

Étude sur le déploiement de l'IPv6 en Belgique

IPv6



2

Service public fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie
Rue du Progrès 50
1210 Bruxelles
N° d'entreprise : 0314.595.348
<http://economie.fgov.be>

tél. + 32 2 277 51 11

 facebook.com/SPFEco

 [@SPFEconomie](https://twitter.com/SPFEconomie)

 youtube.com/user/SPFEconomie

 linkedin.com/company/fod-economie (page bilingue)

Editeur responsable : Jean-Marc Delporte
Président du Comité de direction
Rue du Progrès 50
1210 Bruxelles

Version internet

061-15

Table des matières

1. Introduction et contexte	7
2. Process, équipe et méthodologie	8
2.1. Documentation et benchmark	8
2.2. Organisation de panels d'experts	9
2.3. Questionnement d'échantillons représentatifs des acteurs.....	9
2.4. Etablissement d'un rapport final	9
3. Rappel du contexte global de l'adressage internet	10
3.1. Comment les adresses IP sont-elles attribuées ?	10
3.2. Les adresses IPv4	13
3.3. L'arrivée de l'IPv6.....	15
4. Phase actuelle de coexistence des adresses IPv4 et IPv6	17
5. La situation dans le monde.....	23
5.1. Situation en fonction des Local Internet Registry (LIR) proposée par le RIPE.....	23
5.2. L'attribution d'une cinquième étoile par le RIPE en fonction du déploiement de l'IPv6.....	29
5.3. Analyse de l'implémentation de l'IPv6 par l'APNIC	31
5.4. Statistiques selon Google	34
5.5. Autres études	36
5.6. Imposer l'IPv6 dans les appels d'offre publics.....	37
6. Situation en Belgique	38
6.1. Secteur public	39
6.2. Secteur de l'enseignement	40
6.3. Secteur privé	41
6.3.1. Banques	41
6.3.2. E-commerce	41
6.3.3. Média	41
6.3.4. Secteur ICT	42

6.3.5. Grandes entreprises	42
6.3.6. PME	42
6.4. Opérateurs et services providers.....	43
6.4.1. Opérateurs fixes	43
6.4.2. Opérateurs mobiles	44
6.4.3. Hébergeurs au sens strict	44
6.5. Utilisateurs finaux	44
7. Interviews et enquête.....	45
8. Risques associés en cas d'inaction face au passage à l'IPv6	53
9. Conclusions	54
10. Recommandations	55
10.1. Montrer l'engagement des pouvoirs publics d'adopter l'IPv6	56
10.2. Travailler avec les parties prenantes pour augmenter la prise de conscience, l'information et la formation et réduire les freins	57
10.3. Poursuivre une coopération internationale et effectuer une veille et un suivi des évolutions du déploiement de l'IPv6 en Belgique et dans le monde	58
11. Annexes	60
11.1. Principaux sites et documents consultés	60
11.2. Remerciements	60
11.3. Documents confidentiels.....	60
11.4. Liste des Institutions dont un représentant a été contacté dans le cadre de l'étude	61
11.5. Questionnaires utilisés lors des interviews en face à face	63
11.5.1. Questionnaire IPv6 – version entreprises	63
11.5.2. Questionnaire IPv6 – version opérateurs télécoms.....	64
11.5.3. Questionnaire IPv6 – version organisations d'intérêts	66
11.5.4. Questionnaire IPv6 – version online	68

Liste des figures

Figure 1. Méthodologie en quatre phase proposée par Edge Consulting	8
Figure 2. Mode de répartition des adresses IP	10
Figure 3. Répartition géographique des 5 RIR	11
Figure 4. Protocole IP	12
Figure 5. Evolution des utilisateurs d'internet et des périphériques connectés	13
Figure 6. Comparaison IPv4 vs. IPv6	15
Figure 7. Fonctionnement d'un NAT	18
Figure 8. Classic NAT	18
Figure 9. CGN	19
Figure 10. Attributions de la même adresse IPv4 en utilisant un CGN ou LSC	20
Figure 11. Tunneling IPv6 au travers d'un réseau IPv4	21
Figure 12. Principe du dual-stack et du translator	22
Figure 13. IPv6 Ripeness by country	24
Figure 14. Situation nationale des LIR	25
Figure 15. Nombre de LIR pour le RIPE	25
Figure 16. Nombre de LIR avec et sans IPv6	26
Figure 17. IPv6 Ripeness tableaux nationaux Belgique vs France	26
Figure 18. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Allemagne	27
Figure 19. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Pays-Bas	27
Figure 20. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Luxembourg	27
Figure 21. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Royaume-Uni	28
Figure 22. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Etats-Unis	28
Figure 23. La situation belge selon l'analyse de RIPE	30
Figure 24. Classement des utilisateurs IPv6 selon APNIC	32
Figure 25. IPv6 ressources allocation	33
Figure 26. Statistique mondiale des utilisateurs de Google en IPv6	34
Figure 27. Répartition géographique mondiale de l'usage d'IPv6 selon Google	35

Figure 28. Répartition géographique européenne de l'usage d'IPv6 selon Google	36
Figure 29. Projection of % IPv6 enabled web browsers in Belgium.....	38
Figure 30. Question 6 : Votre organisation, est-elle totalement IPv6 compatible ?.....	45
Figure 31. Question 7. Considérez-vous l'IPv6 nécessaire pour votre organisation ?	46
Figure 32. Impact sur la sécurité de l'information	47
Figure 33. Question 10 Considérez-vous l'IPv6 meilleur que l'IPv4 au niveau de la sécurité de l'information	48
Figure 34. Question 34 Quand, selon vous, votre organisation sera-t-elle compatible avec l'IPv6 ?	49
Figure 35. Impact budgétaire	50
Figure 36. Question 11 Quelle est le coût estimé pour votre entreprise de l'implémentation de l'IPv6 ?	51

1. Introduction et contexte

Le 22 juin 2012, à l'initiative du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, le Conseil des ministres a approuvé un plan stratégique¹ pour l'introduction de l'IPv6 en Belgique dont les premières actions visent les administrations. Ce plan prévoyait une série d'actions de communication et de sensibilisation ciblant les opérateurs en télécommunications et les entreprises.

En 2014, soit deux ans après l'adoption du plan d'action national, le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie souhaite évaluer ce qui a été réalisé en Belgique. Il a émis un appel d'offre pour « la réalisation d'une étude sur le déploiement de l'IPv6 en Belgique ».

La présente étude a été réalisée au cours des deux premiers trimestres 2014 et concerne l'analyse de la situation actuelle en matière de déploiement de l'IPv6 dans le secteur public (administrations fédérales, universités, hautes écoles et instituts de recherche, etc.) et le secteur privé (opérateurs télécoms, firmes actives dans l'industrie technologique, banques, PME, etc.) au regard du plan stratégique pour l'introduction de l'IPv6 en Belgique.

L'étude a pour but de fournir des données concrètes, correctes, les plus exhaustives possibles et actuelles afin de voir si de nouvelles mesures s'imposent pour exécuter le plan stratégique dans notre pays.

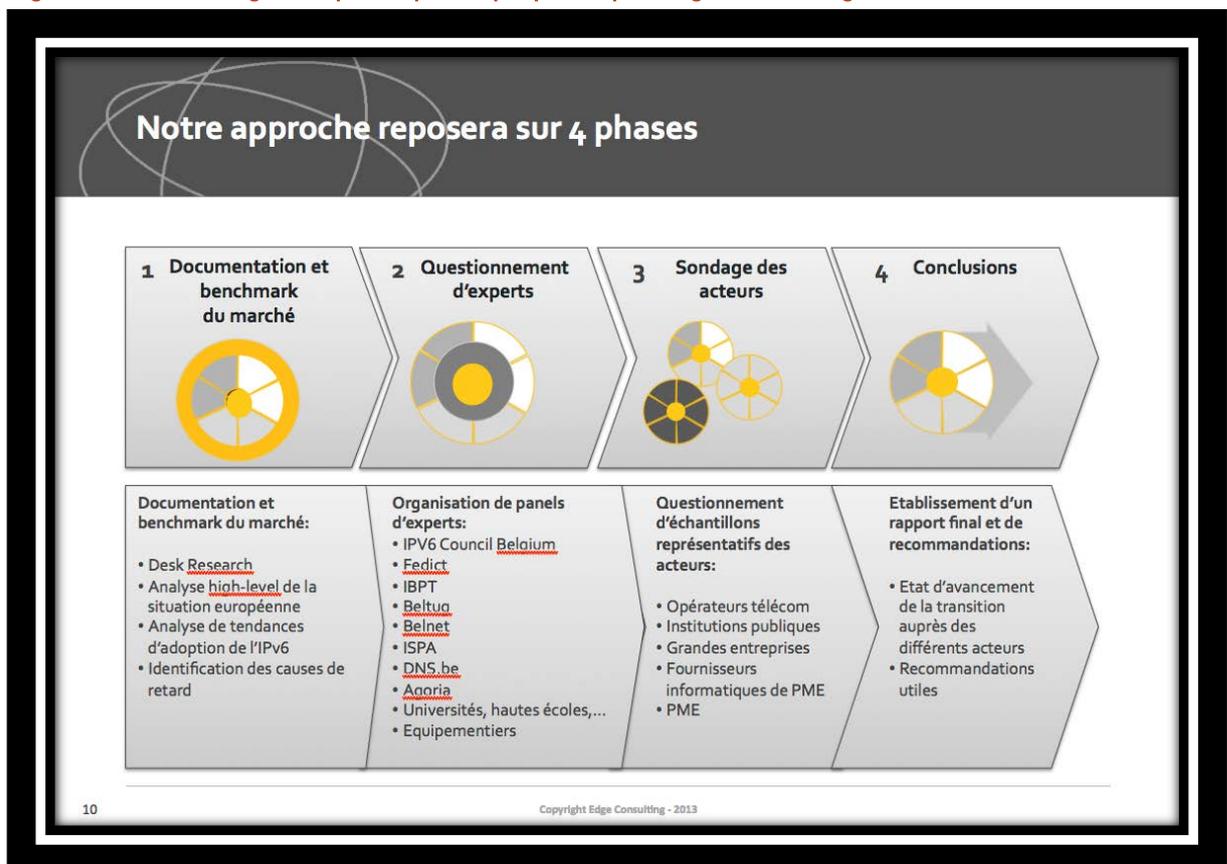
L'étude a été confiée, dans le cadre de l'appel d'offre, à Edge Consulting.

¹Plan national pour l'implémentation de l'IPv6 en Belgique, p. 7. Voir : http://economie.fgov.be/fr/binaries/Plan_national_pour_implémentation_IPV6_Belgique_tcm326-208123.pdf (consulté le 18 mars 2014)

2. Process, équipe et méthodologie

La méthodologie, utilisée dans le cadre de cette étude, est basée sur quatre phases successives. Elle a déjà fait ses preuves pour plusieurs études réalisées par Edge Consulting et permet de produire un rapport correspondant aux attentes du donneur d'ordre. Edge Consulting, de par son expérience dans le secteur des médias et télécoms, dispose de nombreux contacts au sein des secteurs concernés, ce qui facilite la tâche de collecte des avis et des données.

Figure 1. Méthodologie en quatre phase proposée par Edge Consulting



8

Source : Edge Consulting 2013.

La méthodologie de réalisation de cette étude en quatre phases avait été proposée dans la réponse à l'appel d'offre acceptée par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie.

2.1. Documentation et benchmark

L'étude a bien entendu débuté par du desk research et un état des lieux des différentes études, analyses et articles consacrés à la problématique du passage de l'IPv4 à l'IPv6. Il est très vite apparu que le passage à l'IPv6 était encore à ses débuts. Nous avons ainsi identifié certains freins et problèmes qui constituent des obstacles au passage immédiat à l'IPv6.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Nous avons constitué une documentation intéressante afin de réaliser les questionnaires qui ont servi de base aux entretiens et à l'enquête réalisée dans la troisième phase.

