire, un manque de maîtrise technique d'IPv6, et l'impact que cela peut avoir sur la disponibilité du réseau, le retour sur investissement, et enfin l'incapacité des terminaux mobiles (smartphones, tablettes, etc.) à supporter IPv6 ou la nécessité d'une configuration particulière ou d'une mise à jour logicielle.
- Plusieurs parties prenantes étaient favorables à la création d'un NIR (National Internet Registry) pour résoudre les problèmes liés aux délais de réponse d'AfriNIC à leurs demandes d'attribution d'adresses IP et parfois aux frais élevés qui leur sont appliqués. Cependant, il existe un accord sur le fait que cette entité devrait être directement rattachée au ministère pour éviter les abus.
- Les parties prenantes consultées sont favorables à la mise en place d'une Task Force pour le suivi de l'adoption d'IPv6. Ces informations pourront ensuite servir au gouvernement pour évaluer les progrès de l'adoption d'IPv6 et son taux de pénétration, qui sont des éléments importants pour estimer les revenus attendus de cette adoption.

Les principales conclusions à tirer sur l'aspect économique de la transition IPv6 au sein des parties prenantes sont les suivantes :

- Aucune des parties prenantes n'a prévu de budget pour la transition IPv6 et ne dispose d'une estimation dudit budget.
- La plupart des équipements des différents intervenants sont compatibles IPv6.
- La question des frais facturés pour les adresses IP est soulevée. Le NIR proposé doit garantir une livraison rapide des adresses, mais ne doit pas non plus facturer de frais supplémentaires aux parties prenantes.
- L'essentiel du budget pour la transition vers IPv6 sera alloué à la formation.

2.4 Perspective juridique

Après avoir analysé le cadre juridique relatif aux ressources de télécommunications, notamment les adresses IP, et tenant compte des meilleures pratiques réglementaires en la matière, les observations suivantes peuvent être formulées :

- En matière d'adresses IP, même si l'article 1 de la loi n° 2013-25 donne une définition large de l'adressage, incluant aussi bien les numéros internet que les noms de domaine, aucune disposition dans cette loi ou ses textes d'application ne définit :
 - Le statut juridique des adresses IP en tant que ressource de télécommunications.
 - Les principes régissant la gestion de ces ressources.
 - La structure en charge de gérer ces ressources.
 - La structure chargée de contrôler le respect de l'exploitation de ces ressources.
- Cette situation juridique signifie qu'en pratique, les politiques et les règles de gestion du RIR (Regional Internet Registry) d'AfriNIC sont utilisées pour gérer les importantes ressources Internet de la Mauritanie.
- La question de l'opportunité d'un cadre réglementaire faisant de l'attribution des numéros IP, ou d'un sous-ensemble de ces numéros, la responsabilité d'un registre national Internet (NIR) fonctionnant aux côtés d'AfriNIC, est toujours un sujet de discussion entre les acteurs de l'écosystème.
- L'absence d'un cadre législatif et réglementaire définissant et clarifiant les rôles que sont appelés à jouer l'Autorité de Régulation et le Ministère en charge des communications électroniques en la matière.
- L'absence d'une vision stratégique pour la migration vers IPv6 incluant des recommandations réglementaires à cet égard.
- L'absence de textes législatifs ou politiques obligeant les acteurs à migrer vers IPv6.
- L'absence de politique nationale relative à la tarification de l'attribution des adresses IP.
- L'absence d'un cadre réglementaire imposant des exigences dans l'élaboration des cahiers des charges pour l'acquisition des équipements informatiques et de télécommunication et la fourniture de services internet adoptant IPv6.

L'on pourra se référer à l'annexe 2-B pour une analyse détaillée des réponses.

2.5 Benchmark avec d'autres pays

Il est essentiel pour le Gouvernement mauritanien d'analyser la manière dont d'autres pays ont déployé IPv6, afin de s'inspirer de leurs meilleures pratiques et d'apprendre de leurs erreurs. Cela placerait le Gouvernement mauritanien dans une meilleure position pour planifier le cadre approprié en termes de lois et de questions réglementaires pour le déploiement d'IPv6. Le tableau 2-4 suivant illustre la manière dont IPv6 est déployé et réglementé dans plusieurs pays du monde.

Pays	Taux d'adoption de l'IPv6	Rapport des internautes à la population	Task Force IPv6 /Commié IPv6	Apperçu des aspects réglementaires
France	67.87%	85% [2022]	Groupe de travail France IPv6 créé par le régulateur français des télécommunications (ARCEP) en collaboration avec l'Internet Society France (ISF)	L'ARCEP a rendu obligatoire la compatibilité IPv6 pour tous les nouveaux équipements et services haut débit fixe de septembre 2012. Le Plan national français pour l'inclusion numérique a été lancé en septembre 2018 en tant qu'action stratégique par le Secrétaire d'État français chargé du Numérique, avec l'Agence nationale française pour la cohésion des territoires (ANCT). L'un des objectifs du plan d'action est d'accélérer l'adoption d'IPv6 afin de garantir une capacité de réseau durable et de prendre en charge les technologies émergentes.
USA	55.65%	92% [2021]	Le groupe de travail fédéral IPv6, créé par le Conseil fédéral des responsables de l'information	En 2009, le Conseil fédéral des responsables de l'information a publié le « Guide de planification/feuille de route vers l'adoption d'IPv6 au sein du gouvernement américain ». En 2020, le Bureau de la gestion et du budget a publié le document OMB-M21-07, qui définit un plan de transition spécifique pour les agences passant à IPv6.
Chine	31.81%	76% [2022]	-Administration nationale du cyberspace -Ministère de l'Industrie et des Technologies de l'Information -Groupe de travail IPv6 -Centre d'ingénierie Internet du futur de Chine -Institut Internet de Pékin	Le gouvernement chinois a publié un « Plan d'action spécial pour la promotion du trafic IPv6 » visant à achever la transition vers IPv6 d'ici 2023 et à désactiver les couches de compatibilité pour le protocole IPv4. .

Tableau 2-4: Comparaison de l'adoption de l'IPv6 à travers les pays

Pays	Taux d'adoption de IPv6	Rapport des internautes à la population	Task force IPV6/ Comité IPv6	Aperçu réglementaire
Malaisie	69.33%	97% [2022]	Conseil national IPv6 : -Ministère de l'Énergie, de l'Eau, de la Communication (Ministère des Communications) -Ministère des finances -Unité de planification économique -Unité malaisienne de modernisation administrative et de planification de la gestion -Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation -Commission malaisienne des communications et du multimédia -FAI	Le Centre National Avancé en IPv6 (NAV6) a été créé par le gouvernement en tant qu'agence chargée de développer, planifier et exécuter la feuille de route nationale IPv6. Cette feuille de route créée par NAV6 est la raison pour laquelle la Malaisie est désormais l'un des pays les mieux classés en termes d'IPv6.
Rwanda	16.25%	30% [2021]	Groupe de travail IPv6 du Rwanda (RIWG) opérant sous l'égide de l'Agence rwandaise de réglementation des services publics (RURA)	L'Agence rwandaise de réglementation des services publics (RURA) a été créée conformément à la loi n° 39/2001 du 13 septembre 2001. Elle régit les questions de télécommunications, y compris les ressources Internet dans lesquelles les adresses IP sont incluses.
Gabon	15.41%	72% [2021]	Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes	Les initiatives 5G et Cloud Era (2020) au Gabon sont un plan national visant à piloter les réseaux IP de nouvelle génération.
Algérie	0,10%	71% (2021)	Le Ministère des Postes et Télécommunications a mis en place la Task Force IPv6 Algérie, qui est un groupe de travail composé d'une vingtaine de cadres et gestionnaires du secteur des TIC	Le gouvernement algérien a réalisé des investissements importants dans son infrastructure critique de technologies de l'information et de la communication (TIC). Mise à jour de manière proactive le cadre juridique et réglementaire pour intégrer et soutenir l'adoption d'IPv6
Afrique du Sud	2,0%	72% (2021)	L'Internet Society of South Africa (ISOC ZA) dirige le groupe de travail sud-africain sur IPv6 (SAv6 TF)	Le développement et l'expansion continus de l'infrastructure Internet du pays créent une demande constante pour l'adoption d'IPv6. La feuille de route de déploiement d'IPv6 décrit les stratégies permettant aux institutions gouvernementales de passer à IPv6
Mauritania	0.10%	59% [2021]	Non	Nécessité de créer un comité national pour établir une feuille de route nationale. Cette feuille de route doit également inclure des réglementations et des politiques concernant IPv6.

3.0 Impact Economique de la migration IPv6

3.1 Aperçu de l'impact d'IPv6 sur l'économie mondiale

IPv6 s'est avéré être un véritable tournant à travers la manière dont il permet à l'économie mondiale d'évoluer et de se développer à un rythme rapide. Il existe trois mécanismes par lesquels IPv6 a réussi à alimenter cette croissance sans précédent de 7 000 milliards de dollars, à savoir la création de valeur, l'amélioration de l'efficacité et le renforcement de la sécurité. D'abord, par la création de valeur en utilisant les technologies 5G, IoT et Cloud, établissant ainsi une infrastructure solide pour l'économie numérique. Ensuite, grâce à une efficacité améliorée à travers l'augmentation des vitesses, la réduction du temps de traitement et la réduction des coûts opérationnels des réseaux. Enfin, grâce à une sécurité renforcée en évitant les erreurs humaines, en réduisant les pannes du système et en empêchant les attaques malveillantes.

La figure 3 ci-dessous décrit plus en détail ces mécanismes.

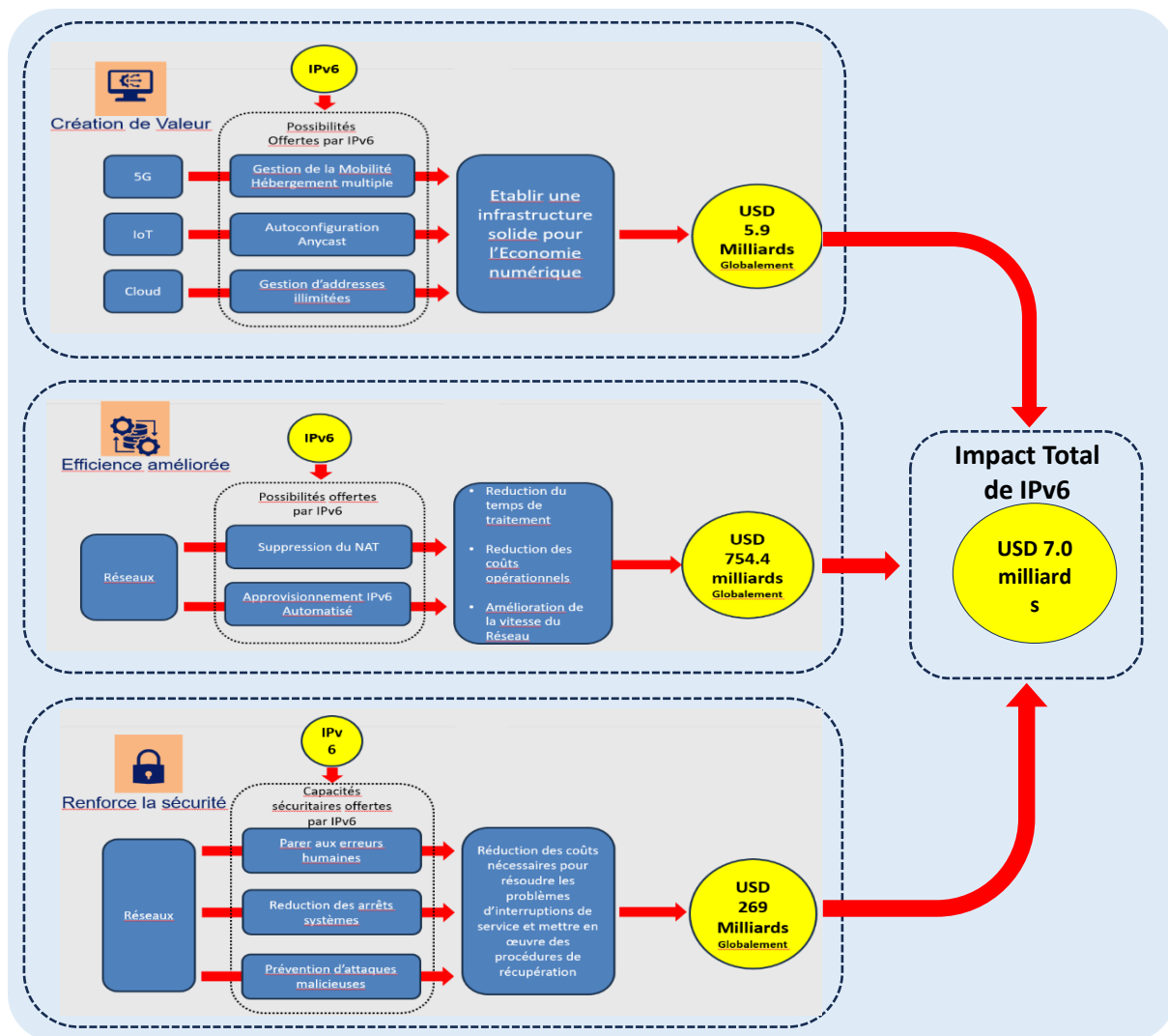


Figure 3: Mechanisms by Which IPv6 Impacts the Global Economy
[Source: Global IPv6 Development Report 2022 by Roland Berger]

IPv6 a un impact non seulement sur le secteur de l'information et de la communication, mais également sur d'autres secteurs économiques, industriels et commerciaux. La figure 4 ci-dessous présente une répartition de l'impact qualitatif et quantitatif qu'IPv6 a apporté dans de nombreux secteurs à l'échelle mondiale.