2.2. Organisation de panels d'experts

Les documents analysés, en particulier le plan national proposé par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, ainsi que les réunions avec l'équipe de projet du SPF, nous ont permis d'identifier de façon précise un certain nombre d'acteurs clés dans le cadre de cette transition à l'IPv6, que cela soit dans le secteur public ou privé.

Nous avons également eu l'opportunité de participer aux travaux de l'IPv6 Council, nous avons ainsi noué des contacts intéressants avec de nombreuses personnes impliquées dans la conversion vers l'IPv6.

2.3. Questionnement d'échantillons représentatifs des acteurs

Lors de la troisième phase, nous avons eu l'occasion de rencontrer un certain nombre de personnes clés, de représentants du secteur public, ainsi que des représentants de différents secteurs économiques belges.

Nous avons également mis en place une enquête en ligne qui a été adressée à de nombreux responsables d'entreprises et de représentants du secteur public. Les personnes ont été contactées par interviews en face à face, par envoi direct de questionnaires ou par la sollicitation à participer à une enquête en ligne.

9

2.4. Etablissement d'un rapport final

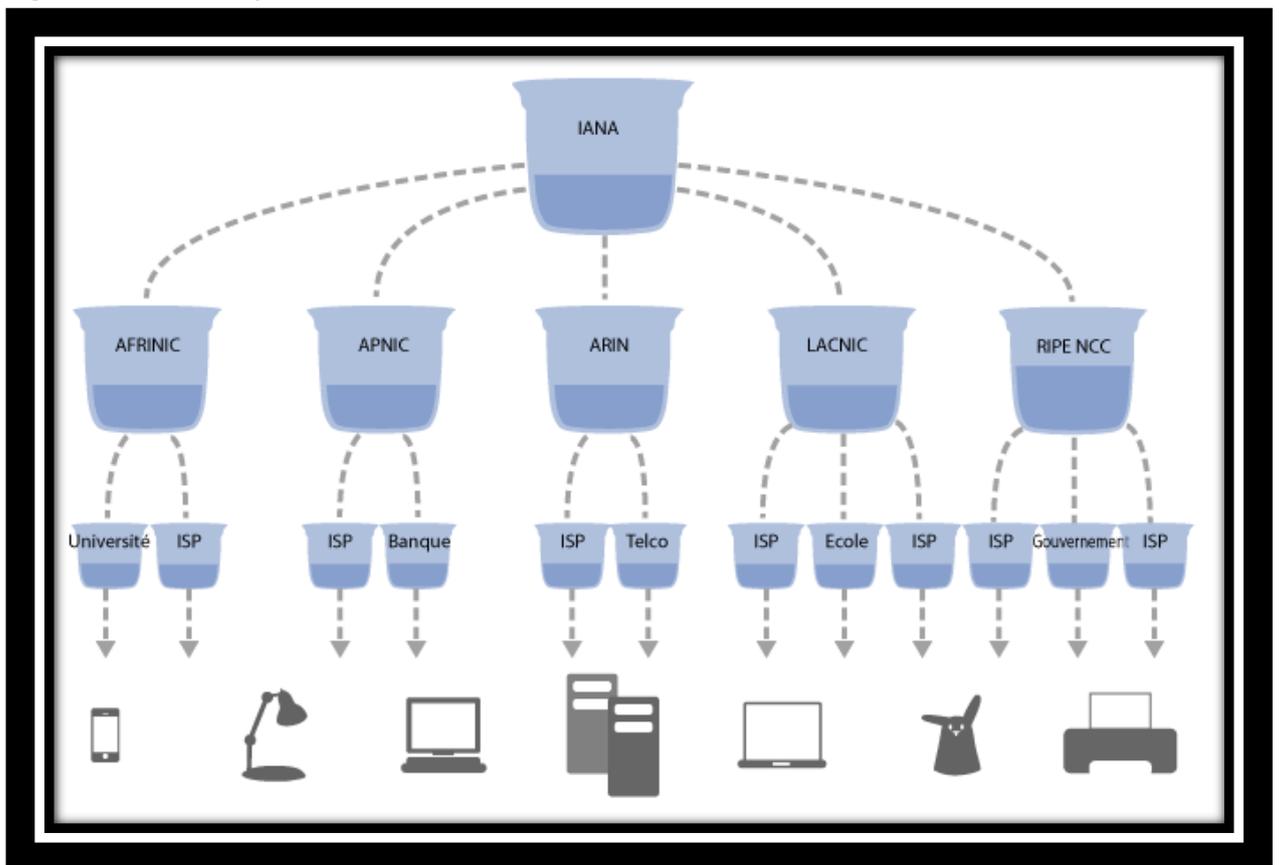
Conformément au cahier des charges, nous avons établi un rapport provisoire, qui a permis au comité d'accompagnement de nous faire un certain nombre de remarques, suggestions et commentaires. Nous en avons bien entendu tenu compte dans le présent rapport final.

3. Rappel du contexte global de l'adressage internet

3.1. Comment les adresses IP sont-elles attribuées ?

Le fonctionnement d'internet a été construit sur un système d'adresses uniques, comparables aux numéros de téléphone, pour que les ordinateurs, les serveurs, les outils connectés puissent communiquer entre eux.

Figure 2. Mode de répartition des adresses IP²



10

Source : Agence Wallonne des Télécommunications.

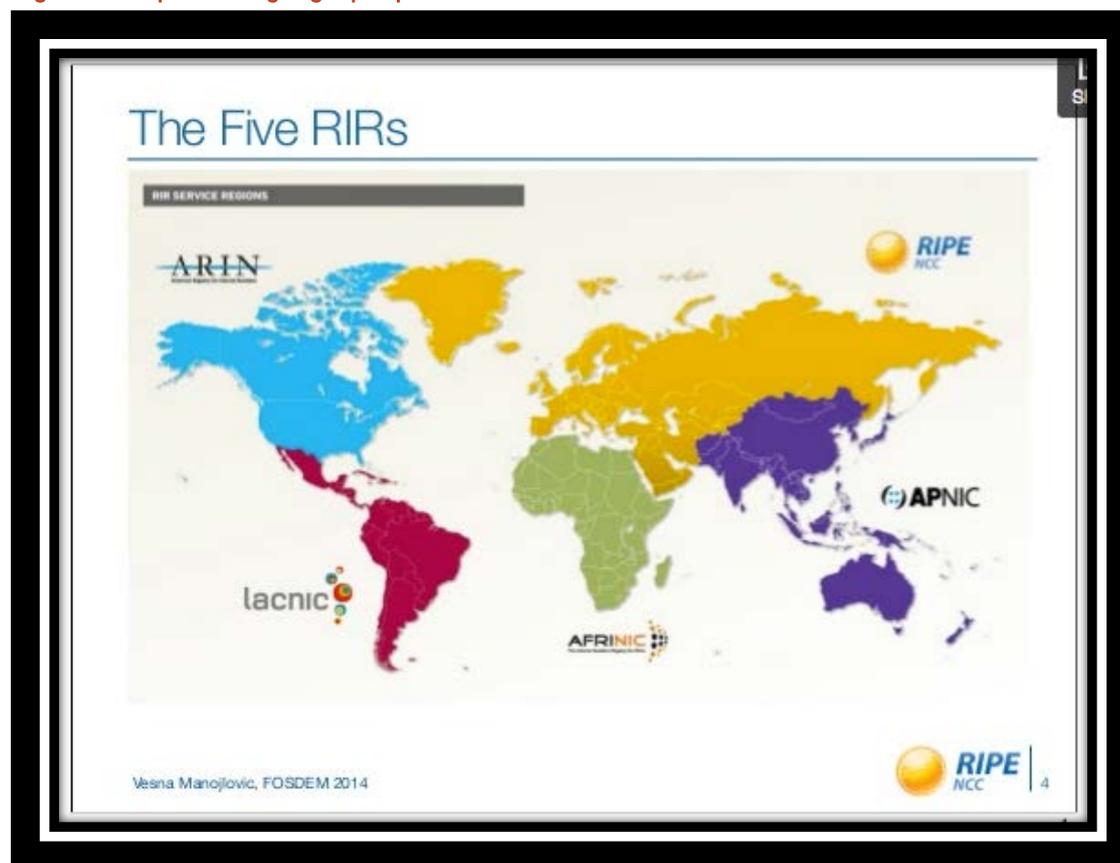
Chaque utilisateur reçoit une adresse IP d'un Internet Registry (organisme chargé de la répartition des adresses IP) qui peut être :

- local (Local Internet Registry : LIR) ;
- national (National Internet Registry : NIR) ;
- régional (Regional Internet Registry : RIR). Il en existe cinq qui se répartissent le monde selon le plan ci-dessous.

²Source de l'image : Agence Wallonne des Télécommunications. Voir : <http://www.awt.be/web/res/index.aspx?page=res,fr,foc,100,128> (consulté le 3 juillet 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Figure 3. Répartition géographique des 5 RIR³



11

Source : Vasha Manojlovic, FOSDEM 2014.

Les Internet Registries reçoivent eux-mêmes les adresses de l'Internet Assigned Number Authority (IANA). Un organisme coordonne la répartition des adresses entre les différents Internet registries, il s'agit du Number Resource Organization (NRO)⁴. Cette adresse IP est donc un numéro d'identification d'un équipement relié à internet. La version la plus répandue actuellement des adresses IP est la version 4 du système d'adressage. « Le protocole IP (Internet Protocol), dans sa version 4⁵, est à la base du fonctionnement actuel de l'internet. Son succès est lié à une propriété particulière : dans l'empilement des couches protocolaires, c'est le premier protocole qui ne dépend pas des moyens physiques de transmission. En jargon, on dit qu'il repose sur une abstraction du réseau de transport physique.

³ <http://fr.slideshare.net/ripenc/i-pv6-ripeatlasfosdembechav2pdf?ref=http://www.ripe.net/internet-coordination/press-centre/publications/presentations/2014/using-the-ripe-atlas-api-for-measuring-ipv6-reachability>.

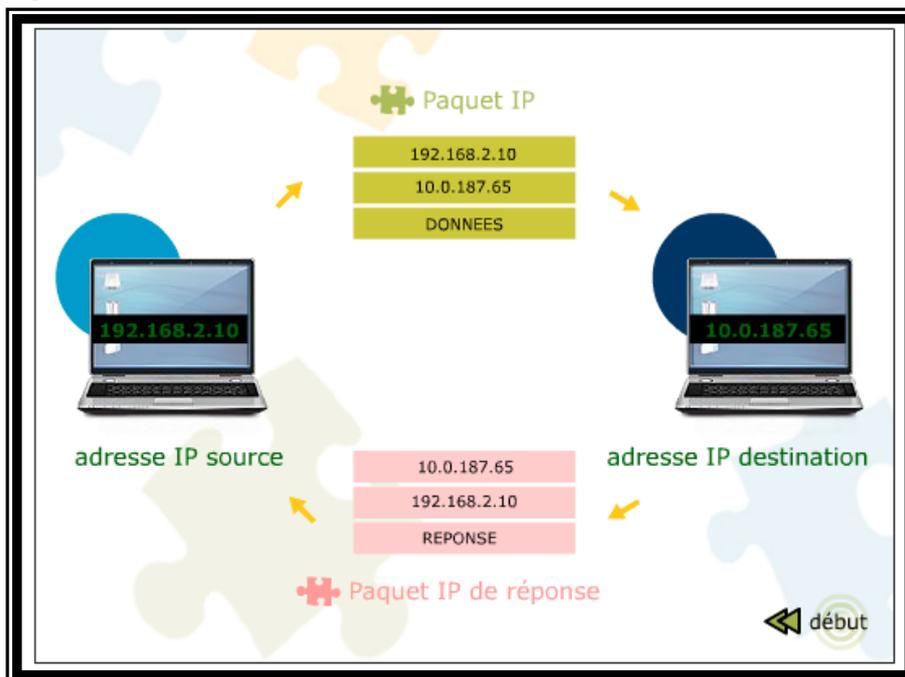
⁴ www.nro.net.