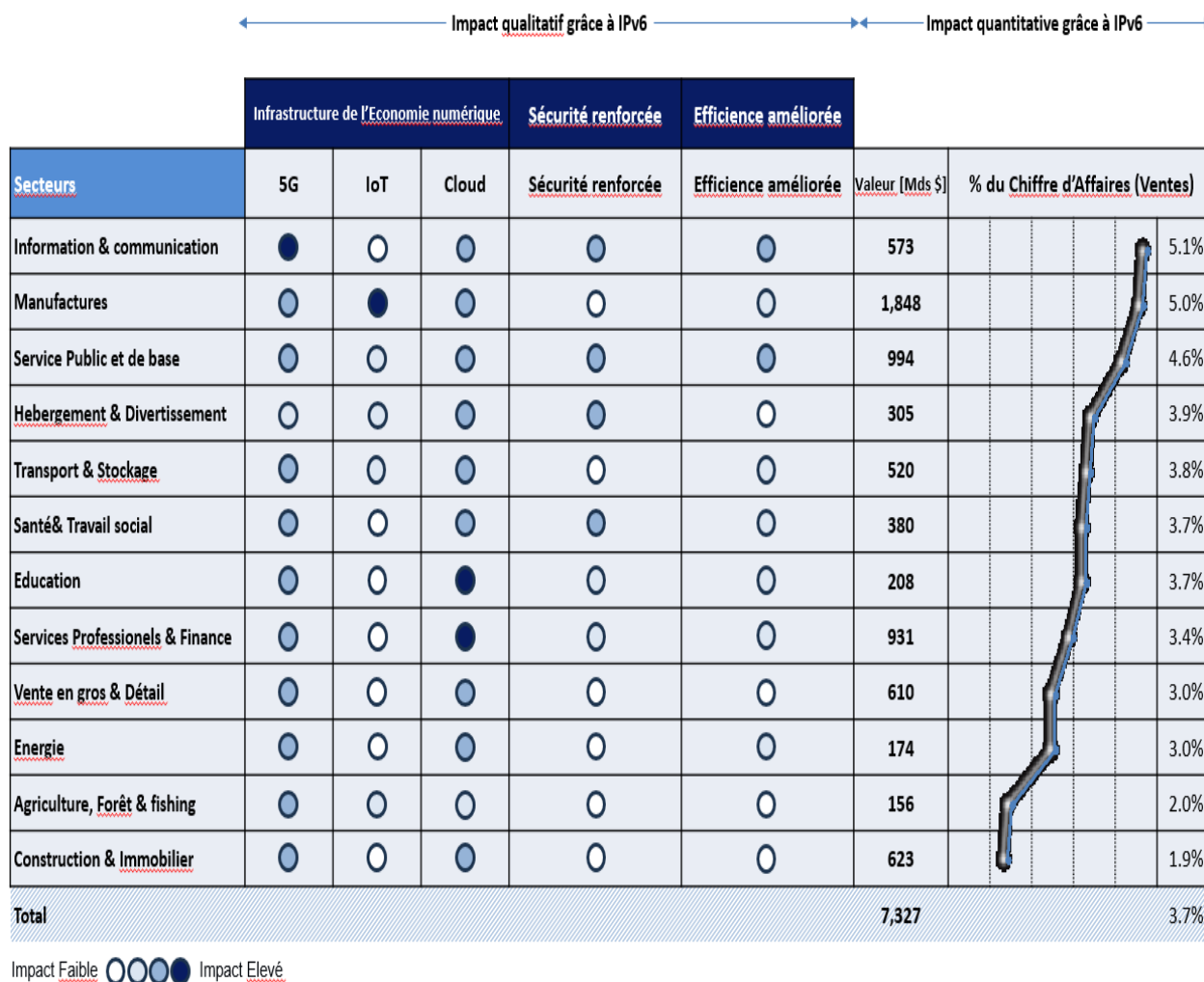


Figure 4: Impact qualitative et Quantitatif de l'IPv6 sur l'Economie mondiale
 [Source: Global IPv6 Development Report 2022 by Roland Berger]

3.2 Impact économique projeté d'IPv6 sur les secteurs clés en Mauritanie

À l'instar de la tendance mondiale, la Mauritanie bénéficiera également économiquement de l'adoption d'IPv6. La figure 5 présente l'impact projeté sur les industries clés de l'économie mauritanienne qui peut être obtenu avec IPv6 comme facilitateur de croissance. Roland Berger estime que chaque augmentation de 10 % du déploiement d'IPv6 entraînera une croissance du PIB de 0,4 %. Les chiffres ci-dessous sont une extrapolation de cette estimation. La justification de l'augmentation en pourcentage de chaque secteur individuel est expliquée plus en détail dans la section relative à chaque secteur ci-dessous (3.2.1 à 3.3.8).

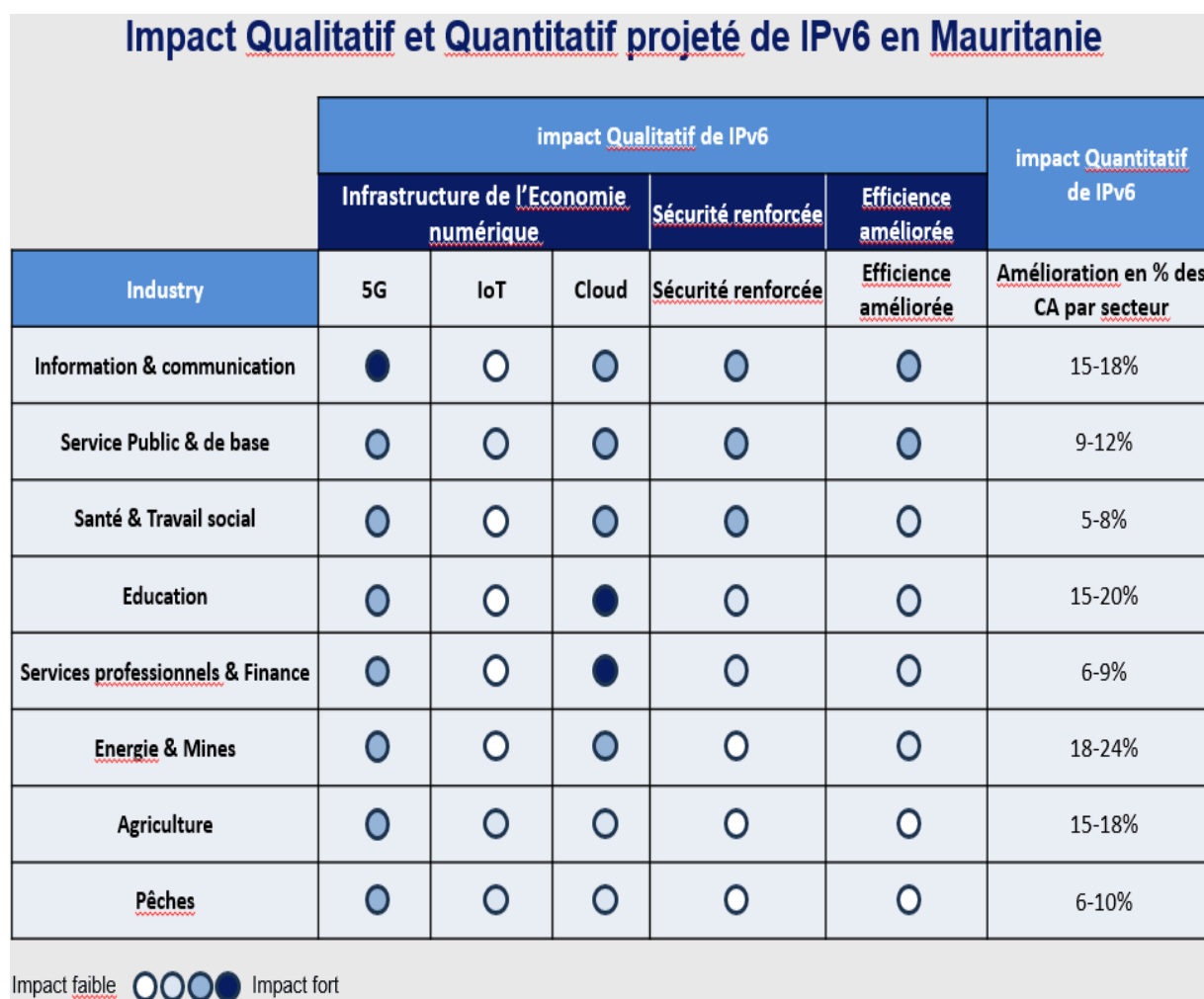


Figure 5: Impact économique projeté d'IPv6 pour les industries clés en Mauritanie

3.2.1 Technologie de l'Information et de la Communication



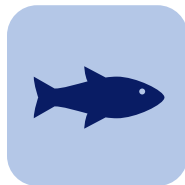
En améliorant l'infrastructure technologique 5G, IoT et Cloud, IPv6 favorise la création de valeur et de nouvelles innovations. Il joue un rôle irremplaçable en permettant des applications plus approfondies et plus larges dans plusieurs industries et le secteur public. Avec IPv6, cette industrie devrait croître de 15 à 18 %.

3.2.2 Agriculture et Elevage



La connectivité IPv6 peut profiter au secteur agricole en Mauritanie, en particulier dans les zones rurales. En déployant des capteurs et des appareils IoT compatibles IPv6, les agriculteurs peuvent accéder à des informations en temps réel sur la météo, l'état des sols et la santé des cultures. Ces données peuvent aider à optimiser l'irrigation, l'utilisation d'engrais et les techniques de gestion des cultures, conduisant ainsi à une productivité accrue et à une meilleure gestion des ressources. Avec IPv6, cette industrie devrait croître de 15 à 18 %.

3.2.3 Pêches



IPv6 offre un espace d'adressage beaucoup plus grand, permettant la connexion d'un grand nombre d'appareils, de capteurs et d'équipements de pêche. Cela permet une collecte de données et une communication efficaces entre les navires de pêche, les opérations à terre et les installations de transformation. Avec IPv6, le secteur de la pêche en Mauritanie peut profiter de technologies avancées telles que les dispositifs Internet des objets (IoT) et l'analyse des données en temps réel, améliorant ainsi le suivi des activités de pêche, optimisant l'allocation des ressources et garantissant des pratiques de pêche durables. Avec IPv6, cette industrie devrait croître de 6 à 10 %.

3.2.4 Mines



IPv6 améliore l'automatisation et l'efficacité en permettant la connexion d'une multitude d'appareils, tels que des véhicules autonomes, des capteurs et des machines télécommandées, au sein des opérations minières. Grâce à l'espace d'adressage plus grand d'IPv6, les sociétés minières en Mauritanie peuvent déployer un vaste réseau d'appareils connectés, facilitant l'automatisation, la surveillance à distance et le contrôle des processus miniers critiques. Cela conduit à une efficacité opérationnelle améliorée, à une réduction des temps d'arrêt, à une sécurité accrue grâce à la surveillance à distance des zones sensibles et à une meilleure gestion des ressources, augmentant ainsi la productivité et la rentabilité du secteur minier d'environ 18 à 24 %.

3.2.5 Pétrole et Gaz naturel



L'espace d'adressage plus grand fourni par IPv6 permettra une connectivité transparente et une mise en réseau efficace entre divers appareils et systèmes utilisés dans le secteur pétrolier et gazier. Avec IPv6, l'industrie peut prendre en charge un nombre massif d'appareils, de capteurs et d'équipements connectés, permettant ainsi d'améliorer la surveillance, le contrôle et la collecte de données tout au long des processus de production et de distribution. Cette connectivité accrue facilite la prise de décision en temps réel, améliore l'efficacité opérationnelle et pourra améliorer la productivité globale de l'industrie de 18 à 24 %.

3.2.6 Services



En adoptant IPv6, le secteur des services en Mauritanie peut bénéficier d'une connectivité améliorée et d'une fonctionnalité réseau améliorée. Il permettra le développement de modèles avancés de prestations de services et favorisera l'intégration des technologies émergentes. De plus, IPv6 facilite la connexion transparente de plusieurs appareils et permet un transfert efficace des données, conduisant à des services plus efficaces et plus réactifs pour les clients de divers secteurs tels que la finance, l'éducation, la santé et les services gouvernementaux. Avec IPv6, cette industrie devrait croître de 9 à 12 %.

3.2.7 Technologies émergentes

3.2.7.1 Intelligence artificielle



IPv6 prend en charge l'interconnectivité de diverses ressources informatiques, facilitant la création de réseaux neuronaux étendus et l'échange de grands ensembles de données essentiels à la formation de modèles sophistiqués.

3.2.7.2 Internet des Objets (IoT)



IPv6 et son abondance d'adresses sont particulièrement avantageux pour l'IoT, où une multitude de capteurs, d'actionneurs et d'appareils intelligents nécessitent des identifications uniques.

3.2.7.3 Innovations améliorées 5G et IPv6



SRv6 simplifie la gestion du réseau, améliore la programmabilité du réseau ainsi que l'efficacité globale de l'ingénierie du trafic dans les réseaux à grande échelle. Il offre une base évolutive et polyvalente pour les réseaux de nouvelle génération avec un contrôle, une flexibilité et des performances améliorés.

La plupart des industries mentionnées aux sections 3.2.1 à 3.2.7 comprennent également des petites et moyennes entreprises (PME). Ces PME connaîtront des améliorations significatives grâce à l'adoption d'IPv6, notamment en termes d'opportunités de marché et de compétitivité. La transition vers IPv6 n'est pas seulement une nécessité technique mais une évolution stratégique qui peut avoir un impact positif sur le paysage commercial global des PME en Mauritanie. Le tableau 3-1 suivant explique ce point plus en détail.

Avantages pour les PME	Description
Accès au marché mondial	IPv6 fournit un plus grand pool d'adresses uniques, surmontant les limites de l'épuisement des adresses IPv4. Cet espace d'adressage élargi permet aux PME d'avoir une présence en ligne unique, leur permettant de participer plus efficacement à l'économie numérique mondiale.
	Avec IPv6, les PME peuvent établir une infrastructure en ligne robuste et évolutive, ce qui leur permet de s'engager plus facilement sur les marchés internationaux, d'attirer des clients internationaux et de participer au commerce électronique transfrontalier.
Fonctionnalités de sécurité améliorées	IPv6 introduit des améliorations dans les fonctionnalités de sécurité, notamment la prise en charge intégrée d'IPsec. Cela améliore la sécurité globale des données transmises sur Internet, permettant ainsi aux PME d'effectuer des transactions en ligne, de partager des informations sensibles et de protéger leurs actifs numériques en toute sécurité.
	Les PME qui donnent la priorité à l'adoption d'IPv6 peuvent se positionner comme des entreprises engagées dans la cybersécurité, gagnant ainsi confiance et crédibilité sur le marché.
Innovation technologique et Web 3.0	IPv6 est un élément fondamental pour le développement et le déploiement des technologies Web 3.0. Les PME qui adoptent IPv6 sont mieux placées pour tirer parti des technologies émergentes telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et la blockchain.
	L'adoption précoce d'IPv6 peut donner aux PME un avantage concurrentiel en intégrant des technologies innovantes dans leurs opérations commerciales, en proposant des produits ou services nouveaux et améliorés pour répondre à l'évolution des demandes du marché.
Présence en ligne améliorée et visibilité	IPv6 permet une connexion plus efficace et transparente entre les utilisateurs et le contenu en ligne. Les PME qui adoptent IPv6 peuvent garantir que leurs sites Web et leurs services en ligne sont facilement accessibles, offrant ainsi une meilleure expérience utilisateur aux clients nationaux et internationaux.
	Une meilleure visibilité en ligne peut entraîner une augmentation du trafic sur le site Web, ce qui pourrait se traduire par une plus grande acquisition de clients et une meilleure reconnaissance de la marque pour les PME.
Conformité gouvernementale et industrielle	Les gouvernements et les régulateurs de l'industrie peuvent imposer l'adoption d'IPv6 pour s'aligner sur les normes mondiales et garantir la durabilité d'Internet. Les PME qui se conforment de manière proactive à ces réglementations démontrent leur engagement envers les normes de l'industrie, gagnant ainsi en crédibilité auprès des agences gouvernementales et des partenaires industriels.

Rentabilité des Opérations réseau	L'adoption d'IPv6 peut entraîner des opérations réseau plus efficaces grâce à sa structure d'en-tête simplifiée et à ses capacités de routage améliorées. Cela peut entraîner des économies pour les PME en termes de gestion du réseau, de maintenance et de dépenses opérationnelles globales.
Participation à L'Écosystèmes numériques	Alors qu'IPv6 devient le protocole dominant, les PME mauritaniennes peuvent participer activement à l'évolution des écosystèmes numériques. Cela inclut la collaboration avec d'autres entreprises, l'exploitation des services cloud et l'engagement dans de nouvelles formes de collaboration en ligne, contribuant ainsi à un environnement commercial plus connecté et dynamique.

Tableau 3-1: Avantages de IPv6 pour les petites et moyennes entreprises

3.3 Impact économique projeté d'IPv6 pour le secteur public en Mauritanie

En plus de renforcer des industries clés, IPv6 renforcera également les capacités et l'efficacité du secteur public en Mauritanie. Cette section détaille les différentes catégories de services gouvernementaux et publics qui seront positivement impactées par IPv6.

3.3.1 Services gouvernementaux et e-Gouvernance



IPv6 joue un rôle essentiel dans le soutien aux initiatives de gouvernance électronique et dans l'amélioration des services gouvernementaux. Les agences gouvernementales mauritaniennes peuvent tirer parti d'IPv6 pour améliorer leurs plateformes en ligne, permettant ainsi une fourniture efficace de services aux citoyens. Avec IPv6, les sites Web gouvernementaux et les portails en ligne peuvent gérer un trafic accru, offrir une meilleure accessibilité et prendre en charge des applications innovantes telles que l'infrastructure des villes intelligentes, les services de santé numériques et l'apprentissage à distance. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 9 à 12 %

3.3.2 Education et Recherche



IPv6 peut avoir un impact significatif sur le secteur de l'éducation en permettant de développer des plateformes d'apprentissage en ligne avancées, des collaborations dans la recherche et un accès aux ressources éducatives. Les établissements d'enseignement mauritaniens peuvent tirer parti d'IPv6 pour fournir une connectivité transparente aux étudiants et aux enseignants, faciliter les vidéoconférences, soutenir les initiatives d'apprentissage à distance et promouvoir l'alphabétisation numérique. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 15 à 20 %

3.3.3 Fournisseurs de Services d'accès Internet et de télécommunications (FAI)



IPv6 permet un espace d'adressage beaucoup plus grand que IPv4, ce qui est crucial pour la croissance continue des appareils connectés à Internet. Les FAI mauritaniens peuvent déployer IPv6 pour s'adapter au nombre croissant d'appareils et permettre une connectivité transparente. Cette expansion peut conduire à un meilleur accès à Internet et à des services de meilleure qualité, essentiels tant pour les entreprises que pour les particuliers. Un bon exemple serait la pénétration de l'IPTV. Grâce à de nombreuses adresses IPv6, l'IPTV peut être connectée directement à Internet. Ainsi, la croissance de l'IPTV sera exponentielle avec la mise en œuvre d'IPv6. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 15 à 18 %.

3.3.4 Transport



IPv6 peut améliorer le secteur des transports grâce à la mise en œuvre de technologies Internet des objets (IoT), telles que des capteurs intelligents et des dispositifs de suivi, dans les véhicules, les conteneurs et les infrastructures. Cette connectivité améliorée peut conduire à une gestion de flotte plus efficace, à un suivi des expéditions en temps réel et à une rationalisation des opérations logistiques allant jusqu'à 9 à 12 %.

3.3.5 Commerce international



Dans le secteur du commerce extérieur, IPv6 peut prendre en charge le développement de systèmes avancés de gestion de la chaîne d'approvisionnement, permettant une meilleure coordination et visibilité sur les réseaux commerciaux internationaux. Cela peut accroître l'efficacité, réduire les retards et améliorer la compétitivité globale des activités de commerce extérieur de la Mauritanie. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 6 à 9 %.

3.3.6 Télésanté et Télémedecine avancés



IPv6 permet une connectivité transparente entre divers appareils, réseaux et applications de soins de santé. En Mauritanie, cela pourrait améliorer les services de télésanté et de télémedecine, en permettant aux professionnels de la santé de diagnostiquer et de traiter les patients à distance. Avec IPv6, les prestataires de soins de santé peuvent établir des connexions sécurisées et fiables pour des consultations vidéo en temps réel, la surveillance à distance des patients et l'échange de données, facilitant ainsi un meilleur accès aux services de santé. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 5 à 8 %.

3.3.7 E-commerce et Entreprises en ligne



Avec l'adoption d'IPv6, les entreprises en ligne et les plateformes de commerce électronique en Mauritanie peuvent améliorer leur présence en ligne et élargir leur clientèle. IPv6 offre des fonctionnalités de sécurité améliorées, telles qu'IPsec, qui peuvent protéger les informations sensibles lors des transactions en ligne. De plus, IPv6 permet une meilleure connectivité de bout en bout, permettant des expériences en ligne plus rapides et plus fiables, ce qui est crucial pour les plateformes de commerce électronique et les services numériques. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 6 à 9 %.

3.3.8 Tourisme et Hébergement



L'industrie du tourisme en Mauritanie peut bénéficier d'IPv6 en fournissant une connectivité améliorée et des services numériques aux touristes. Les hôtels, les centres de villégiature et les opérateurs touristiques peuvent déployer IPv6 pour offrir un accès Internet haut débit, une automatisation intelligente des chambres, des systèmes de réservation en ligne et des expériences clients personnalisées. Cela peut améliorer la satisfaction des clients et attirer davantage de touristes dans le pays. IPv6 devrait améliorer l'efficacité de ce secteur de 9 à 12 %.

3.4 Renforcer la compétitivité internationale de la Mauritanie grâce à IPv6

Dans la société numérique sans frontières d'aujourd'hui, il est crucial pour la Mauritanie de disposer de l'infrastructure technologique appropriée pour garantir sa résilience et sa compétitivité sur la scène mondiale. Selon le Groupe de la Banque africaine de développement, le produit intérieur brut (PIB) de la Mauritanie devrait croître de 5,9 % en 2024. Parallèlement, Roland Berger estime que chaque augmentation de 10 % du déploiement d'IPv6 entraînera une croissance du PIB de 0,4 %. Par conséquent, en supposant que l'objectif de déploiement d'IPv6 de 25 % puisse être atteint, il est possible que les projections de croissance du PIB de la Mauritanie aient le potentiel de s'améliorer jusqu'à 7,0 %, voire plus.

Pour concrétiser cela, le gouvernement mauritanien peut encourager une adoption plus rapide d'IPv6 au sein des entreprises grâce à l'introduction d'avantages fiscaux et de subventions ciblées. Par exemple, si un FAI atteint un déploiement IPv6 de 25 % au cours de la première année, il bénéficiera d'une exonération fiscale pour les 3 années suivantes.

Pour une subvention ciblée, un exemple serait une subvention de contrepartie de 50 % pour les entreprises qui souhaitent mettre en œuvre IPv6 au sein de leur organisation. Grâce à cette initiative, le gouvernement peut subventionner, par organisation, jusqu'à 50 % du coût de mise en œuvre d'IPv6 à titre d'incitation. Les figures 3-4 à 3-7 suivantes illustrent une proposition de subvention de contrepartie de 50 % pour l'adoption d'IPv6 que le gouvernement mauritanien peut envisager de mettre en œuvre. La subvention peut même être combinée à l'offre des FAI pour les entreprises.



Figure 3-4: Aperçu et Objectifs de la subvention de contrepartie propose pour l'adoption de IPv6



Figure 3-5: Secteurs Eligible pour la subvention de contrepartie

PACKAGE D'ÉVALUATION ET DE MISE EN ŒUVRE IPv6

No	Item	Description
1	Sécurité IPv6 et Rapport d'évaluation IPv6	Évaluer l'état de préparation et de sécurité IPv6 du réseau actuel et fournir un rapport complet sur celui-ci.
2	Conception IPv6 et Planification de la sécurité	Concevoir un nouveau plan de migration IPv6 et d'infrastructure de sécurité pour l'organisation. Cela se fera conjointement avec le personnel informatique.
3	Présentation détaillée et démonstration de Systèmes de sécurité des réseaux et des applications	Présentation aux Responsables du plan de migration et de sécurité. Cela inclut les avantages techniques et économiques (ROI) d'une telle migration. Cela comprendra également une démonstration des systèmes de sécurité open source pouvant être utilisés.
4	Formation	Formation pratique destinée au personnel informatique pour comprendre les informations techniques plus approfondies nécessaires à la migration IPv6 et au déploiement de la sécurité IPv6.

Figure 3-6: Package d'évaluation de mise en oeuvre IPv6 pris en charge par la subvention

FORFAITS FAI ET COÛT

Item	Coût (USD)	Coût Total du Package (USD)	50% subvention de contre-partie (USD)	50% pris en charge par l'organisation (USD)
Évaluation et mise en œuvre d'IPv6 (une seule fois)	1.700	2.000	1.000	1.000
Offre FAI (par exemple, 1 an de connectivité haut débit)	300			

Figure 3-7: Forfaits proposes et coûts suggérés pour les FAIs

Dans un contexte plus global, la figure 3-8 ci-dessous décrit les 4 voies par lesquelles IPv6 peut accroître la compétitivité mondiale de la Mauritanie, garantissant qu'elle prospérera face à l'inévitable modernisation.

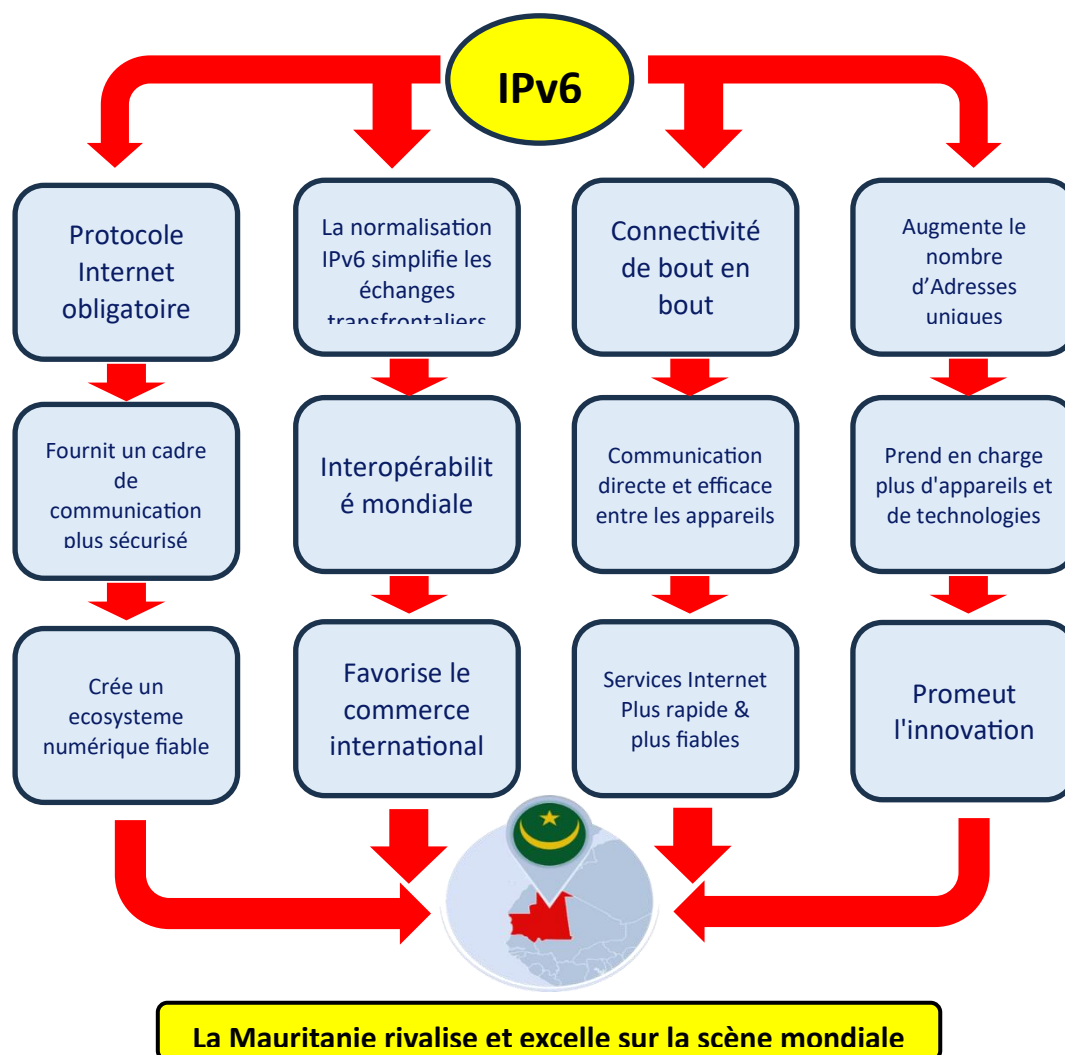


Figure 3-8 : Voies par lesquelles IPv6 augmente la compétitivité internationale de la Mauritanie

Pour apprécier pleinement les avantages économiques de l'adoption d'IPv6, nous ferons une comparaison avec d'autres pays qui ont adopté IPv6 ou sont sur la bonne voie pour l'adopter. Pour cela, nous nous référons au Global IPv6 Development Report 2022 de Roland Berger : Mesure, analyse de l'impact socio-économique et recommandations politiques.