⁵ http://www.securite-informatique.gouv.fr/autoformations/securite_reseaux/co/secu_reseaux_1_ch01_uc04.html (consulté le 8 juillet 2014).

Le protocole IPv4 constitue ainsi, actuellement, le protocole d'interopérabilité des différents supports réseaux. Il est basé sur les principes suivants :

- les données sont organisées par paquets ;
- chaque machine d'un réseau IP se voit attribuer (au moins) une adresse⁶ ;
- un paquet possède une adresse d'émission et une adresse de destination ;
- un paquet est routé de proche en proche par les différents équipements du réseau selon les prescriptions de tables de routage qui font le lien entre adresses IP et liens physiques à employer. »

Figure 4. Protocole IP



12

Source : Edge Consulting

L'Internet Assigned Numbers Authority (IANA)⁷ accorde les adresses IP aux RIR en fonction des règles établies par l'Internet Engineering Task Force (IETF)⁸. « L'IETF définit les modalités techniques d'attribution des adresses. Ces spécifications ont pour but de mettre en œuvre et de protéger la viabilité à long terme d'internet, et les ajustements de ces spécifications sont faits lorsque c'est nécessaire ». L'IETF⁹ fonctionne de façon assez ouverte sur la base de Request For Comments (RFC ou « demande de commentaires »). Chacun peut proposer un RFC qui, s'il est jugé intéressant par la communauté, sera confié à un groupe de travail chargé de rédiger une éventuelle recommandation soumise à commentaires de la communauté avant approbation.

⁶ Ce principe n'est pas respecté dans le cadre du CGN (voir dessous) où une adresse IP est octroyée à plusieurs parties.

⁷ www.iana.org/.

⁸ www.ietf.org.

⁹ RFC 7020. Voir : <http://tools.ietf.org/html/rfc7020> (consulté le 17 août 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

« Les RFC¹⁰ sont des documents spécifiant les différentes implémentations, standardisations, normalisations. Ces documents sont utilisés par l'IETF ainsi que par d'autres organismes de normalisation. Depuis 1969, plus de 7.000 documents ont été rédigés. Les RFC sont répartis, après approbation par l'IESG¹¹, selon deux classifications¹² : proposition de norme (proposed standard) et normes définitives (Internet standard). Lorsqu'un document est publié, un numéro de RFC lui est attribué et en cas d'évolution, un nouveau document sera publié sous une autre référence. »

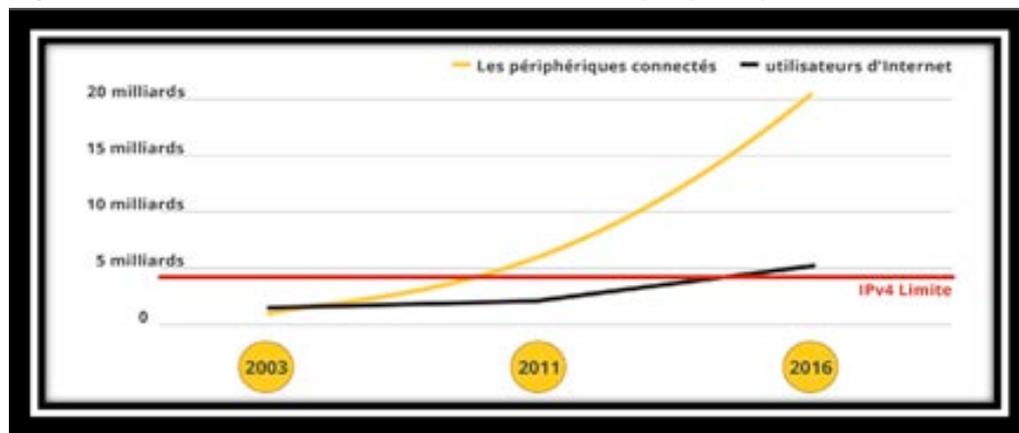
3.2. Les adresses IPv4

Le système d'adresse IP (Internet Protocol) était initialement basé sur un protocole IPv4 (Internet Protocol Version 4), lancé au début des années 1980, codé en 32 bits et qui donnait la possibilité de créer plus de 4 milliards d'adresses. Il faut rappeler que ce système n'avait pas été mis en place pour satisfaire un internet du type de celui que nous connaissons aujourd'hui, mais plutôt un internet réservé aux réseaux gouvernementaux et à la recherche. Personne à cette époque n'aurait pu prévoir un tel développement d'internet. Et cette croissance est loin d'être terminée.

Les spécificités techniques de l'adressage IPv4 ont été définies par la RFC 791¹³. Si le début de l'adressage IPv4 date de 1980, en 2011 toutes les adresses avaient été octroyées par l'IANA car le nombre de personnes et d'outils connectés a eu pour conséquence que le nombre d'adresses IPv4 était devenu insuffisant, même si toutes les adresses ne sont pas encore utilisées.

13

Figure 5. Evolution des utilisateurs d'internet et des périphériques connectés



Source : Edge Consulting.

¹⁰ Un RFC très intéressant décrit les différentes fonctionnalités de toute la partie administrative. RFC 3160 traite des sujets comme le procès pour la standardisation des RFC, les rôles des différentes organisations, le travail interne de l'IETF etc.

¹¹ Internet Engineering Steering Group.

¹² Volgens RFC 7127 <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7127.txt>.

¹³ <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt> pour le texte de la RFC 791.

« Le 3 février 2011, l'IANA a distribué les derniers blocs d'adresses IPv4 aux cinq registres internet régionaux, dont le registre « Réseaux IP Européens » (RIPE NCC)¹⁴. Aujourd'hui toutes les adresses IPv4 ont donc été attribuées alors que le nombre d'appareils connectés continue d'augmenter rapidement et de façon importante. Le protocole IPv4 est à l'heure actuelle encore le protocole¹⁵ le plus utilisé.

Le protocole IPv6 a commencé à être déployé en 1999 pour pallier le manque de nouvelles adresses. Le protocole IPv6 est basé sur un schéma d'adresses de 128 bits qui permet de créer $3,4 \times 1.038$ nouvelles adresses¹⁶, soit 340 trillions de trillions de trillions de nouvelles adresses, soit 340.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 d'adresses...

« Pour se faire une idée de ce que représente un tel nombre, on peut utiliser la métaphore suivante : si une adresse internet unique a le volume d'un grain de sable (1 millimètre cube), alors il faudrait l'équivalent de 340 millions de planètes creuses (chacune de la taille de la Terre) pour contenir toutes les adresses possibles disponibles en IPv6. Or, en IPv4, il faudrait seulement 4 mètres cubes ! »¹⁷.

Il est important de noter qu'à terme, le protocole IPv4 disparaîtra totalement pour être remplacé par le protocole IPv6.

¹⁴ Plan national pour l'implémentation de l'IPv6 en Belgique, p. 7. Voir : http://economie.fgov.be/fr/binaries/Plan_national_pour_implementation_IPv6_Belgique_tcm326-208123.pdf (page consultée le 18 mars 2014).

¹⁵ www.iana.org/numbers (page consultée le 14 mars 2014).

¹⁶ J.F. Kurose, and K.W. Ross, Computer Networking a Top-Down Approach, 5th ed, Boston: Addison-Wesley, 2010.

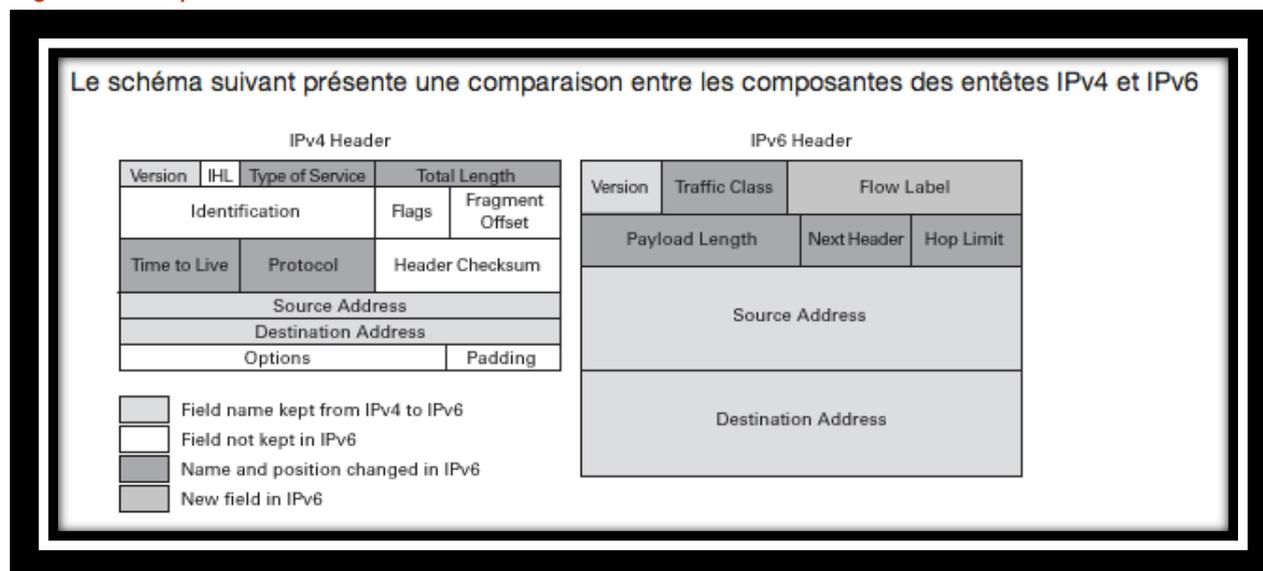
¹⁷ <http://www.journaldunet.com/solutions/expert/49933/ipv6--quelles-consequences-sur-la-securite-informatique.shtml> (page consultée le 15 avril 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

3.3. L'arrivée de l'IPv6

Voici comment schématiquement sont présentées les différences fonctionnelles entre les adresses IPv4 et IPv6.

Figure 6. Comparaison IPv4 vs. IPv6¹⁸



Source : Agence Wallonne des Télécommunications.

L'IPv6, dont toutes les spécificités d'adressage sont définies dans la RFC 2460¹⁹, présente de nombreux avantages. « Les changements entre IPv4 et IPv6 se manifestent en première approche dans les domaines suivants :

- Augmentation des possibilités d'adressage : IPv6 augmente la taille des adresses IP de 32 bits à 128 bits, pour supporter plusieurs niveaux de hiérarchies d'adressages, un bien plus grand nombre de nœuds adressables et une auto-configuration plus simple des adresses. Une plus grande souplesse de configuration du multicasting est obtenue grâce à l'ajout d'un champ « groupe » (« scope ») aux adresses de type multicast. Ensuite, un nouveau type d'adresse est défini : les adresses de type « diffusion à tous » (« anycast address »), utilisées pour envoyer un paquet à toutes les entités d'un groupe de nœuds.
- Simplification du format de l'en-tête : certains champs de l'en-tête IPv4 ont été enlevés ou rendus optionnels, pour réduire dans les situations classiques le coût (en ressources de traitement) de la gestion des paquets et pour limiter le surcoût en bande passante de l'en-tête IPv6.
- Support amélioré des options et des extensions futures : des changements dans la façon dont les options de l'en-tête IP sont encodées permettent une transmission

¹⁸ Voir http://www.awt.be/web/res/index.aspx?page=res_fr_fic_110_002 (page consultée le 6 juin 2014).

¹⁹ Voir version française sur <http://abcdrfc.free.fr/rfc-vf/rfc2460.html> (page consultée le 14 juillet 2014).