L'indice de développement IPv6, mesuré sur une échelle de 0 à 1, a été développé sur la base du Centre d'information sur les réseaux d'Amérique latine et des Caraïbes (LACNIC), de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et de la méthodologie de Cisco, mesurant trois aspects liés à l'adoption d'IPv6 qui sont la pénétration IPv6, les performances IPv6 et l'innovation IPv6. Comme le montre la figure 3-9, 92 pays sont regroupés en 3 catégories définies par leur indice mondial de développement IPv6 : les pionniers (25 % des premiers), les adoptants (50 % du milieu) et les débutants (25 %).

Front-runners		Adopters				Starters	
1	India	24	Austria	47	Slovakia	70	Namibia
2	Belgium	25	Switzerland	48	Bolivia	71	Indonesia
3	Finland	26	Czech Republic	49	Algeria	72	Bahrain
4	Germany	27	Sweden	50	Oman	73	Angola
5	Greece	28	Canada	51	South Africa	74	Lebanon
6	Uruguay	29	Kuwait	52	Romania	75	Botswana
7	United States	30	Paraguay	53	Rwanda	76	Bulgaria
8	France	31	Peru	54	Belarus	77	Venezuela
9	Japan	32	Norway	55	Slovenia	78	Pakistan
10	Saudi Arabia	33	Thailand	56	New Zeland	79	Cote d'Ivoire
11	Malaysia	34	Australia	57	Croatia	80	Lithuania
12	United Arab Emirates	35	Argentina	58	Spain	81	Bangladesh
13	Brazil	36	Singapore	59	Kazakhstan	82	Senegal
14	Hungary	37	Ireland	60	Mauritius	83	Turkey
15	Mexico	38	Ecuador	61	Morocco	84	Cameroon
16	China	39	Philippines	62	Ethiopia	85	South Korea
17	Luxembourg	40	Jordan	63	Iraq	86	Mozambique
18	Netherlands	41	Kenya	64	Nigeria	87	Libya
19	United Kingdom	42	Denmark	65	Tunisia	88	Ghana
20	Estonia	43	Poland	66	Uganda	89	Zambia
21	Colombia	44	Chile	67	Egypt	90	Uzbekistan
22	Portugal	45	Italy	68	Serbia	91	Ukraine
23	Vietnam	46	Qatar	69	Tanzania	92	Russia

Figure 3-9 : Classement des pays et segment par indice de développement IPv6
[Source : Rapport mondial sur le développement d'IPv6 2022 par Roland Berger]

Pour la région de l'Afrique du Nord, l'Algérie apparaît comme le leader avec un indice mondial de développement IPv6 de 0,34, légèrement inférieur à la moyenne mondiale de 0,37, comme le montre la figure 3-10, se plaçant dans la catégorie intermédiaire des pays adoptants.

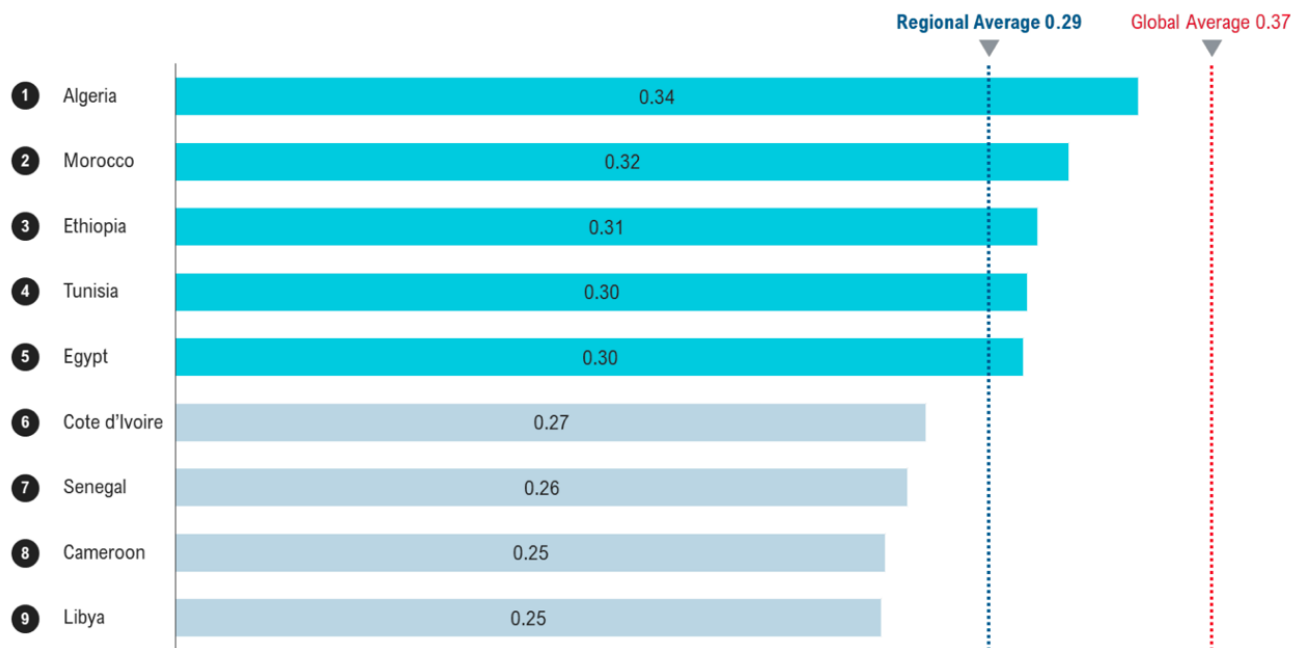


Figure 3-10 : Classement des pays par indice de développement IPv6 (région Afrique du Nord)
[Source : Rapport mondial sur le développement d'IPv6 2022 par Roland Berger]

Pour l'Algérie, en tant que pays adoptant classé 49ème au monde pour son indice de développement IPv6, l'impact projeté d'IPv6 sur son économie reste substantiel, s'établissant à 5,2 milliards de dollars d'ici 2025. Une répartition de cet impact est illustrée dans le tableau 3 suivant. 2.

Secteurs	Valeur (USD)
Services publics et de Base	202 Millions
Information & Communication	212 Millions
Manufactures	265 Millions
Hotellerie et Divertissement	3,417 Millions
Santé & Travail social	111 Millions
Education	54 Millions
Services Professionnels & Finance	228 Millions
Transports & Stockage	76 Millions
Vente en gros & Détail	222 Millions
Construction & Immobilier	38 Millions
Energie	290 Millions
Agriculture, Forêts & Pêches	96 Millions
TOTAL	5,211 Millions

Tableau 3-2 : Création de valeur projetée de l'industrie IPv6 en Algérie d'ici 2025
[Source : Adapté du Global IPv6 Development Report 2022 par Roland Berger]

En outre, sur la base des données de la Banque mondiale, il est à noter qu'au cours d'une période de 5 ans allant de 2015 à 2020, les pays figurant dans les segments pionniers et adoptants de l'indice de développement IPv6 ont montré une croissance du PIB par habitant nettement meilleure que les pays du premier segment, comme illustré dans la figure 3-11 ci-dessous. Il est donc impératif pour la Mauritanie d'initier la transition IPv6 le plus tôt possible, afin de garantir qu'elle reste économiquement compétitive sur la scène mondiale.

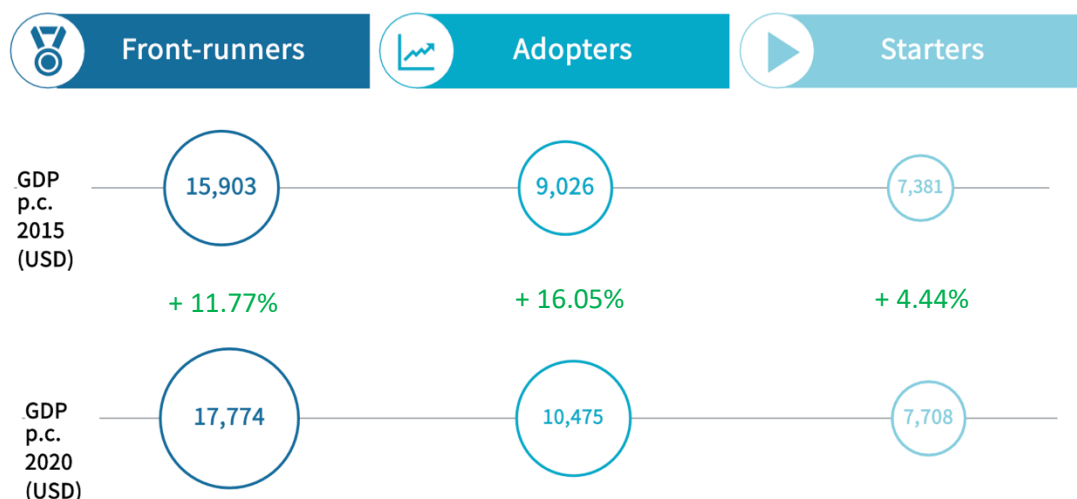


Figure 3-11: Croissance du PIB par habitant, classé par segment de l'Indice de développement de l'IPv6, Categorized by IPv6 Development Index Segment
[Source: Adapté du Global IPv6 and IPv6+ Development Report 2021 par Roland Berger]

4.0 Comité national de Transition IPv6

Un comité national devrait être créé pour aider le gouvernement mauritanien à renforcer l'adoption d'IPv6 en Mauritanie.

L'objectif du Comité national est de superviser l'élaboration et la mise en œuvre réussie de la feuille de route stratégique nationale pour la transition IPv6. La feuille de route consistera en un plan d'action détaillé, annexée au présent document de stratégie, et couvrira les grands domaines suivants, décrits dans la figure 4-1 ci-dessous.

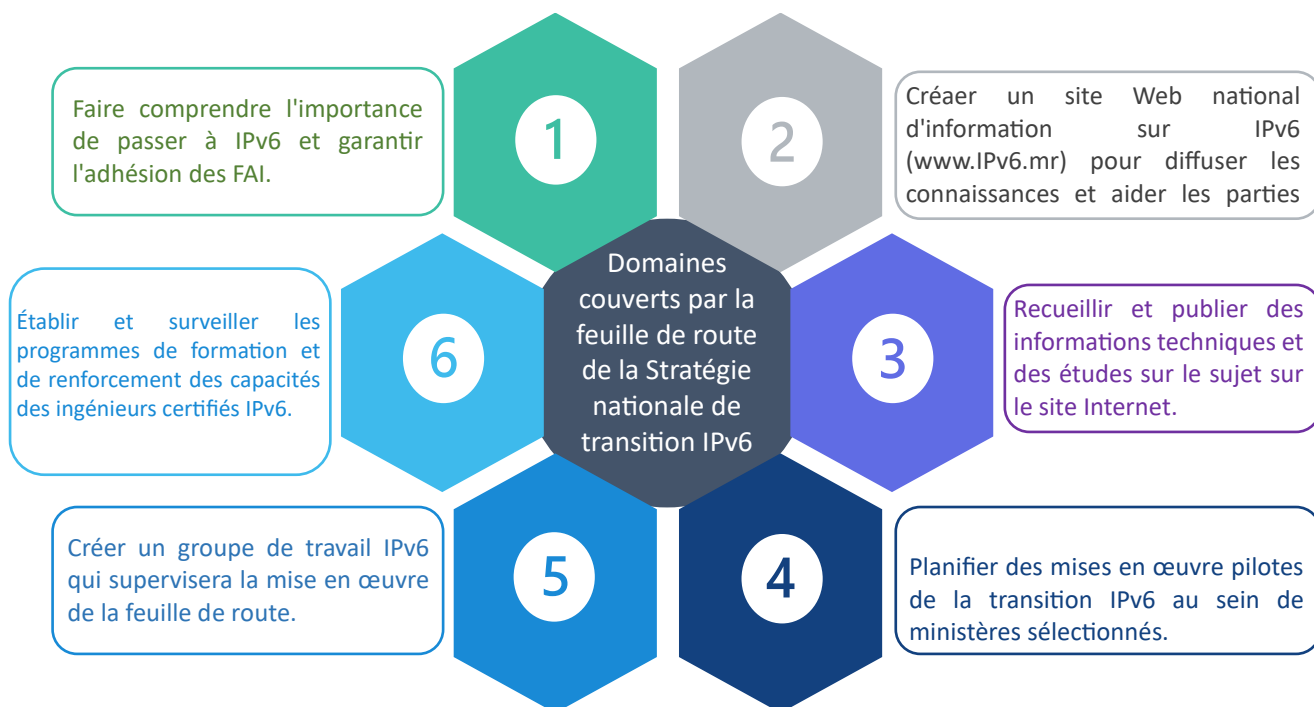


Figure 4-1: Domaines couverts par la feuille de route de la stratégie nationale de transition IPv6

4.1 Départements ministériels impliqués, rôles responsabilités

Cette section fournit une liste de ministères qui devraient être impliqués dans le Comité national ainsi que leurs rôles et responsabilités : Tous ces ministères devront être impliqués dans l'élaboration de la feuille de route. La feuille de route concerne plusieurs secteurs et nécessitera l'approbation et les commentaires de tous les ministères mentionnés ci-dessous. Une fois la feuille de route adoptée, le MTNIMA mettra en place un groupe de travail IPv6 pour superviser la mise en œuvre des activités et initiatives identifiées et décrites dans la feuille de route.

En tant que structure de coordination et d'engagement, le MTNIMA peut mettre en place un portail national d'informations où des mises à jour sur toutes les activités liées à la transition IPv6 sont publiées et un canal pour les commentaires est mis à disposition. Grâce à ce portail, les parties prenantes externes telles que les établissements universitaires et le grand public peuvent participer au processus de transition. En disposant d'un point de référence centralisé et en temps réel en ligne, les parties prenantes peuvent prendre des décisions rapides pour leurs organisations respectives et ainsi faciliter le processus de transition.

4.1.1 Ministère de la Transformation Numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration (MTNIMA)



C'est le principal ministère chargé de la coordination de cet effort. A ce titre, le président de ce Comité National doit être issu de ce ministère. Le suivi des principaux indicateurs de la feuille de route sera assuré par le MTNIMA. Le MTNIMA sera également le principal moteur de ce projet et veillera en particulier à ce que les équipements de communication Internet respectent la conformité et les normes IPv6.

4.1.2 Ministère des Finances



Le rôle principal du ministère des Finances est de garantir que le budget demandé pour la feuille de route et le budget pour la mise en œuvre de la feuille de route sont fournis. A une échelle plus réduite, son écosystème digital devrait être en mesure de supporter la migration vers IPv6.

4.1.3 Ministère de l'Enseignement secondaire et de la réforme du Système éducatif



Ce ministère se concentrera sur les besoins en capacités humaines de ce projet dans le futur. Il s'agit de l'exigence la plus coûteuse dans la mesure où IPv6 est aujourd'hui devenu principalement un défi de développement des ressources humaines.

4.1.4 Ministère de la Justice



Le ministère de la Justice fournira des commentaires sur les réformes réglementaires nécessaires pour garantir le succès de la mise en œuvre de ce projet. Même si la MTNIMA peut élaborer des politiques, le ministère de la Justice devra peut-être créer de nouvelles règles et réglementations pour les faire appliquer.

4.1.5 Ministère du Pétrole, de l'Energie et des Mines



Il s'agit d'un ministère important car c'est un des principaux secteurs générateur de revenus pour la Mauritanie. En tant que tel, la migration de ce ministère et la garantie des besoins des opérations au sein de ce secteur sont essentielles. La feuille de route pourrait envisager de faire de ce ministère l'un des ministères pilotes pour la transition vers la double pile IPv4/IPv6.

4.1.6 Ministère des Pêches et de l'Economie maritime



Il s'agit d'un autre ministère important et stratégique pour la Mauritanie compte tenu de son poids dans l'économie. La transition en IPv6 de ce secteur comporte ses propres défis. Bien qu'il ne s'agisse pas tant d'une migration de réseau, mais plutôt d'une adoption et d'une mise en œuvre d'un mélange de technologies IoT et d'IA qui utiliseront IPv6 pour pouvoir cartographier et surveiller les activités liées à la pêche, telles que la migration, la culture et les habitats des poissons. Cela deviendra important pour faire de la pêche une économie de croissance durable à l'avenir.

4.1.7 Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique



Ce ministère se concentrera et allouera des ressources pour les activités de recherche et de développement IPv6. Cela comprend la formation des programmeurs en IPv6 et des chercheurs IPv6. Les universités peuvent également développer des programmes de troisième cycle en IPv6. IPv6 devrait également être ajouté aux programmes d'enseignement de l'informatique et d'ingénierie informatique et télécoms.

4.2 Elaboration de la Feuille de route de la Stratégie nationale de Transition vers IPv6

La feuille de route de transition stratégique nationale vers IPv6 devrait comprendre les trois phases décrites ici après. Y sont mentionnées un ensemble de recommandations qui devraient être incluses dans chacune de ces phases, sans pour autant être exhaustives. Une équipe spécifique de consultants devrait être engagée pour traduire la feuille de route au niveau de chaque département conjointement avec l'équipe locale des ministères concernés. L'équipe d'élaboration de la feuille de route peut également inclure des éléments qui, selon elle, peuvent être source de valeur ajoutée.

Lors de l'élaboration de la feuille de route, chaque ministère ou partie prenante impliquée dans le Comité national définira ses propres indicateurs de performance à surveiller pendant la mise en œuvre. Cette surveillance sera dirigée par le groupe de travail IPv6. Un exemple de mesure serait le pourcentage du réseau qui est passé à IPv6 au cours de la première année, que les FAI peuvent utiliser comme indicateur de performance clé. Pour les établissements universitaires, la proportion d'étudiants formés aux programmes IPv6 au cours de la première année pourrait servir d'indicateur de performance approprié.

4.2.1 Phase 1: Préparation pour la Transition vers IPv6

Dans cette phase, l'objectif principal est de préparer l'écosystème local à adopter IPv6 et à atteindre les objectifs suivants :

- **Groupe de travail IPv6** : créer le groupe de travail chargé de superviser la mise en œuvre de la feuille de route.
- **Renforcement des capacités IPv6** : création d'un centre de formation spécialisé pour préparer la main-d'œuvre locale aux connaissances IPv6.
- **Stratégie d'adressage IPv6** : Disponibiliser des allocations d'adresses IP supplémentaires pour IPv4 et IPv6 afin de répondre aux besoins actuels et futurs. Demander à AFRINIC (African Network Information Centre) des allocations d'adresses IPv6 supplémentaires pour répondre aux besoins actuels et futurs.
- **Sensibilisation** : organiser une série d'ateliers et un sommet IPv6 au niveau national pour promouvoir la technologie IPv6. Assurer une participation efficace aux activités liées à l'atelier, à la conférence et au sommet IPv6 nationaux, régionaux et mondiaux.
- **Établir au plan national une norme de conformité IPv6 conforme aux normes internationales et établir un laboratoire de tests de certification de conformité pour certifier les produits et matériels conformes à IPv6.** Alternativement, la Mauritanie peut également utiliser le logo du forum IPv6 comme étape initiale accélérée.
- **Établir les politiques et réglementations nécessaires** : créer et mettre en œuvre les politiques et réglementations nécessaires pour mettre en œuvre le programme national IPv6.
- **Appuyer les FAI dans leur transition vers la double pile**, qui en expriment le besoin et le souhaitent. Les FAI constituent l'épine dorsale de l'Internet dans le pays, et s'ils ne sont pas compatibles IPv6, le reste du pays ne peut pas emboîter le pas.

4.2.2 Phase 2 : Implémentation de l'Opération Double-pile IPv4-IPv6

- **Le fonctionnement à double pile** doit être opérationnel au sein des réseaux d'infrastructure des FAI, du point d'échange internet et de toutes les parties prenantes concernées.
- **Mettre en application les services critiques** tels que les serveurs DHCP, les serveurs ccTLD, les serveurs de résolution DNS et les services WHOIs pour prendre en charge le fonctionnement Dual-Stack. Cette opération doit être effectuée par les prestataires concernés.
- **Commencer à fournir un service Internet IPv6** commercial pour les utilisateurs finaux.

- **Création du site Internet national d'information**, portail national pour la transition IPv6.
- **Sélection et mise en œuvre des projets pilotes identifiés.**
- **Formuler des documents** sur la manière de gérer la transition des petits, moyens et grands ministères.

4.2.3 Phase 3 : Suivre la mise en œuvre de la Transition IPv6

- **Faire un Audit** des FAI pour s'assurer de la mise en œuvre de IPv6.
- **Préparer et Appuyer** d'autres ministères et industries à commencer la mise en œuvre d'IPv6.
- **Auditer et suivre les progrès** pour garantir que le taux d'adoption IPv6 ciblé de 25% en Mauritanie soit atteint d'ici fin 2026.
- **Audit général** pour garantir que tous les services et applications réseau essentiels prennent en charge IPv6.

4.3 Programme de Renforcement des capacités en IPv6

Le renforcement des capacités IPv6 est crucial pour le succès de la transition IPv6. Pour garantir une base solide, les membres du Comité national de transition IPv6 eux-mêmes doivent d'abord être dotés des connaissances et des compétences nécessaires. Ceci peut être réalisé grâce à un atelier de 2 jours intitulé « Stratégie de migration certifiée IPv6 pour les régulateurs et les autorités gouvernementales ». Un aperçu de l'atelier sur la stratégie de migration IPv6 est présenté dans la figure 4-2 ci-dessous.

Jour 1	
9h00 - 13h00	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction à IPv6 et aux avantages d'IPv6 pour la nation - Impact économique du déploiement d'IPv6 <ul style="list-style-type: none"> • Etude des tendances de croissance au niveau de l'économie • Impact des technologies de transition IPv6 sur l'économie - Impact du déploiement d'IPv6 sur les réseaux et services de télécommunications internationaux - Présentation du livre blanc APAC IPv6
Pause Déjeuner (1 Heure)	
14h00 - 17h30	<ul style="list-style-type: none"> - Audit de l'état actuel de la mise en œuvre d'IPv4/IPv6 <ul style="list-style-type: none"> • Évaluer la conformité IPv6 pour le réseau actuel • Identification des risques liés à l'adoption d'IPv6 • Conception et planification spécifiques au site • Documentation des informations spécifiques au nœud et au site • Lignes directrices pour la mise en œuvre de l'audit
Jour 2	

9h00 - 13h00	<ul style="list-style-type: none"> - Élaboration de la feuille de route stratégique pour la migration vers IPv6 <ul style="list-style-type: none"> • Élaboration d'une politique nationale de stratégie de déploiement d'IPv6 • Résumé de la situation économique actuelle et de la préparation à IPv6 • Indicateurs pour mesurer et évaluer le déploiement d'IPv6 • Rédaction de politiques pour la transition IPv6 • Plan de déploiement du projet • Comment planifier les coûts de la migration IPv6
Pause Déjeuner (1 Heure)	
14h00 - 17h30	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation des parties prenantes et cadre de renforcement des capacités IPv6 <ul style="list-style-type: none"> • Développement de lignes directrices complètes et de meilleures pratiques pour la mise en œuvre • Élaboration et mise en œuvre d'un plan de renforcement des capacités IPv6 des ressources humaines • Ateliers ciblés et formation pratique pour les parties prenantes et les organisations concernées.

Figure 4-2: Programme de l'atelier sur la stratégie de migration IPv6 certifiée pour les régulateurs et les autorités gouvernementales

Deuxièmement, avant d'introduire une nouvelle technologie, la main-d'œuvre doit recevoir la formation nécessaire. Si les ingénieurs ne sont pas reconnus et mis à l'aise, ils ne mettront pas en œuvre la nouvelle technologie. Ils pourraient même y être opposés. Concernant la mise en œuvre d'IPv6 pour un pays, c'est la pièce la plus critique du puzzle. Les organisations comme le RIPE NCC, l'UIT et d'autres organisations fournissent des ressources gratuites en ce qui concerne la formation IPv6, comme l'indique le tableau suivant :

IPv6 Engineering

- Basic IPv6 Training Course
- Advanced IPv6 Training Course

IPv6 Security

- IPv6 Security Training Course

Si ces programmes de formation sont effectivement gratuits, ils manquent cependant de la profondeur nécessaire aux ingénieurs pour mettre en œuvre une transition IPv6 au niveau national. De plus, ils ne sont pas dirigés par un instructeur et aucune séance pratique n'est proposée, ce qui est crucial pour tout programme de formation technique. Étant donné leur rythme, ils ne permettent pas non plus une croissance structurée et opportune du pool d'expertise requis pour une transition IPv6 rapide au niveau national, car il n'y a pas de délai fixe pour que l'étudiant termine le programme.

Bien que les programmes RIPE NCC soient gratuits, ses programmes de certification ne le sont pas et ne sont actuellement accessibles que via l'échange de bons. Seuls 3 bons sont attribués aux membres RIPE NCC titulaires d'un LIR. Il s'agit donc d'un obstacle important qui limite

encore davantage le nombre d'ingénieurs mauritaniens pouvant passer la certification, retardant ainsi le processus de renforcement des capacités.

En tant que tel, pour garantir une préparation complète et harmonieuse de son capital humain en termes d'expertise, il est crucial pour la Mauritanie de s'engager dans des programmes complets de formation IPv6 dirigés par un instructeur avec des pistes de certification structurées. De tels programmes sont proposés par des organismes certifiés par des organisations mondiales centrées sur IPv6 telles que le Forum IPv6. Ceci est expliqué plus en détail dans la section 4.3.1.

4.3.1 Programmes de formation en IPv6 (Certifié par le Forum IPv6 et le Conseil IPv6 de l'APAC)

Ce programme de formation technique permet aux participants de comprendre IPv6 en termes d'attribution d'adresses et de configuration des périphériques réseau avec des paramètres de base. Toutes les formations sont dispensées via une approche dirigée par un instructeur avec un laboratoire pratique. L'approche pratique est cruciale car elle renforce la confiance des ingénieurs participants dans la mise en œuvre d'IPv6.

Comme il s'agit de programmes de certification, les candidats doivent réussir des évaluations écrites et pratiques pour se qualifier pour le certificat. Tous les participants qui réussissent l'examen recevront un certificat approuvé par le Global IPv6 Forum.

La liste des programmes de formation est répertoriée dans la figure 4-4 tandis que les points saillants de la formation sont résumés dans la figure 4-5 ci-dessous. L'annexe 4-A fournit plus de détails sur ces programmes de formation, qui peuvent être délivrés en arabe, anglais ou français.