(forwarding) plus efficace, des limites moins strictes sur la longueur des options et une plus grande flexibilité dans l'introduction par la suite de nouvelles options.

- Fonctionnalité d'étiquetage de flux d'informations : une nouvelle fonctionnalité est ajoutée pour étiqueter des paquets appartenant à des « flux » d'informations particuliers pour lesquels l'émetteur demande une gestion spéciale, comme un service « sans perte d'information » ou un service « temps réel ».
- Fonctionnalité d'authentification et de confidentialité : des extensions pour gérer l'authentification, l'intégrité des données ou une (optionnelle) confidentialité des données sont spécifiées dans le protocole IPv6 »²⁰.

Depuis le « World IPv6 Launch » du 6 juin 2012, certaines organisations, des sites web, des entreprises et des particuliers n'ont plus qu'une présence IPv6 sur le net. Or, les protocoles IPv4 et IPv6 ne sont pas directement interopérables. Les appareils utilisant l'un ou l'autre protocole ne peuvent communiquer entre eux qu'en ayant recours à des passerelles spécifiques. Le pourcentage de trafic internet en IPv6 augmente constamment. Les plus grands fournisseurs de contenu sur internet tels que Facebook, Google et YouTube tournent déjà avec l'IPv6. A terme, même si le degré d'urgence est variable selon les appareils, tous les internautes seront tenus de se procurer des appareils et des applications compatibles avec le nouveau protocole IPv6 et de l'implémenter sur leurs réseaux. La transition vers l'IPv6 a donc des conséquences directes pour les entreprises, les autorités et tous les internautes et notamment en ce qui concerne la sécurité des données.

16

En Belgique, le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie a pris l'initiative de proposer un plan national pour l'implémentation de l'IPv6 en Belgique. Ce plan a été approuvé par le gouvernement et un groupe de travail a été créé au sein du SPF Economie. Par décision du comité de concertation, les régions ont été associées à ce groupe de travail. Cette initiative était salutaire car un risque réel existe tant pour les entreprises que pour le secteur public.

Les entreprises qui ne font aucune démarche pour passer à l'IPv6 ne pourront plus, à terme, communiquer de manière optimale avec des utilisateurs ou des organisations équipés uniquement en IPv6. Le développement des usages d'internet sera également menacé si les fournisseurs d'accès à internet ne peuvent pas offrir à leurs clients des services et connexions IPv6 ou si certains sites web ne sont soudainement plus accessibles aux internautes.

Du fait de la structure d'internet, le passage du protocole IPv4 vers l'IPv6 ne pourra pas se faire en un jour mais nécessitera un passage progressif de l'un à l'autre. Pour que le passage soit finalisé, il sera nécessaire que les serveurs, les appareils connectés et les applications soient compatibles IPv6, ce qui prendra du temps. Nous sommes donc actuellement dans une phase de transition.

²⁰ Voir version française sur <http://abcdrfc.free.fr/rfc-vf/rfc2460.html> (page consultée le 14 juillet 2014).

4. Phase actuelle de coexistence des adresses IPv4 et IPv6

Nous nous trouvons aujourd'hui dans une phase de transition, commencée en 1999 et qui va certainement durer encore quelques années, durant lesquelles l'adressage IPv4 et IPv6 coexisteront avec quelques adaptations techniques. Mais la situation actuelle montre un développement rapide du nombre d'outils connectés. En juin 2014, Cisco²¹, dans le cadre de sa prévision de trafic 2013-2018 prévoyait :

- un passage de 2,5 milliards d'utilisateurs internet en 2013 à près de 4 milliards en 2018, soit plus de la moitié de la population mondiale ;
- un passage de 12 milliards d'outils connectés en 2013 à 21 milliards en 2018.

Ces chiffres démontrent bien l'urgence du passage à l'IPv6, la situation actuelle devenant intenable à terme, même si des solutions techniques temporaires existent. Dans les années 1990, l'attribution des adresses IPv4 par les fournisseurs d'accès internet se faisait en utilisant le Network Address Translation (NAT)²². « Le NAT a été proposé en 1994 sous la RFC 1631²³ comme solution à court terme face au manque d'adresses IP. Son objectif principal était de permettre aux adresses IP d'être partagées par un grand nombre de périphériques réseau. En une dizaine d'années d'existence, il a donné le temps nécessaire pour concevoir le nouveau protocole d'adressage IPv6²⁴ et, aujourd'hui, le début de son déploiement. »

Le NAT est une technologie utilisée depuis fort longtemps et dont la présence est généralisée dans les firewalls et les gateways Internet. Initialement, le NAT traditionnel était utilisé pour traduire des ranges d'adresses entre deux réseaux. Au cours de la dernière décennie, le NAT a été utilisé pour connecter pratiquement tous les foyers et les entreprises au travers d'un routeur internet domestique. La principale contribution à la popularité du NAT est la possibilité qu'il offre de partager une adresse IP publique avec de multiples adresses IP locales (privées).

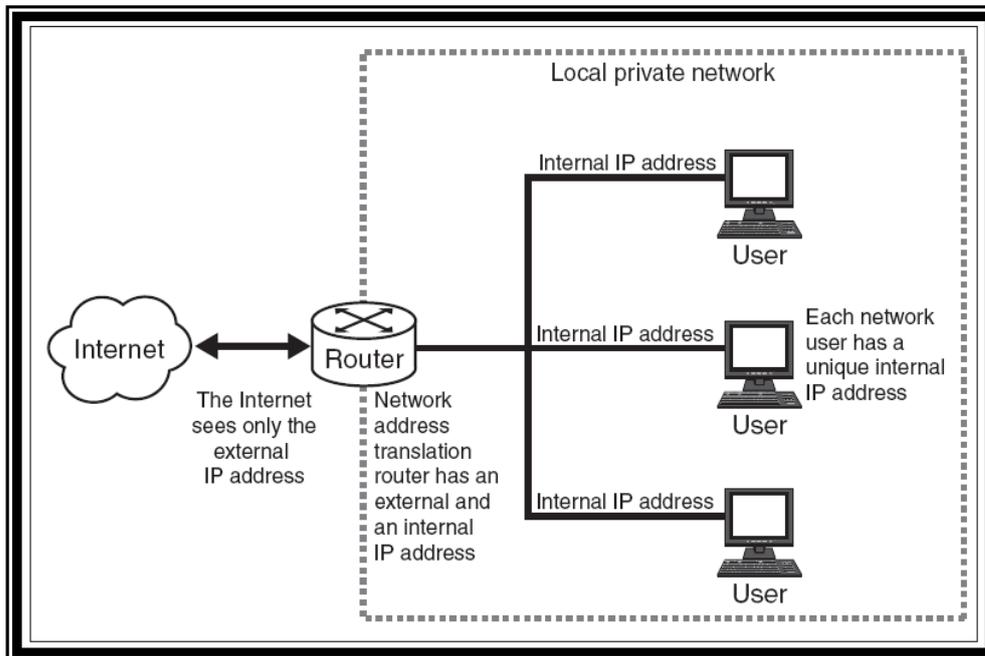
²¹ <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/visual-networking-index-vni/index.html> (page consultée le 21 juillet 2014).

²² Les définitions du NAT et les schémas sont repris et adaptés de http://www.a10networks.com/products/network_address_translation.php (page consultée le 18 avril 2014).

²³ <http://www.rfc-base.org/rfc-1631.html> (page consultée le 9 juillet 2014).

²⁴ <http://cisco.goffinet.org/s4/nat#.U7vfao1 vtE> (page consultée le 5 juillet 2014) (RFC – request for comment).

Figure 7. Fonctionnement d'un NAT²⁵

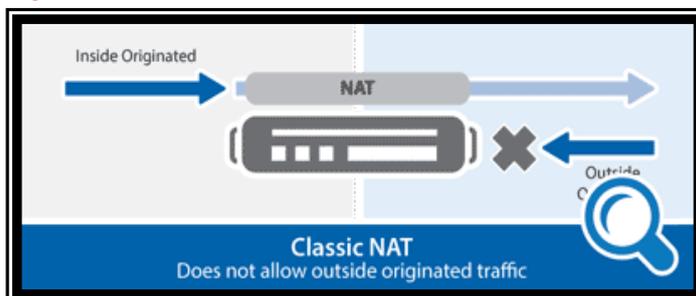


Source : Edge Consulting.

18

Les adresses IPv4 étant devenues plus rares au cours de la dernière décennie, les fournisseurs d'accès internet n'octroyaient plus qu'une adresse IP par utilisateur domestique. Le manque d'adresses s'est récemment accentué. En 2011, l'IANA a proposé les derniers blocs d'adresses IPv4 aux registres régionaux (RIR). Le NAT a donc pu aider à compenser le manque d'adresses IPv4 en souscrivant plusieurs utilisateurs sur les adresses IP publiques. Le NAT permet en effet de multiplier le nombre d'utilisateurs d'une même adresse. Mais un des problèmes du NAT est qu'il ne permet pas le trafic extérieur simple vers l'adresse interne. De ce fait, le NAT est parfois utilisé comme procédure de sécurité.

Figure 8. Classic NAT²⁶



Source : Edge Consulting.

²⁵ <http://www.cybertelecom.org/dns/nats.htm> (page consultée le 12 juillet 2014).

²⁶ http://www.a10networks.com/products/network_address_translation.php (page consultée le 18 avril 2014).

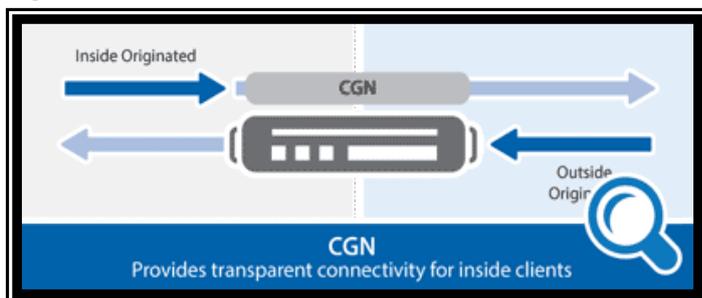
« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Le NAT rompt le principe de connexion bout-à-bout des réseaux. Des applications telles que le peer-to-peer (P2P), la voix sur IP (VoIP), le streaming video, le tunneling ou toute application qui utilise des connexions IP de façon intensive souffrent de cette situation. Le comportement du NAT n'est pas complètement standardisé entre les fournisseurs d'équipements, bien qu'il existe des directives de l'IETF qui aident à rendre le NAT plus transparent et stable.

De plus le NAT montre certaines limites : « Le NAT contredit le principe fondamental d'IP d'une communication de bout-à-bout (les stations d'extrémité établissent et gèrent elles-mêmes leur communication). Le NAT pose donc des problèmes dans l'établissement de communications utilisant certains protocoles de sécurité assurant une authentification et une « encryption », des applications peer-to-peer et autres tels que FTP²⁷. En matière de sécurité, le NAT n'est jamais qu'une option, il ne remplace pas un filtrage IP pertinent. Par ailleurs, son utilisation répandue rend opaque l'étendue réelle de l'internet. Rappelons que ce principe a été mis en place pour répondre de manière temporaire au manque d'adresses IP²⁸. »

Le NAT est donc une solution temporaire imparfaite, mais qui dure depuis plus de 10 ans car le passage à l'IPv6 ne se fait que de façon très lente. Postérieurement au NAT fut développé le Carrier Grade NAT (CGN), également connu sous le nom Large Scale NAT (LSN).

Figure 9. CGN²⁹



Source : Edge consulting.