IPv6 Engineering

- Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) Silver
- Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) Gold

IPv6 Security

- Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) Silver
- Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) Gold

IPv6 Programming

- Certified Network Programmer for IPv6 (CNP6) Gold

Figure 4-3 : Programmes complets de formation IPv6 certifiés par IPv6 Forum et APAC IPv6 Council

- Couvre à la fois les connaissances théoriques et pratiques.
- Les cours pratiques sont dispensés dans un environnement de laboratoire en ligne.
- Des évaluations et des quiz sont organisés pendant le cours pour tester les connaissances et la compréhension des participants.
- Des examens formels théoriques et pratiques ont lieu à la fin du cours.
- Les participants qui réussissent l'examen reçoivent un certificat mondialement

Figure 4-4 : Points forts du Programme de formation IPv6

4.3.2 Création d'un centre de formation spécialisé (prestataire de formation agréé) pour IPv6

Dans le passé, le Forum IPv6 a entrepris plusieurs projets et initiatives pour former des formateurs locaux, qui peuvent ensuite former leur main-d'œuvre locale. Le Forum IPv6 a appliqué avec succès cette stratégie à l'échelle mondiale pour soutenir ses membres. Grâce à cette initiative, les gouvernements du monde entier ont pu créer leurs propres centres de formation internes spécialisés et fournir un soutien continu à leur main-d'œuvre nationale.

Pour une transition transparente et efficace vers le nouveau protocole Internet, des fournisseurs de formation agréés (ATP) pour IPv6 doivent être établis. Cela contribuera à combler le déficit de compétences, à respecter les normes de qualité et à offrir aux personnes une formation efficace. Du point de vue des stagiaires, suivre avec succès une formation dispensée par des prestataires agréés leur confère des titres de compétences et des certifications reconnus, améliorant ainsi leur employabilité et leur valeur marchande sur le marché du travail concurrentiel d'aujourd'hui.

Richat, entreprise mauritanienne, est déjà reconnu par le Forum IPv6 comme l'ATP de la Mauritanie. Pour former des ingénieurs à la technologie IPv6, le Forum IPv6 assistera dans un premier temps l'ATP dans l'administration des cours et l'élaboration de programmes dans le cadre de divers programmes de formation IPv6 en Mauritanie. A l'avenir, le Forum IPv6 et l'ATP pourront collaborer avec les universités mauritaniennes pour proposer des formations IPv6 à leurs étudiants. Les programmes d'éducation et de formation développés grâce à cette collaboration peuvent être dispensés en mode hybride, proposant à la fois des sessions en face à face et un apprentissage en ligne via un portail de système de gestion de l'apprentissage (LMS).

4.3.3 Calendrier proposé pour le renforcement des capacités IPv6

Le tableau 4-1 ci-dessous résume le calendrier proposé de renforcement des capacités IPv6 pour la Mauritanie, qui devra être étroitement surveillé par l'équipe nationale chargée de la mise en œuvre de la feuille de route stratégique de transition IPv6.

Dans le cadre de ce calendrier proposé, environ 250 ingénieurs seront formés jusqu'au niveau IPv6 Advanced au cours des 12 premiers mois. Ils doivent réussir les programmes CNE6 Silver et CSE6 Silver avant de passer aux programmes de certification CNE6 Gold et CSE6 Gold. Le tableau 4-2 montre en outre une répartition des groupes de parties prenantes auxquels appartiennent ces ingénieurs formés, et le

tableau 4-3 montre la durée typique (heures) et les coûts impliqués pour la formation de ces ingénieurs.

	CALENDRIER DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS IPV6 POUR LA MAURITANIE DANS LES 12 PREMIERS MOIS														
	Prise de Conscience IPV6				Bases de IPV6					IPV6 Avancé					
Mois	Programme	Durée	Nombre de Participants	Fréquence	Programme	Durée	Nombre de Participants	Fréquence	Participants Certifiés	Programme	Durée	Nombre de Participants	Fréquence	Participants Certifiés	
Mois 1 à Mois 4	Atelier de sensibilisation	1 jour	100 par workshop	1 fois par mois	CNE6 Silver	4 jours	15 par workshop	1 fois par mois pour les mois 1 et 2 – 2 fois par mois pour les mois 3 et 4	90 participants	CNE6 Gold	4 jours	15 per workshop	2 fois par mois à partir du mois 2	90 participants	
					CSE6 Silver	4 jours				CSE6 Gold	4 jours				
Mois 5 à Mois 8	Atelier de sensibilisation	1 jour	100 par workshop	1 fois par mois	CNE6 Silver	4 jours	20 par workshop	1 fois par mois	80 participants	CNE6 Gold	4 jours	20 per workshop	1 fois par mois	80 participants	
					CSE6 Silver	4 jours				CSE6 Gold	4 jours				
Mois 9 à Mois 12	Atelier de sensibilisation	1 jour	100 par workshop	1 fois par mois	CNE6 Silver	4 jours	20 par workshop	1 fois par mois	80 participants	CNE6 Gold	4 jours	20 per workshop	1 fois par mois	80 participants	
					CSE6 Silver	4 jours				CSE6 Gold	4 jours				
														250 Ingénieurs	

Tableau 4-1: Calendrier de Renforcement des Capacités IPV6

Catégorie de Parties Prenantes	Gouvernement	FAIs	Industries/Utilisateurs finaux
Nb. D'ingénieurs formés (% du total des formés)	150 (60%)	50 (20%)	50 (20%)

Tableau 4-2: Nombre et Pourcentage des Ingénieurs formés en IPV6 au sein des

Cours de Certification	Certified Network Engineer for IPV6 (CNE6) Silver	Certified Network Engineer for IPV6 (CNE6) Gold	Certified Security Engineer for IPV6 (CSE6) Silver	Certified Security Engineer for IPV6 (CSE6) Gold	TOTAL
Durée (Heures)	32 heures	32 Heures	32 Heures	32 Heures	128
Coûts (USD)	1000	1.000	1.000	1.000	4.000

Tableau 4-3: Durée type et Estimation des Coûts pour la formation et la Certification d'Ingénieurs en IPV6

Bien que l'objectif de base pour la mise en œuvre soit de 250 ingénieurs IPV6, un nombre idéal serait en réalité d'environ 600 à 650 ingénieurs IPV6 formés pour le pays. Le coût pour y parvenir devient un sous-ensemble des dépenses de formation plus importantes et à plus long terme expliquées à la section 5.5.

5.0 Estimation des coûts de la transition IPv6 en Mauritanie

Avant la mise en œuvre de la technologie IPv6 dans le réseau d'une partie prenante, il est essentiel de bien identifier et comprendre les composants requis pour prendre en charge la transition vers IPv6 *Dual Stack*. Cette évaluation de l'état de préparation IPv6 fournit des informations qui peuvent être utilisées pour faciliter cela. Cette section présente des guides de réflexion et les lignes directrices pour calculer les coûts associés à la transition IPv6 pour la Mauritanie.

5.1 Étude de cas pour l'estimation des coûts de transition IPv6

Selon la toute première analyse des coûts de transition vers IPv6 publiée en octobre 2005 par RTI International pour le National Institute of Standards and Technology du Département du Commerce des États-Unis, les coûts de main-d'œuvre représentent la majeure partie du coût de la mise à niveau vers IPv6 pour les utilisateurs. Il est en outre expliqué que la formation constituera la plus grande partie de ces coûts de main-d'œuvre supplémentaires.

De même, l'estimation du coût de la transition IPv6 en Malaisie, telle que décrite dans la feuille de route stratégique nationale IPv6 publiée en juin 2008, fait également écho au même constat. La feuille de route précise en outre que les composantes constituant le segment de la main-d'œuvre sont la formation, la planification, la mise en œuvre (installation, configuration, tests) et la maintenance.

Cependant, la structure des coûts, en particulier les coûts matériels associés à ces études (réalisées il y a environ 15 ans), se traduiraient aujourd'hui par un montant beaucoup plus faible, car presque tous les matériels et systèmes d'exploitation du marché prennent actuellement déjà en charge IPv6.

Les coûts relatifs de la transition vers IPv6 varient toutefois en fonction du type d'organisation, comme le montre le tableau 5-1 ci-dessous.

No	Type d'Organisation	Coûts relatifs de la Transition	Répartition des coûts de transition	
			Acquisition des matériels et logiciels	Main d'oeuvre
1	Fournisseur de Service Internet Tier 1 Tier 2 Tier 3	faible faible faible	20% 20% 20%	80% 80% 80%
2	Secteur privé Grandes entreprises Moyennes entreprises Petites entreprises Micro Entreprises & Travailleurs indépendants	Moyen faible faible Nul	20% 20% 20% 0% -	80% 80% 100% -
3	Secteur public (Gouvernement) Grande agence ou Département Moyennne Petite	Elevé Moyen Faible	30% 20% 20%	70% 80% 80%

Tableau 5-1: Coûts relatifs de la Transition IPv6 pour Différentes catégories d'organisation.
Il est supposé dans le tableau ci-dessus que le coût de tous les équipements de l'utilisateur final tels que les routeurs DSL, AP pour PME et les unités AP DSL domestique est supporté par l'utilisateur final lui-même. Cependant, tous les nouveaux points d'accès actuels sont déjà conformes à IPv6 et, à ce titre, il incombe aux FAI d'assurer cette fourniture aux utilisateurs finaux.

Sur la base de ces facteurs, le coût de la transition vers IPv6 aujourd'hui sera bien inférieur à celui d'il y a 15 ans. Cela offre des perspectives très positives pour la Mauritanie d'un point de vue financier, garantissant que le gouvernement peut maximiser l'impact de chaque dollar dépensé pour la transition.

5.2 Facteurs pouvant affecter les coûts

La figure 5-2 ci-dessous présente les facteurs qui affectent le coût de la transition vers la technologie IPv6 pour la Mauritanie.

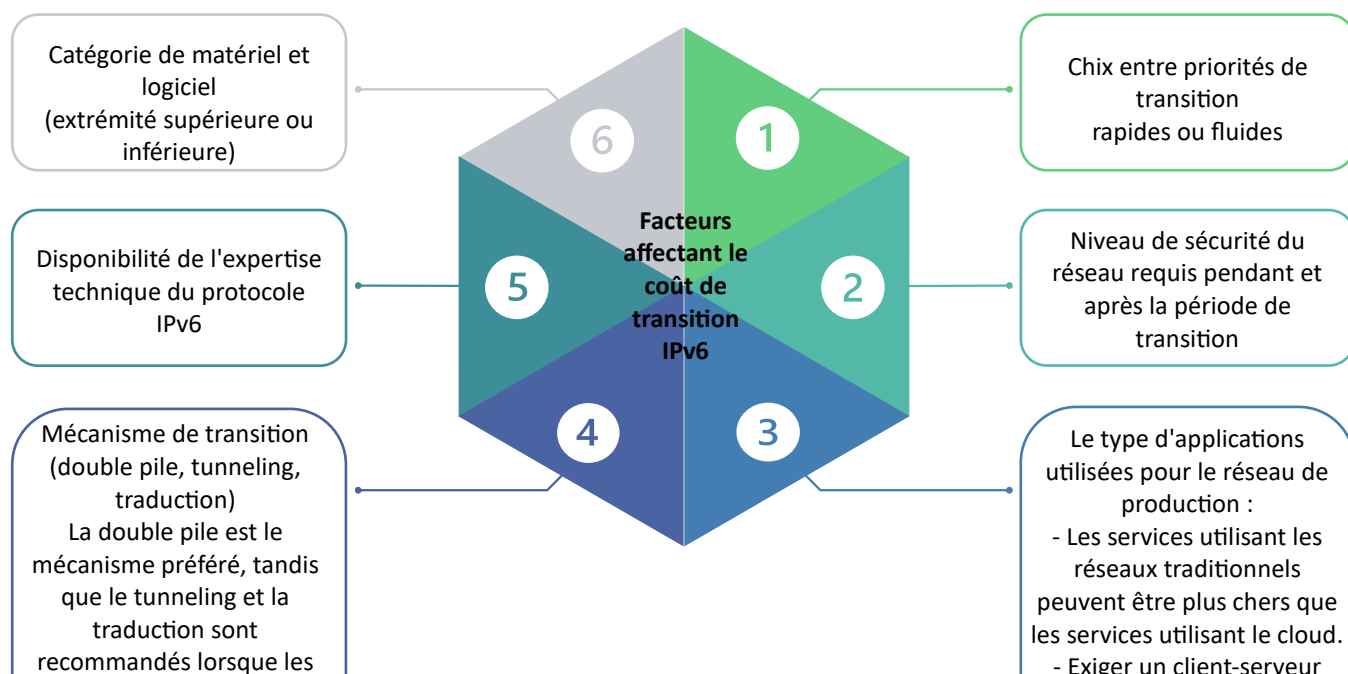


Figure 5-2: Facteurs pouvant affecter les coûts de transition vers IPv6 pour la Mauritanie

5.3 Coûts liés aux matériel et équipements

L'exercice d'évaluation de l'état de préparation à IPv6 a identifié que les appareils doivent être mis à niveau ou remplacés par de nouveaux pour les agences et organisations qui ont fourni des commentaires. Ces commentaires sont discutés dans la section 2.

Le tableau 5-3 suivant résume l'aperçu général des coûts liés au matériel à prendre en compte lors d'une transition IPv6

No.	Coût lié au matériel	Considérations
1	Équipement réseau compatible IPv6	Routeurs et commutateurs : mise à niveau ou acquisition d'un nouveau matériel prenant en charge IPv6
		Adaptateurs réseau : S'assurer que les adaptateurs réseau des serveurs et des appareils clients sont compatibles IPv6
2	Équipement de sécurité réseau	Pare-feu et systèmes de détection d'intrusion : mise à niveau ou remplacement des appareils de sécurité pour prendre en charge IPv6
		Appliances VPN : S'assurer que les appliances VPN sont capables de gérer le trafic IPv6.
3	Load Balancers	Upgrade or procure load balancers that can efficiently distribute IPv6 traffic. Mise à niveau ou acquisition des load balancers capables de distribuer efficacement le trafic IPv6
4	Matériel de surveillance et de contrôle ou de gestion	Matériel de surveillance du réseau : investir dans du matériel incluant la surveillance du trafic IPv6
		Applications de gestion : assurez-vous que les applications de configuration et de surveillance prennent en charge IPv6.

Tableau 5-3: Coûts liés au matériel et équipement pour la transition IPv6

5.4 Coûts liés aux Logiciels

À l'instar des informations pouvant être obtenues concernant le matériel, l'exercice d'évaluation de l'état de préparation à IPv6 doit examiner les logiciels et les

applications qui doivent être mis à niveau pour prendre en charge IPv6. La section 2 détaille ces aspects.

Le tableau 5-4 suivant résume l'aperçu général des coûts liés aux logiciels à prendre en compte lors d'une transition IPv6.

No.	Coûts liés aux logiciels	Considérations
1	Systèmes d'exploitation réseau	Systèmes d'exploitation serveur : mise à niveau ou achat des licences pour la prise en charge d'IPv6.
		Systèmes d'exploitation clients : mise à niveau ou achat des licences pour la prise en charge d'IPv6.
2	Logiciel DHCP et DNS	DHCP : déploiement de serveurs pour l'attribution dynamique d'adresses IPv6.
		Serveurs DNS : S'assurer que les serveurs DNS prennent en charge IPv6 pour la résolution d'adresses.
3	Logiciel de pare-feu et de sécurité	Mises à niveau du pare-feu : S'assurer que les pare-feu prennent en charge IPv6 avec des mises à jour ou des remplacements de logiciels
		Logiciel de sécurité : Mise à jour du logiciel de sécurité pour inclure les considérations IPv6.
4	Logiciel de surveillance et de gestion	Outils de surveillance réseau : Mise à niveau ou acquisition des outils capables de gérer le trafic IPv6
		Logiciel de gestion : S'assurer de la prise en charge d'IPv6 pour la configuration et la surveillance.
5	Logiciels d'Application	Applications personnalisées : modifications ou mise à niveau des applications personnalisées pour prendre en charge IPv6.
		Applications tierces : S'assurer de la compatibilité et mise à niveau ou remplacement si nécessaire.

Tableau 5-4: Coûts liés aux logiciels
Tableau 5-3: Coûts liés aux logiciels pour la transition IPv6

5.5 Répartition des coûts globaux

Compte tenu des conclusions de l'évaluation de l'état de préparation à IPv6 au sein des parties prenantes concernées en Mauritanie, on peut supposer que la transition vers IPv6 entraînerait les coûts estimés comme indiqué dans le tableau 5-5-1 ci-dessous. Il est important de noter que la main d'œuvre et la formation représentent jusqu'à 55 % du coût global.

No	Catégorie de coût	Montant Estimé (USD)	% du Coût total
1	Mise à jour des matériels, équipements et logiciels	30 Millions	50 %

2	Consultations & Expertises for IPv6 Transition Work (Manpower)	25 Millions	41,67 %
3	Formation d'ingénieurs, techniciens et utilisateurs finaux	5 Millions	8,335 %
TOTAL		60 Millions	100 %

Tableau 5-5-1: Estimation des coûts totaux pour la Transition IPv6 en Mauritanie

Une répartition plus détaillée de la catégorie de coûts numéro 3 (formation des ingénieurs et des utilisateurs finaux) est fournie dans le tableau 5-5-2 ci-dessous. Les détails concernant les programmes de formation et de certification pour les ingénieurs IPv6 ont été abordés plus tôt dans la section 4.3.3.

Num.	Sous-Categorie	Montant Estimé (USD)	% du Coût
1	Formation et certification de 1 000 ingénieurs IPv6	2,5 Millions	50 %
2	Cours, ateliers et conférences (à l'étranger)	0,5 Million	10 %
3	Mise en place et animation de laboratoires de formation	1,5 Millions	30 %
4	Mener des campagnes de sensibilisation	0,5 Millions	10 %
TOTAL		5 Millions	100 %

Tableau 5-5-2: Répartition des Coûts pour la catégorie "Formation des Ingénieurs et Utilisateurs finaux"

6.0 Conclusion

La formulation d'une stratégie nationale de transition IPv6 pour la Mauritanie marque une étape importante dans la prise en compte du lien entre le progrès technologique et le développement national. Le présent rapport détaillé a voulu fournir un ensemble d'informations importantes résultant d'une exploration des impératifs, des défis et des voies stratégiques envisagées pour guider la Mauritanie vers une transition transparente vers IPv6.

D'emblée, le rapport a souligné l'importance fondamentale de l'élaboration d'une stratégie nationale de transition vers IPv6, mettant en lumière l'urgence de l'adoption d'IPv6 en Mauritanie. L'impératif de rester à l'avant-garde de l'ère numérique a été souligné, sous-tendu par la vision stratégique, la mission et les objectifs qui constituent le fondement de cette initiative de transformation. Ces principes directeurs font écho à un engagement non seulement en faveur du progrès technologique, mais également en faveur de la compétitivité internationale et du bien-être de la population mauritanienne.

L'examen approfondi de l'état actuel de l'adoption d'IPv6 en Mauritanie a permis une compréhension granulaire des paysages infrastructurels et technologiques existants. Reconnaisant que les parties prenantes font partie intégrante du succès de la transition vers IPv6, le rapport s'est penché sur la dynamique complexe de l'engagement, soulignant les efforts de collaboration nécessaires de la part des organismes gouvernementaux, du secteur privé et de la société civile. Une analyse comparative avec d'autres pays a non seulement mis en évidence les progrès réalisés, mais a également identifié les domaines potentiels d'amélioration, positionnant ainsi la Mauritanie dans un contexte régional et mondial plus large.

Le rapport s'est penché sur l'impact économique multiforme de l'adoption d'IPv6, envisageant des ramifications positives pour les industries clés en Mauritanie. Du secteur des technologies de l'information et de la communication à l'agriculture, à la pêche, aux mines et au-delà, les avantages économiques attendus ont souligné le potentiel de transformation d'IPv6. La compétitivité mondiale est apparue comme un thème récurrent, illustrant comment l'adoption d'IPv6 pourrait propulser les leviers économiques de la Mauritanie vers une croissance et une résilience sans précédent.

La création du Comité national pour la transition IPv6 est un point central de discussion, englobant divers ministères et délimitant leurs rôles pour souligner l'importance de la coordination intersectorielle. L'approche progressive articulée dans l'élaboration de la feuille de route stratégique nationale pour la transition vers IPv6 a démontré un engagement envers une planification rigoureuse, allant de la phase préparatoire à la mise en œuvre et au suivi ultérieur.

En outre, un examen approfondi de l'estimation des coûts de transition vers IPv6, intégrant des études de cas et des facteurs influençant les coûts, a fourni une vision pragmatique des considérations financières impliquées. Cette section a élucidé les nuances des coûts d'infrastructure, de logiciels et de renforcement des capacités, offrant une compréhension globale qui anticipe une prise de décision éclairée et une allocation des ressources.

Alors que nous concluons ce rapport, il est important de réaliser que la Stratégie nationale de transition vers IPv6 n'est pas un document statique mais un modèle dynamique d'actions transformatrices. À l'avenir, deux piliers clés pour la mise en œuvre s'étendent au-delà de ce document lui-même, à savoir la formation du Comité national pour la transition IPv6 et l'élaboration, sur la base de la feuille de route

stratégique nationale pour la transition IPv6, de plans d'action sectoriels. Le succès de cet effort dépend de l'accent mis sur ces deux piliers ainsi que des efforts de collaboration de toutes les parties prenantes, unies dans leur vision commune d'une Mauritanie bien préparée sur le plan numérique et compétitive à l'échelle mondiale.

7.0 Annexes

Appendix 2-A

Évaluation technique auprès des acteurs mauritaniens

* Les informations techniques collectées lors de l'évaluation sont privées et confidentielles pour les parties prenantes impliquées. Par conséquent, cette annexe ne sera partagée qu'en interne avec le ministère.

Ce qui suit est un aperçu des procédures d'évaluation technique qui ont été effectuées.

Assessment Procedures

- Obtain the most updated network **diagram**.
- Study the network **diagram** and identify the existing IPv6 deployment state.
 - Understand the devices in your network and its physical and logical interconnectivity of devices.
 - How the devices are configured
 - Do you have prefix(es)? Announced?
 - IPv6 enabled in the core network?
 - IPv6 enabled in the edge network?
 - IPv6 enabled for services (DNS, website, portals ...etc)?
- Identify which IPv6 features for each part of the network.
 - The Features can be **Mandatory** or **Optional** based on the use case.
- Identify all operating systems (**type** and **version**), list the IPv6 features based on the IPv6ready.org logo program.
<https://ipv6ready.org>
 Note: you could refer to the vendor website/datasheets.

Assessment Procedures

- Recommendations for each device.
 - 1) IPv6 ready
 - 2) Require Software upgrade
 - 3) Require Hardware upgrade
 - 4) Require software and hardware upgrade
 - 5) To be replaced

Important: Any new device/system purchases should consider the following compliance:

IPv6 ready logo: is a conformance and interoperability testing program

ICT Equipment checklist: ripe-772



Annexe 2-B

Évaluation réglementaire auprès des acteurs

Cadre réglementaire pour la migration IPv6	<p>Comment jugez-vous les conditions d'attribution et d'utilisation des adresses IP et des blocs d'adresses ? Permettent-ils l'accès à ces ressources dans des conditions transparentes, objectives et non discriminatoires ?</p> <p>Presque tous les répondants ont jugé que le cadre réglementaire actuel est acceptable.</p>
	<p>Rencontrez-vous des difficultés pour bénéficier et gérer les adresses AfriNIC et les blocs d'adresses IP ? Lesquelles?</p> <p>Presque toutes les réponses ont répondu « Non ».</p>
	<p>Considérez-vous qu'il est approprié qu'il y ait un cadre réglementaire faisant de l'attribution de l'adressage IP, ou d'un sous-ensemble de ces numéros, la responsabilité d'un registre Internet national (NIR) fonctionnant en parallèle avec AfriNIC ? Si oui, à votre avis, à quel organisme national serait-il rattaché ? Quelle relation entretient-elle avec AfriNIC ?</p> <p>Hormis CHINGUITEL qui serait d'accord, les autres répondants ont estimé que ce n'est pas approprié.</p>
	<p>Etes-vous favorable à l'existence d'un cadre réglementaire fixant des exigences dans l'élaboration des spécifications relatives à l'acquisition d'équipements informatiques et de télécommunications et à la fourniture de services Internet pour l'adoption de l'IPv6 ?</p> <p>Hormis NIC Mauritanie qui a répondu « Non », les autres répondants ont exprimé un « Oui ».</p>
Initiatives publiques et privées vers la migration IPv6	<p>Quelle importance attachez-vous à l'adoption d'une stratégie nationale de migration IPv6 ? Quelle place occupent les recommandations réglementaires dans cette Stratégie ?</p> <p>Tous les répondants ont insisté sur l'importance de la stratégie nationale de migration vers IPv6.</p>
	<p>Etes-vous favorable à ce que l'ARE impose la compatibilité des équipements avec le Protocole IPv6 lors de l'agrément des équipements de télécommunications ?</p> <p>Hormis MATTEL qui a répondu « Non », les autres répondants ont exprimé un « Oui ».</p>

	<p>Seriez-vous favorable à l'adoption par le législateur ou par le Gouvernement de textes réglementaires bénéficiant/ordonnant aux organismes publics et privés de mettre en œuvre le protocole IPv6 ?</p> <p>Hormis MATTEL qui a répondu « Non », les autres répondants ont exprimé un « Oui ».</p>
Gouvernance de la Migration vers IPv6	<p>Quel serait le rôle de MTNIMA et ARE dans la politique de migration vers IPv6 ?</p> <p>Réponses: + ARE : MTNIMA gèrera ce projet. L'ARE suivra, en collaboration avec les opérateurs, la mise en œuvre de la stratégie. + CHINGUITEL : Organisationnel et réglementaire pour les 2 structures. + RIMATEL : MTNIMA et ARE joueraient un rôle clé dans la politique de migration IPv6 en élaborant des réglementations, en sensibilisant les acteurs du secteur et en veillant au respect des normes IPv6.</p>
	<p>Quel rôle le secteur privé jouera-t-il dans la conception et la mise en œuvre d'une politique de migration IPv6 ?</p> <p>Presque tous les répondants ont insisté sur le rôle que le secteur privé peut jouer dans ce domaine.</p>
	<p>Que pensez-vous de l'opportunité de créer une Task Force IPv6 (cadre de concertation et force de proposition et suivi dans la migration vers IPv6) ?</p> <p>Presque tous les répondants ont insisté sur le rôle que le groupe de travail IPv6 peut jouer dans ce domaine.</p>
	<p>Quel serait le rôle ? La composition? Les prérogatives de la Task Force ? À quelle organisation serait-elle rattachée ?</p> <p>La quasi-totalité des répondants s'accordent sur le rôle de la Task Force tout en exprimant l'idée de son rattachement au MTNIMA avec un rôle dynamique à jouer par l'ARE.</p>

Annexe 4-A

Programmes de formation et de certification IPv6

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Silver (page 1 of 3)**Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Silver****Introduction:**

The CNE6 Silver training program is designed to provide foundation information on IPv6 technology and exposure the participants on the technical knowhow to start the IPv6 implementation.

Who should attend?

This course is ideal for students, network administrations, network support personnel, network designers, networking consultants, IT managers and IT directors.

What Will You Learn?