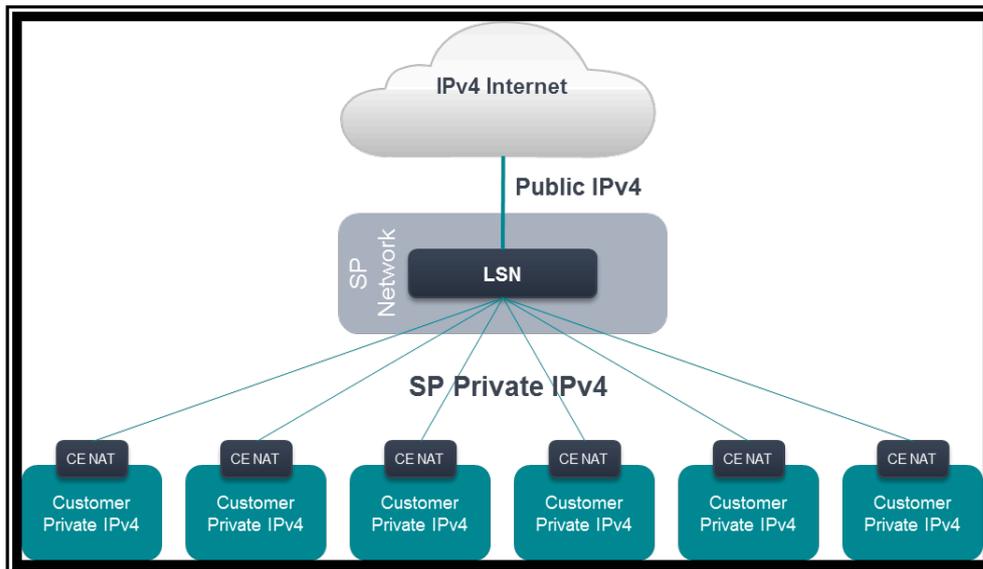
Le CGN devint par la suite un nouveau standard de répartition des adresses en répondant à certaines des limites du NAT. Il vise à apporter une solution aux fournisseurs d'accès à internet (ISPs) et aux carriers, mais constitue également une solution de rechange pour les équipements NAT sur des réseaux d'entreprise. Le CGN permet à ces organisations de délivrer de la connectivité en IPv4 et sans affecter l'expérience des utilisateurs en partageant les adresses IPv4 entre plusieurs utilisateurs sur leurs réseaux. Les carriers peuvent allouer des adresses IPv4 locales (privées) dans leurs réseaux d'accès, et utiliser un système centralisé de traduction des adresses dans le réseau internet public.

²⁷ File Transfer Protocol pour protocole de transfert de fichiers.

²⁸ http://cisco.goffinet.org/s4/nat#.U7vfao1_vtE (page consultée le 7 juillet 2014).

²⁹ http://www.a10networks.com/products/carrier_grade_nat_cgn.php (page consultée le 18 avril 2014).

Figure 10. Attributions de la même adresse IPv4 en utilisant un CGN ou LSC³⁰



Source : Edge Consulting.

20

Néanmoins, en utilisant le CGN, le partage d'adresses IPv4 génère un risque de sécurité non négligeable puisqu'il devient plus difficile d'identifier l'utilisateur d'une adresse IP à un moment donné. Le CGN doit dès lors également être considéré comme une solution temporaire dans le cadre d'un passage vers l'IPv6.

L'IETF a proposé plusieurs mécanismes de transition pour assurer une transition efficace d'un monde IPv4 vers l'IPv6³¹. Un mécanisme de transition est un moyen de faciliter la connexion entre hébergeurs et réseaux utilisant soit les mêmes protocoles, soit des protocoles différents.

Les mécanismes de transition peuvent être classés selon trois approches :

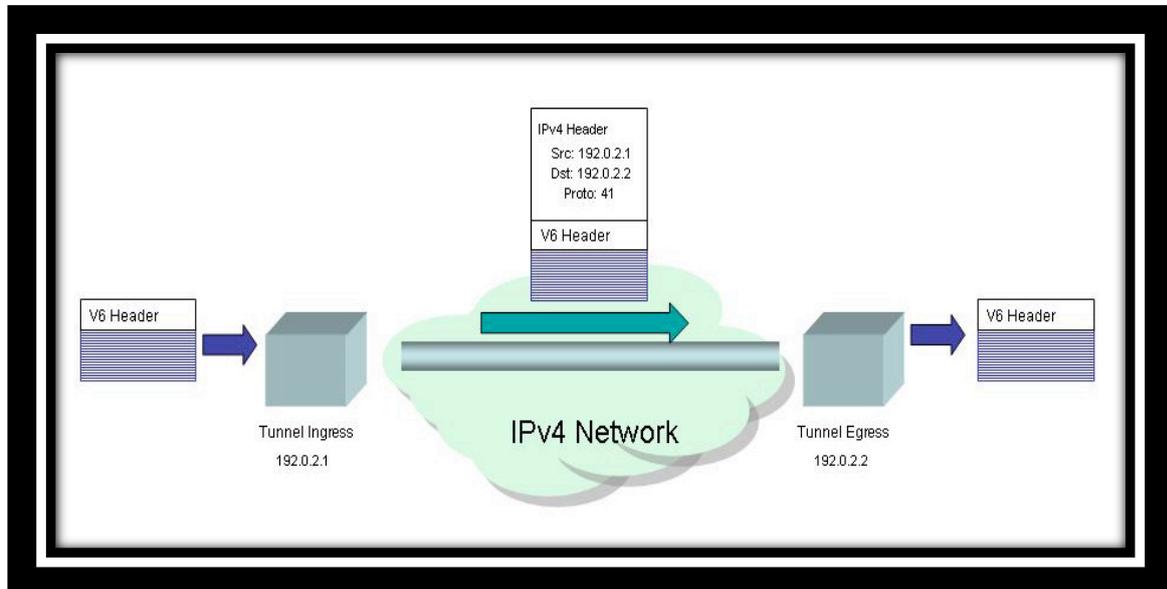
- Tunneling : cette approche est utilisée pour les hébergeurs et réseaux afin qu'ils communiquent en utilisant la même version d'IP mais au travers d'une autre infrastructure de protocole. Par exemple, des tunnels peuvent être utilisés pour connecter des réseaux IPv6 séparés par des réseaux IPv4. Dans ce cas les paquets de données en IPv6 seront encapsulés dans des paquets IPv4 et alors transmis dans les réseaux IPv4, puis décapsulés à l'arrivée. Ce tunneling ne permet néanmoins pas d'interconnecter des systèmes ou des réseaux qui utilisent des versions IP différentes.

³⁰ <http://blogs.citrix.com/2012/02/10/lsc-cgn-nat444-%E2%80%93-it%E2%80%99s-large-scale> (page consultée le 6 juillet 2014).

³¹ Hamarsheh A, Goossens M, Al-Qerem A. Assuring Interoperability Between Heterogeneous (IPv4/IPv6) Networks Without using Protocol Translation. IETE Tech Rev [serial online] 2012 [cited 2014 Mar 18];29:114-32. Voir : <http://tr.ietejournals.org/text.asp?2012/29/2/114/95384> (page consultée le 12 mars 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Figure 11. Tunneling IPv6 au travers d'un réseau IPv4³²



Source : Edge Consulting.

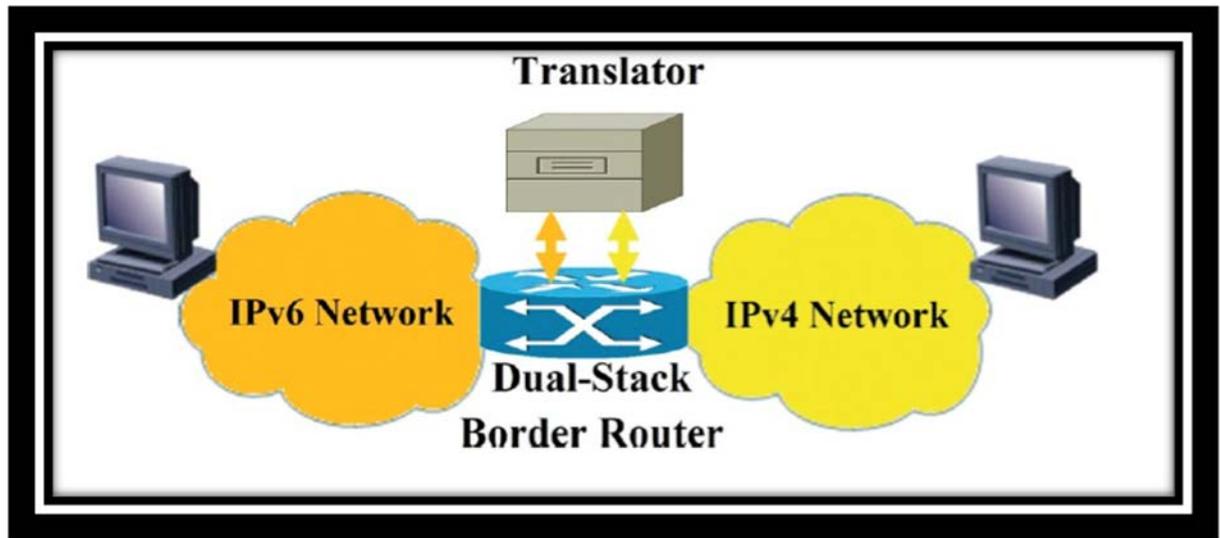
- Dual-stack : l'idée est d'implémenter l'IPv4 et l'IPv6 en même temps et de permettre la connectivité à chaque type de réseaux aux appareils qui demandent un accès.
- Traduction : cette approche est utilisée quand la communication est requise entre systèmes/réseaux opérant avec des versions IP différentes. Dans ce cas, la traduction d'IPv4 vers IPv6 ou inversement est requise pour chaque paquet.

21

La figure 12 montre le principe du dual-stack et de la traduction.

³² <http://www.potaroo.net/ispcol/2008-02/fig1.jpg>.

Figure 12. Principe du dual-stack et du translator³³



Source : Edge Consulting.

22

Nous sommes donc confrontés aujourd'hui à des solutions « créatives » qui permettent de ne pas passer immédiatement en IPv6, et ne font que retarder le moment inéluctable où chacun devra passer en IPv6. Et c'est dans ce contexte que le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie a décidé, dans la foulée du plan stratégique de 2012, de faire le point sur l'implémentation de l'IPv6 en Belgique deux ans après le lancement de ce plan national.

³³ http://www.tr.ietejournals.org/viewimage.asp?img=IETETechRev_2012_29_2_114_95384_f3.jpg
(page consultée le 13 mars 2014).

5. La situation dans le monde

Plusieurs entités suivent l'évolution de la situation du passage à l'IPv6 au jour le jour, avec des perspectives différentes. Nous avons estimé intéressant d'en reprendre plusieurs et de montrer également quelques comparaisons de la situation belge avec des pays importants pour la Belgique selon le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie. Ces comparaisons internationales sont basées sur des méthodologies variables et parfois complémentaires. Le choix que nous avons effectué s'est fait après concertation avec les professionnels du secteur et montre des tendances similaires. Nous avons donc, à la demande du SPF, privilégié un regard sur les pays suivants en fonction des informations disponibles.