- Why need to move IPv6 platform?
- IPv6 addressing architecture
- IPv6 packet structure and header format
- IPv6 address assignment using Neighbour Discovery protocol
- IPv6 transitions mechanisms

Prerequisites:

- A good knowledge of general networking concepts
- Knowledge in IPv4 addressing

Duration:

4 days

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Silver (page 2 of 3)**Training Approach:**

- This class covers both theoretical and practical knowledge.
- The practical classes are conducted in online laboratory environment.
- Quiz will be conducted during the class to test the knowledge of participants about a particular sub topic
- Professional examination both theoretical and practical will be conducted to test the participants knowledge towards end of the class
- All the participants that passed the examination will be awarded certificate that endorsed by Global IPv6 Forum and WIDE Japan

Course Content:

The following is the outline of the course:

1. Introduction to IPv6
 - History of Internet
 - Global IP Address Resource Management
 - Issues with IPv4 Addressing
 - Comparison between IPv4 and IPv6
 - Goals in designing IPv6
 - Key features of IPv6
 - Common Misconceptions
 - Can We Use IPv6 Now?
 - Five Steps on The Path To IPv6
 - Hardware and Software Support for IPv6
2. IPv6 Addressing Architecture
 - IPv6 Address Type
 - IPv6 Address Representation
 - IPv6 Address Scope
 - IPv6 Addressing Hierarchy
 - IPv6 Subnetting
 - IPv6 Auto-configuration
 - IPv6 Special Address
 - Autoconfiguration: EUI- 64
 - Comparison summary between IPv4 and IPv6
3. IPv6 Packet Structure and Header Formats
 - Comparison between IPv4 and IPv6 headers
 - IPv6 Extension Headers
 - How It Works?

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Silver (page 3 of 3)**4. ICMPv6 and Neighbour Discovery**

- ICMPv6 Header
- ICMPv6 Header Type
- Neighbour Discovery Protocol (NDP)
 - Router Discovery
 - Prefix Discovery
 - Parameter Discovery
 - Address Auto configuration
 - Address resolution
 - Next-hop determination
 - Neighbor Unreachability Detection
 - Duplicate Address Detection
 - Redirect
- IPv6 Address State
- Neighbor Cache Entry States

5. Transition Mechanisms

- Co-existence
 - Dual-stack
 - Dual IP Layers
 - Bump In Stack
- Translation
 - NAT64
- Tunnelling
 - Manual tunnels
 - 6over4
 - 6to4
 - ISATAP
 - GRE
 - Tunnel Broker
- Dual Stack Transition Case Studies
 - Lesson learn from the past
 - Tunnel MTU and Path Discovery
 - Key Factors for successful transition
 - Transition Security Issues

6. Hands-on Lab

- IPAM Configuration
- Address autoconfiguration
- Configuring static route
- Configuring IPv6 manual tunnel
- Configuring 6to4
- Configuring ISATAP

Disclaimer:

Course contents are subject to change without prior notice.

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Gold (page 1 of 4)**Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) Gold****Introduction:**

The CNE6 Gold is advanced level training program for IPv6 network engineering program. This course is designed to provide in-depth knowledge how to design, implement and operate IPv6 networks.

Who should attend?

This course is ideal for students, network administrations, network support personnel, network designers, networking consultants, IT managers and IT directors.

What Will You Learn?

- IPv6 Refresher
- IPv6 Routing
- IPV6 Transition revisit
- DHCPv6
- IPv6 Mobility
- IPSec
- IPv6 Security Considerations
- IPv6 Deployment Case Studies

Prerequisites:

- CNE6 Silver certification or equivalent
- A good knowledge of general networking concepts
- Knowledge in IPv4 addressing

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Gold (page 2 of 4)

Duration:

4 days

Training Approach:

- This class covers both theoretical and practical knowledge.
- The practical classes are conducted in a laboratory environment.
- The participants will have hands on experience using the actual equipments.
- Quiz will be conducted during the class to test the knowledge of participants about a particular sub topics
- Professional examination both theoretical and practical will be conducted to test the participants knowledge towards end of the class
- All the participants that passed the examination will be awarded certificate that endorsed by Global IPv6 Forum and WIDE Japan

Course Content:

The following is the outline of the course:

1. IPv6 Refresher
 - IPv6 Addressing Architecture
 - IPv6 Packet Structure and Header Format
 - IPv6 address assignment using Neighbour Discovery protocol
 - IPv6 Transitions Mechanisms
2. IPv6 Routing
 - Static Routing
 - RIPng
 - IS-IS for IPv6
 - OSPFv3
 - MP-BGP
 - EIGRP for IPv6
3. IPv6 Transition Revisit
 - Revisit CNE6 Silver Transition Mechanisms
 - CGN (large-scale NAT 44)
 - NAT 444 (CGN + CPE NAT 44)
 - DS-Lite (NAT44 + 4over6 Tunnel)
 - A+P (DS-Lite with preconfigured port ranges)
 - NAT64
 - IPv6 Rapid Development (6RD)

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Gold (page 3 of 4)

- Tunnel Setup Protocol (TSP)
 - 6over4
4. DHCPv6
- DHCPv6 Standard
 - DHCPv6 Operational model
 - Understanding DUID
 - Understanding Identity Association (IA)
 - DHCPv6 Message Types
 - DHCPv6 to DHCPv4 Message Comparison
 - DHCPv6 Protocol
 - How It Works
 - Stateless DHCPv6
 - DHCPv6 Deployment Considerations
 - DHCPv6 Server Configurations
 - DHCPv6 Client Configurations
 - DHCPv6 Relay Configurations
5. Mobility
- What's Mobility?
 - Components of MIPv6
 - How it works?
 - How CN and MN communicates
 - Route optimization mode
 - Bidirectional tunneling mode
 - Implementations
6. IPSec
- Security Policy
 - Security Association (SA)
 - Key Management
 - Internet Key Exchange (IKE)
 - Architecture
 - Operation Mode
7. IPv6 Security Consideration
- Concerns regarding security in IPv6
 - Common Misunderstanding
 - Attack vectors
 - Attack Types
 - Reconnaissance

Certified Network Engineer for IPv6 (CNE6) – Gold (page 4 of 4)

- Denial of service
- Covert channels
- 8. Campus IPv6 Deployment
 - Campus deployment strategy
 - Campus IPv6 address allocation
 - Campus deployment topology – options Campus services
 - Service provider deployment considerations
- 9. Hands-on Lab
 - Configuring static route
 - Configuring RIPng
 - Configuring OSPFv3
 - Configuring BGP4+
 - Configuring IS-IS
 - Configuring DHCPv6
 - Configuring IPsec
 - Configuring IPv6 Services
 - Configuring Web Server
 - Configuring a DNS Server
 - Configuring Host-To-Host IPsec (Transport mode)
 - Configuring FTP File Sharing
 - Configuring Video Streaming

Disclaimer:

Course contents are subject to change without prior notice

Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Silver (page 1 of 3)**Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Silver****Introduction:**

The CSE6 Silver training program is designed to provide fundamental information on the implementation of security parameters in the transition from IPv4 to IPv6 and expose the participants on the security issues in the deployment of IPv6 in the organization network. This course would provide fundamental understanding about security issue revolving around IPv6 and will be one of the pre-requisite for Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) Gold.

Who should attend?

This course is ideal for

- Students
- Security enthusiast
- Decision makers for IT Security spending
- Network/Security Architect
- Network/Security Architect
- IT administrator
- Network/IT support technicians

What Will You Learn?

- Revisit IPv6
- IPv6 Security issues
- IPv6 Security features
- IPv6 attacks

Prerequisites:

- A good knowledge of general network security concepts
- Knowledge in IPv4 security

Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Silver (page 2 of 3)**Duration:**

4 days

Training Approach:

- This class covers both theoretical and practical knowledge.
- The practical classes are conducted in a laboratory environment.
- The participants will have hands on experience using the actual equipment.
- Quiz will have conducted during the class to test the knowledge of participants about a particular sub topic
- Professional examination both theoretical and practical will conducted to test the participant's knowledge towards end of the class
- All the participants that passed the examination will be awarded certificate that endorsed by Global IPv6 Forum and WIDE Japan

Course Content:

The following is the outline of the course:

- 1. IPv6 Revisited**
 - Introduction to IPv6
 - Packet Structure and Header Format
 - IPv6 Addressing Architecture
 - Understanding ICMPv6 & Neighbour Discovery
- 2. IPv6 Security Issues**
 - Security Advantages of IPv6 Over IPv4
 - IPv6 Security – Areas of Concern
 - IPv6 Security – Similarities to IPv4 Security
 - IPv6 Security – Differences from IPv4 Security
 - Threats Countered by SEND
- 3. IPv6 Security Features**
 - General Security Concepts
 - Encryption - Secret Key Cryptography
 - IPSec
 - Secure Neighbour Discovery (SeND)
 - Cryptographically Generated Addresses (CGA)
 - Unique Local Address
- 4. IPv6 Attacks and tools kit**
 - IPv6 Attacks
 - Man In Middle Attacks
 - Known ICMPv4 Attacks

Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Silver (page 3 of 3)

- Unique ICMPv4 Attacks
- Unique ICMPv6 Attacks
- IPv6 Hacking Tools

5. Hands-on Lab

- Preparing for the hands-on lab
- Initial Setup
- Server installation
- Server Configuration
- Connecting Kali server to GNS3
- Demonstration of several IPv6 attacks

Disclaimer:

Course contents are subject to change without prior notice.

Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Gold (page 1 of 3)**Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Gold****Introduction:**

The CSE6 Gold training program is the advanced training program in IPv6 Security that was designed to provide in-depth information on IPv6 security design and implementation in the IPv6 network.

Who should attend?

This course is ideal for

- Students
- Security enthusiast
- Decision makers for IT Security spending
- Network/Security Architect
- Network/Security Architect
- IT administrator
- Network/IT support technicians

What Will You Learn?

- Revisit IPv6 Security
- Threat against CPE and recommendation
- IPv6 Firewall configuration and policies

Prerequisites:

- CSE6 Silver certification or any equivalent certifications
- A good knowledge of general network security concepts
- Knowledge in IPv4 security

Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Gold (page 2 of 3)**Duration:**

4 days

Training Approach:

- This class covers both theoretical and practical knowledge.
- The practical classes are conducted in a laboratory environment.
- The participants will have hands on experience using the actual equipment.
- Quiz will be conducted during the class to test the knowledge of participants about a particular sub topic
- Professional examination both theoretical and practical will conducted to test the participant's knowledge towards end of the class
- All the participants that passed the examination will be awarded certificate that endorsed by Global IPv6 Forum and WIDE Japan

Course Content:

The following is the outline of the course:

- 1. IPv6 Security Revisited**
 - IPv6 Security Issues
 - IPv6 Security Features
 - IPv6 Attacks
- 2. Threats against IPv6 CPE and Recommendations**
 - Customer Premise Equipment (CPE)
 - Universal Threat Mitigation (UTM)
 - Type of Threat and Mitigation the Threat
 - IPv6 Intrusion Protection System (IPS)
 - Rules for Security Policy
 - Security in Mobile IPv6
- 3. IPv6 and firewall configuration Policies**
 - Host Based Firewalls
 - Gateway Firewalls
 - Firewall Policy Separation
 - Policy Merging
 - Inbound ICMPv6 Service
 - Inbound TCP Services for the Firewall
 - Inbound TCP Services for All Machines, including Firewall
 - Inbound UDP Services for the Firewall
 - Firewall basics with IPtables

Certified Security Engineer for IPv6 (CSE6) – Gold (page 3 of 3)

- Policy Chain Default Behaviour
- Connection – specific responses
- Connection States
- Configuring IPv6 Rules and Policies with IPtables

4. Hands-on Lab

- Demonstration of Man in The Middle Attack
- Setting-Up and Testing IPv6 Firewall

Disclaimer:

Course contents are subject to change without prior notice.

Certified Network Programmer for IPv6 (CNP6) (page 1 of 2)**Certified Network Programmer for IPv6 (CNP6)****Introduction:**

The CNP6 is an advanced training course for those who need deeper understanding of IPv6 network programming and testing. The course covers topics such as socket API, IPv4 vs. IPv6 programming in **C/C++** and **Visual C#.NET**.

Who should attend?

This course is designed for students, software and/or computer engineers (designers/developers, testers etc.) and programmers who develop and test IP-applications and require deeper knowledge on how to build IPv6 solutions/applications as well as porting existing IPv4 applications to support IPv6.

What Will You Learn?

- Revisit IPv6
- IPv6 Programming Basic
- IPv6 Socket Programming
- IPv6 Network Layer Programming

Prerequisites:

- Need CNE6 Silver certification or any equivalent certifications
- A good knowledge of the TCP/IP protocol suite or any equivalent to the TCP/IP course.
- Applied knowledge in modern programming languages like C, C++, C#
- Basic knowledge of network programming and the concepts associated (sockets, bind, send, host-and-network-byte-order).

Certified Network Programmer for IPv6 (CNP6) (page 2 of 2)**Duration:**

4 days

Training Approach:

- This class covers both theoretical and practical knowledge.
- The practical classes are conducted in a laboratory environment.
- The participants will have hands on experience using the actual equipments.
- Quiz will be conducted during the class to test the knowledge of participants about a particular sub topic
- Professional examination both theoretical and practical will be conducted to test the participants' knowledge towards the end of the class
- All the participants that passed the examination will be awarded a certificate that is endorsed by Global IPv6 Forum and WIDE Japan

Course Content:

The following is the outline of the course:

- 1. IPv6 Refresher**
- 2. IP Programming Basics**
 - Packet Capturing
 - Packet Analysis Tools
 - IPv6 Packet Monitoring
- 3. Socket Programming**
 - Introduction to Socket Programming
 - Socket Creation
 - Connection-Oriented Sockets
 - Socket API for TCP
 - Connection-less Sockets
 - Socket API for UDP
 - Socket Programming in Windows
 - C# Socket Programming
 - Non-Blocking Programming in C#
 - DNS and C#
- 4. Network Layer Programming**
 - Using C# Helper Class
 - Connection-less Sockets
 - IPv6 Network Programming
 - Dual Stack Implementation
- 5. Hands on exercise - application porting**
 - IPv6 TCP/UDP based Client/Server
 - Server sockets (TCP/UDP)
 - Client socket (TCP/UDP)

Disclaimer: Course contents are subject to change without prior notice