- Pays-Bas
- Luxembourg
- France
- Allemagne
- Etats-Unis

5.1. Situation en fonction des Local Internet Registry (LIR) proposée par le RIPE

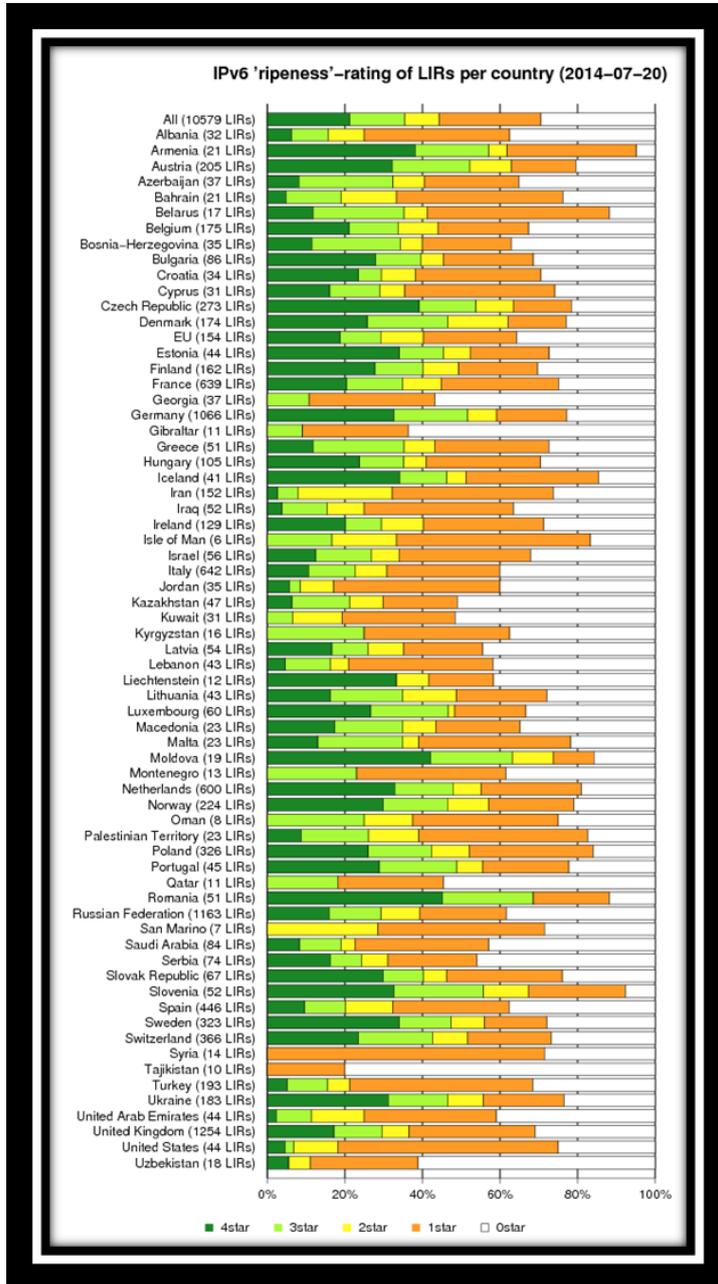
Le réseau IP européen (RIPE NCC) est une structure informelle non commerciale qui joue le rôle de Regional Internet Registry (RIR) dans sa région, principalement l'Europe, le Moyen-Orient et une partie de l'Asie. Il se focalise notamment sur les LIR et sur leurs capacités à passer en IPv6. Il a divisé les LIR en 5 catégories allant de zéro à 4 étoiles en se basant sur les critères³⁴ techniques suivants :

- Ils disposent d'une allocation d'adresses IPv6
- Ils ont une visibilité dans le Routing Information Service (RIS)
- Ils disposent d'une Route 6 dans la base de données de RIPE
- Ils ont une délégation de reverse DNS en place

La figure 13 montre pour chaque pays dans la zone étudiée par le RIPE, l'état d'avancement des LIR. Il est intéressant de noter que dans ce classement la Belgique se situe au niveau de la moyenne totale.

³⁴ Pour plus d'infos sur ces critères techniques, voir <http://ripeness.ripe.net>

Figure 13. IPv6 Ripeness by country³⁵⁻³⁶



Source : Edge Consulting.

24

35

[http://chart.apis.google.com/chart?cht=p&chs=360x150&chco=CCCCCC,FFAE19,FFFE19,ADFF2F,228B22&chds=0,10000&chtt=%20All%20\(10579%20LIRs\)&chd=t:29.4167690708006,26.2501181586161,8.89498062198695,14.1884866244447,21.2496455241516&chl=no%20IPv6:%203112%20\(29%20\)|1%20star:%202777%20\(26%20\)|2%20stars:%20941%20\(8%20\)|3%20stars:%201501%20\(14%20\)|4%20stars:%202248%20\(21%20\)](http://chart.apis.google.com/chart?cht=p&chs=360x150&chco=CCCCCC,FFAE19,FFFE19,ADFF2F,228B22&chds=0,10000&chtt=%20All%20(10579%20LIRs)&chd=t:29.4167690708006,26.2501181586161,8.89498062198695,14.1884866244447,21.2496455241516&chl=no%20IPv6:%203112%20(29%20)|1%20star:%202777%20(26%20)|2%20stars:%20941%20(8%20)|3%20stars:%201501%20(14%20)|4%20stars:%202248%20(21%20))

36

[http://chart.apis.google.com/chart?cht=p&chs=360x150&chco=CCCCCC,FFAE19,FFFE19,ADFF2F,228B22&chds=0,10000&chtt=Belgium%20\(175%20LIRs\)&chd=t:32.5714285714286,23.4285714285714,10.2857142857143,12.5714285714286,21.1428571428571&chl=no%20IPv6:%2057%20\(32%20\)|1%20star:%2041%20\(23%20\)|2%20stars:%2018%20\(10%20\)|3%20stars:%2022%20\(12%20\)|4%20stars:%2037%20\(21%20\)](http://chart.apis.google.com/chart?cht=p&chs=360x150&chco=CCCCCC,FFAE19,FFFE19,ADFF2F,228B22&chds=0,10000&chtt=Belgium%20(175%20LIRs)&chd=t:32.5714285714286,23.4285714285714,10.2857142857143,12.5714285714286,21.1428571428571&chl=no%20IPv6:%2057%20(32%20)|1%20star:%2041%20(23%20)|2%20stars:%2018%20(10%20)|3%20stars:%2022%20(12%20)|4%20stars:%2037%20(21%20))

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

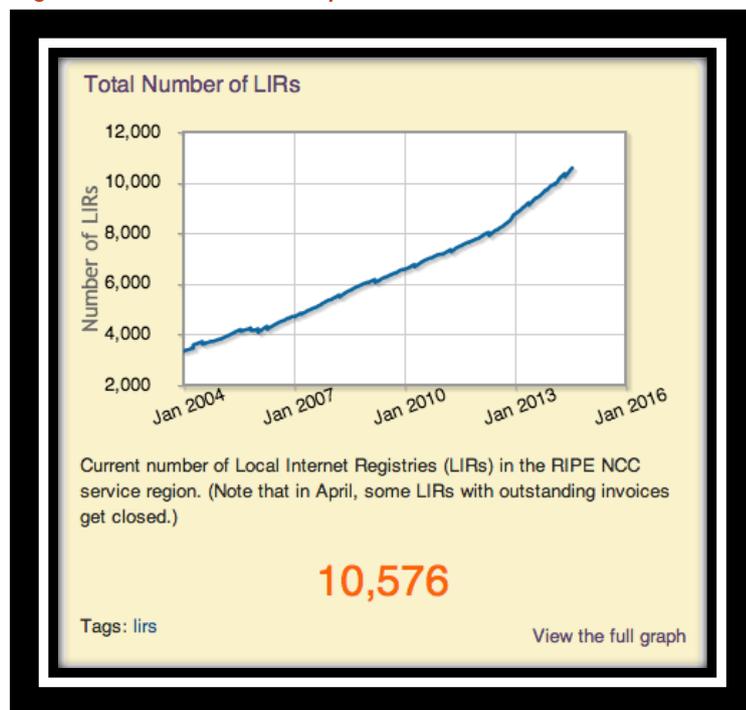
Figure 14. Situation nationale des LIR³⁷



Source : Edge consulting.

Le nombre de LIR dépendant du RIPE est en augmentation constante et s'élève à plus de 10.500 en juillet 2014.

Figure 15. Nombre de LIR pour le RIPE³⁸



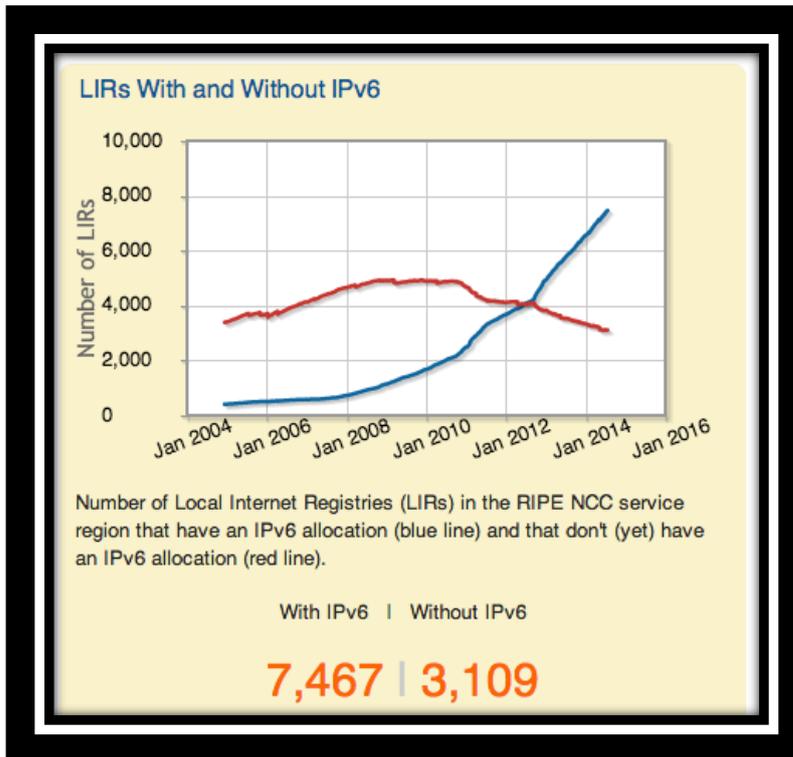
Source : Edge Consulting.

Il est intéressant de noter la répartition des LIR, entre ceux qui ont déjà obtenu des allocations d'adresses IPv6 et ceux qui n'en ont pas encore.

³⁷ <http://ripeness.ripe.net/> (page consultée le 21 juillet 2014).

³⁸ <https://labs.ripe.net/statistics> (page consultée le 21 juillet 2014).

Figure 16. Nombre de LIR avec et sans IPv6



26

Source : Edge Consulting.

Le RIPE diffuse la liste des LIR qui ont 4 étoiles et qui fournissent leurs services en Belgique. Notons que pas mal d'entre eux sont enregistrés en dehors de la Belgique. Cette liste est disponible en ligne³⁹ et est réactualisée chaque jour.

Comparons maintenant la Belgique à d'autres pays avec lesquels elle entretient des relations économiques importantes. Si l'on compare la France à la Belgique, nous sommes plus ou moins au même niveau en terme d'avancée de nos LIR.

Figure 17. IPv6 Ripeness tableaux nationaux Belgique vs France⁴⁰



Source : Edge Consulting.

³⁹ <http://ripeness.ripe.net/4star/BE.html> (page consultée le 21 juillet 2014).

⁴⁰ <http://ipv6ripeness.ripe.net/pies.html> (page consultée le 29 août 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

En comparant la Belgique à l'Allemagne, la figure 19 montre une situation plus favorable que celle de la Belgique au niveau des LIR quatre et trois étoiles.

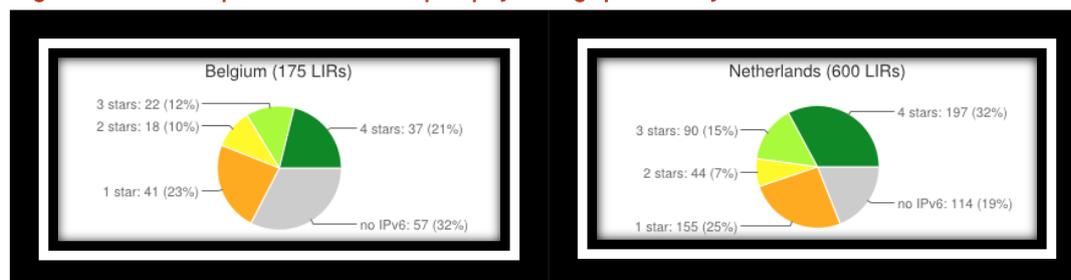
Figure 18. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Allemagne⁴¹



Source : Edge Consulting.

Les Pays-Bas affichent une situation nettement meilleure par rapport à Belgique dans chacune des catégories étoilées.

Figure 19. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Pays-Bas⁴²



27

Source : Edge Consulting.

Dans la comparaison avec le Luxembourg, la situation est contrastée la Belgique est en moins bonne position au niveau des 4 étoiles et des 3 étoiles, en meilleure position en ce qui concerne les deux et une étoiles, et au même niveau pour la catégorie la plus basse.

Figure 20. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Luxembourg⁴³



Source : Edge Consulting.

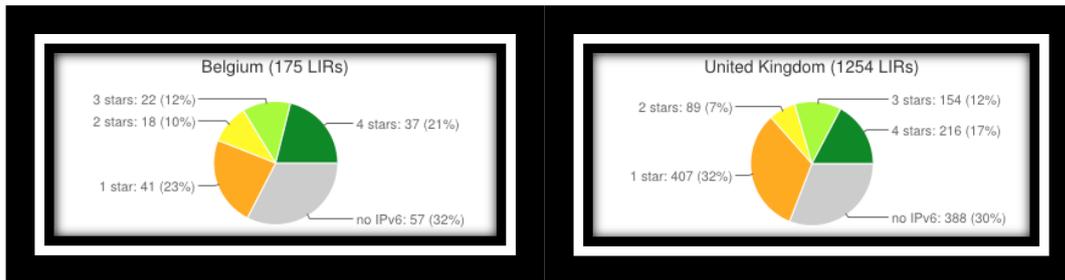
La comparaison avec le Royaume-Uni nous met à peu près au même niveau.

⁴¹ Idem note 40

⁴² Idem note 40

⁴³ Idem note 40

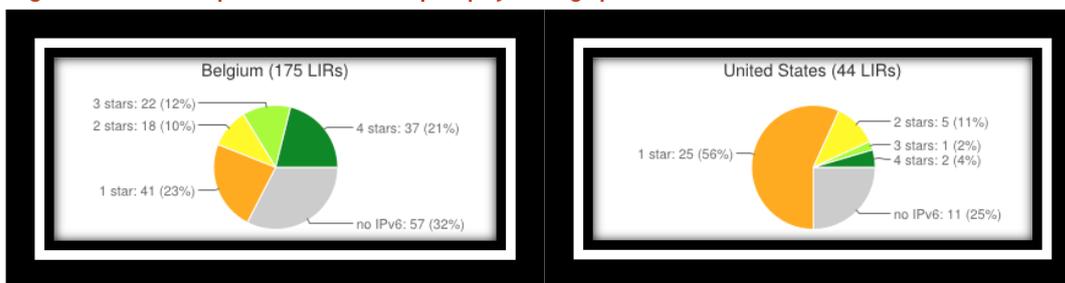
Figure 21. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Royaume-Uni⁴⁴



Source : Edge Consulting.

Enfin, la comparaison avec les US montre assez étonnamment une nettement meilleure image pour la Belgique.

Figure 22. IPv6 Ripeness tableaux par pays Belgique vs Etats-Unis⁴⁵



Source : Edge Consulting.

Ces différentes comparaisons internationales montrent que la Belgique a encore des efforts à faire pour le passage à l'IPv6.

⁴⁴ Idem note 40.

⁴⁵ Idem note 40.

5.2. L'attribution d'une cinquième étoile par le RIPE en fonction du déploiement de l'IPv6

Le RIPE a également mis en place une analyse du déploiement réel de l'IPv6 en attribuant à certains LIR une 5^e étoile en appliquant une méthodologie⁴⁶ basée sur :

- le contenu⁴⁷ ;
- l'accès des end-users durant les derniers 6 mois⁴⁸ ;
- l'accès des end-users durant le dernier mois⁴⁹ ;

Pour cette analyse du déploiement réel, des comparaisons entre les pays sont plus complexes à établir, car elles sont basées sur des analyses individuelles de LIR. Une liste⁵⁰ est proposée faisant état de la situation pour chaque pays.

La situation belge selon l'analyse de RIPE est reprise ci-dessous. On ne peut cependant pas tirer de conclusions précises d'une situation instantanée, et il sera utile de suivre l'évolution de la situation des LIR belges. De plus il s'agit d'un indicateur parmi d'autres, raison pour laquelle il est utile de suivre plusieurs analyses de l'évolution de la situation.

⁴⁶ La méthodologie est décrite sur <https://labs.ripe.net/Members/emileaben/ipv6-ripeness-more-stars>

⁴⁷ <https://labs.ripe.net/Members/emileaben/ipv6-ripeness-implementing-the-5th-star> For this category, we look at all the websites an LIR has listed on the Alexa 1 Million list and check how many of them are available over IPv6. We then apply a weight (1/ the rank on the Alexa list) to all the sites operated by the LIR, so that if an LIR has many sites in the Alexa 1M list, the higher ranking sites count more in the overall deployment metric. This weighting is meant to place focus on deploying IPv6 at high-traffic sites, as it could be perceived as unfair to treat high-traffic sites the same as much lower-traffic sites hosted by the same LIR. Exact details and the rationale behind the weighting are described in the earlier RIPE Labs article. Those LIRs that have a percentage listed under "Content" provide some of their websites on IPv6. The percentage is calculated based on the weighting described above.

⁴⁸ For this category, we cooperate with APNIC on measuring the IPv6 capability of end users. To perform these measurements, Flash-based advertisements are placed on the Google advertising network. When an end user connects to a page that contains such an ad, the measurement script determines if the end user is capable of connecting over IPv6. From this data we infer the percentage of end users in the LIR's address space who are using IPv6. This measurement samples a small subset of all of the end users on the Internet every month. If at least 2% of an LIR's customers are IPv6-capable, the LIR is included in the list. For larger LIRs, we typically have enough data to obtain a decent estimate of actual deployment among its end users. For smaller LIRs, where we may get few or no measurements, the results are likely to be skewed. In these cases, looking at the data collected over the last six months, which include more samples, is more likely to give an accurate view than looking just at the last month's data.

⁴⁹ The last month's data will better capture the current state of IPv6 deployment for LIRs for which we have enough measurement data.

⁵⁰ <http://ipv6ripeness.ripe.net/5star/>.

Figure 23. La situation belge selon l'analyse de RIPE

Access (last 6 months)	Access (last month)	Content	LIR	
4,4 %	6,3 %	15,3 %	BELNET	
		100,0 %	DNS-Belgium	
		5,9 %	EDPNET	
		100,0 %	EURid vzw	
		4,6 %	FirstServed N.V./S.A.	
7,4 %			HostIt NV	
17,4 %	88,9 %		Infrabel NV van publiek recht	
100,0 %	100,0 %	100,0 %	Katholieke Universiteit Leuven⁵¹	
		87,2 %	Keytrade Bank S.A./N.V.	
		23,4 %	Maehdros SPRL	
50,0 %	100,0 %		Nucleus bvba	
100,0 %			Openminds bvba	
68,1 %	100,0 %		SmalS-MvM	
		4,4 %	Stone Internet Services bvba	
24,7 %	49,3 %	17,3 %	Telenet N.V.	
100,0 %			Tigron BVBA	
		100,0 %	nexperteam cvba	
		15,5 %	Akamai International B.V.	<Registry based in EU>
50,0 %	100,0 %		BeeVPN ApS	<Registry based in EU>
		50,6 %	Cogent Communications Group, Inc.	<Registry based in EU>
		95,6 %	Copernica BV	<Registry based in NL>
7,4 %		45,2 %	Falco Networks B.V.	<Registry based in NL>

⁵¹ L'exemple de la KUL est révélateur. En effet, elle apparaît ici avec un taux de 100 %, alors qu'elle n'a pas la même position dans d'autres analyses, ce qui démontre bien une fois de plus la prudence à tirer des conclusions d'une seule analyse et la nécessité de comparer des analyses complémentaires.

Access (last 6 months)	Access (last month)	Content	LIR	
15,6 %	18,8 %		Init Seven AG	<Registry based in CH>
		18,8 %	JSR IT B.V.	<Registry based in NL>
23,4 %	9,5 %		Jaguar Network SAS	<Registry based in FR>
9,2 %	45,2 %	6,9 %	Linode, LLC	<Registry based in EU>
9,4 %	43,8 %		M247 Ltd	<Registry based in UK>
		6,9 %	Mart Jaco van Santen trading as Greenhost VOF	<Registry based in NL>
		37,1 %	Networking4all B.V.	<Registry based in NL>
4,7 %	7,7 %		OPTICNET - SERV S.R.L.	<Registry based in RO>
		6,2 %	Probe Networks	<Registry based in DE>
		100,0 %	SwiftServe Ltd.	<Registry based in UK>
24,7 %	36,4 %		TeliaSonera AB	<Registry based in EU>
	14,3 %		Tinet Spa	<Registry based in EU>
		33,9 %	TripartZ B.V.	<Registry based in NL>
14,6 %		19,1 %	green.ch AG	<Registry based in CH>
		27,2 %	mijndomein.nl BV	<Registry based in NL>

Source : Edge Consulting.

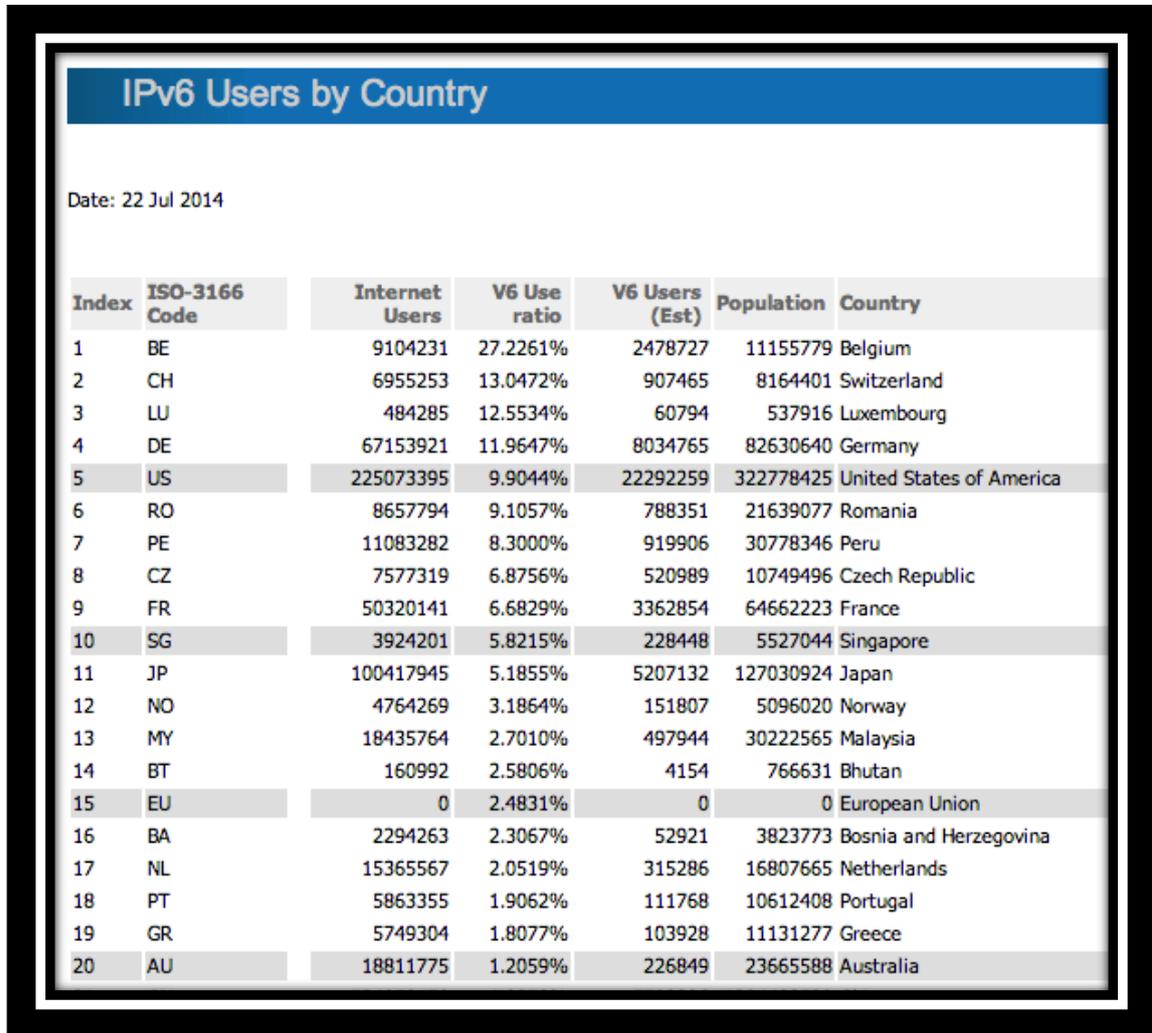
5.3. Analyse de l'implémentation de l'IPv6 par l'APNIC

L'APNIC est l'équivalent asiatique du RIPE. Comme son confrère, l'APNIC établit un certain nombre de statistiques concernant le passage à l'IPv6. Sa méthode est basée sur un Google AdWords qui permet de vérifier, via un code flash, si le site est en IPv6 ou en IPv4. Selon certains experts que nous avons contactés, il existe un léger bémol, car un tel code flash ne fonctionne pas sur les Ipad et Iphones. Néanmoins les statistiques de l'APNIC sont considérées dans la communauté IPv6 comme pertinentes, et certainement pour ce qui concerne les comparaisons internationales basées sur les mêmes méthodes.

Le classement mondial repris à la figure 24 montre que la Belgique est aujourd'hui en tête. Restons cependant prudents, car le taux d'utilisateurs belges équipés en IPv6 n'est que de moins d'un tiers. Mais il est intéressant de constater que si la Belgique montre au 22 juillet 2014 un taux de 27,2 % d'utilisateurs en IPv6, le pays classé deuxième, la Suisse, montre un taux de moins de la moitié du pourcentage belge, soit 13 %. Les Etats-Unis sont cinquièmes avec un taux inférieur à 10 % et à partir du 12^e, nous passons à moins de 5 % ! Nous consta-

tons, pour les pays frontaliers que le Grand-Duché du Luxembourg est 3^e avec 12,5 %, l'Allemagne 4^e avec 11,9 % et la France 9^e avec 6,7 %.

Figure 24. Classement des utilisateurs IPv6 selon APNIC⁵²



Index	ISO-3166 Code	Internet Users	V6 Use ratio	V6 Users (Est)	Population	Country
1	BE	9104231	27.2261%	2478727	11155779	Belgium
2	CH	6955253	13.0472%	907465	8164401	Switzerland
3	LU	484285	12.5534%	60794	537916	Luxembourg
4	DE	67153921	11.9647%	8034765	82630640	Germany
5	US	225073395	9.9044%	22292259	322778425	United States of America
6	RO	8657794	9.1057%	788351	21639077	Romania
7	PE	11083282	8.3000%	919906	30778346	Peru
8	CZ	7577319	6.8756%	520989	10749496	Czech Republic
9	FR	50320141	6.6829%	3362854	64662223	France
10	SG	3924201	5.8215%	228448	5527044	Singapore
11	JP	100417945	5.1855%	5207132	127030924	Japan
12	NO	4764269	3.1864%	151807	5096020	Norway
13	MY	18435764	2.7010%	497944	30222565	Malaysia
14	BT	160992	2.5806%	4154	766631	Bhutan
15	EU	0	2.4831%	0	0	European Union
16	BA	2294263	2.3067%	52921	3823773	Bosnia and Herzegovina
17	NL	15365567	2.0519%	315286	16807665	Netherlands
18	PT	5863355	1.9062%	111768	10612408	Portugal
19	GR	5749304	1.8077%	103928	11131277	Greece
20	AU	18811775	1.2059%	226849	23665588	Australia

Source : Edge Consulting.

Un autre classement intéressant réalisé par l'APNIC montre le niveau d'allocation des ressources IPv6 en pourcentage du total des ressources allouées qui, rappelons-le, sont encore assez faibles. Les résultats sont ici assez différents, ce qui est logique à partir du moment où ce classement est influencé par la taille du pays et donc de son nombre d'utilisateurs. Dans le classement repris à la figure 26, les US arrivent en tête avec 11,2 % de l'espace alloué, suivis de loin par le Canada avec 5,8 %. L'Allemagne est 3^e avec 4,34 %, la France suit avec 3,34 %, les Pays-Bas sont 15^e avec 0,72 %, la Belgique est 22^e avec 0,2 %, et le Luxembourg est 61^e avec 0,02 %.

⁵² Classement en ligne du 22 juillet 2014 <http://labs.apnic.net/dists/v6dcc.html>.

Figure 25. IPv6 resources allocation⁵³

Resource allocations by Country Code						
Index	ISO-3166 Code	Total /64s Allocated	Allocated as Prefix	% of IPv6 space	% of allocated space	/64s per user
1	US	137795269623808	/17.03	0.000747%	11.23%	612223
2	CN	71713070645248	/17.97	0.000389%	5.85%	134279
3	DE	53231841312768	/18.40	0.000289%	4.34%	792684
4	FR	40943928213504	/18.78	0.000222%	3.34%	813668
5	JP	40222915100673	/18.81	0.000218%	3.28%	400555
6	AU	37310432608256	/18.92	0.000202%	3.04%	1983355
7	EU	27054000373760	/19.38	0.000147%	2.21%	0
8	IT	23828479082496	/19.56	0.000129%	1.94%	716745
9	KR	22531398762497	/19.64	0.000122%	1.84%	543026
10	AR	18734712881152	/19.91	0.000102%	1.53%	878326
11	EG	17630840815616	/20.00	0.000096%	1.44%	530330
12	GB	14791875297280	/20.25	0.000080%	1.21%	272776
13	PL	12171943936000	/20.53	0.000066%	0.99%	514056
14	TW	10101763342336	/20.80	0.000055%	0.82%	599856
15	NL	8864828293120	/20.99	0.000048%	0.72%	576928
16	BR	7829743271936	/21.17	0.000042%	0.64%	84771
17	RU	6919201095680	/21.35	0.000038%	0.56%	99084
18	ES	5141076967424	/21.77	0.000028%	0.42%	161321
19	CH	3908426072064	/22.17	0.000021%	0.32%	561938
20	SE	3603492503552	/22.29	0.000020%	0.29%	403063

Source : Edge Consulting.

⁵³ <http://labs.apnic.net/dists/v6.html> (page consultée le 22 juillet 2014).

5.4. Statistiques selon Google

Une statistique permanente est établie par Google en fonction des connexions des utilisateurs à ses serveurs et donc du fait qu'ils soient ou non munis d'une adresse IPv6. Un des désavantage de cette méthode est que, même si la majorité des internautes utilisent Google, il n'en est pas moins vrai que les utilisateurs de Google ne constituent pas 100 % des utilisateurs dans le monde. Néanmoins les professionnels interrogés considèrent que les chiffres proposés donnent des tendances fiables.

Au 19.07.2014, selon Google, 4,12 % des utilisateurs en moyenne utilisaient des adresses IPv6.

Figure 26. Statistique mondiale des utilisateurs de Google en IPv6⁵⁴



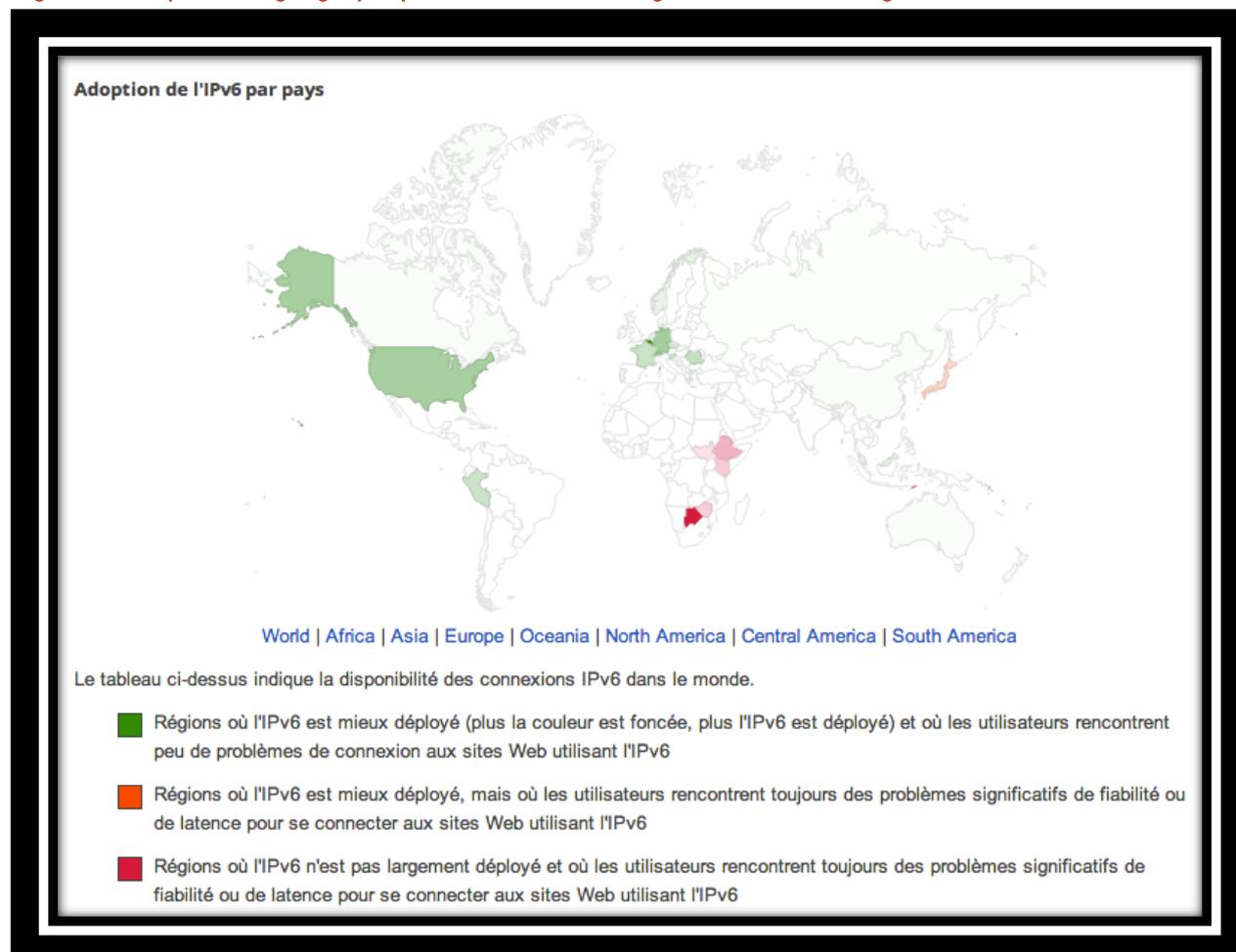
Source : Edge Consulting.

⁵⁴ <http://www.google.fr/ipv6/statistics.html> (page consultée le 18 mars 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Cette étude donne également un classement par pays.

Figure 27. Répartition géographique mondiale de l'usage d'IPv6 selon Google⁵⁵



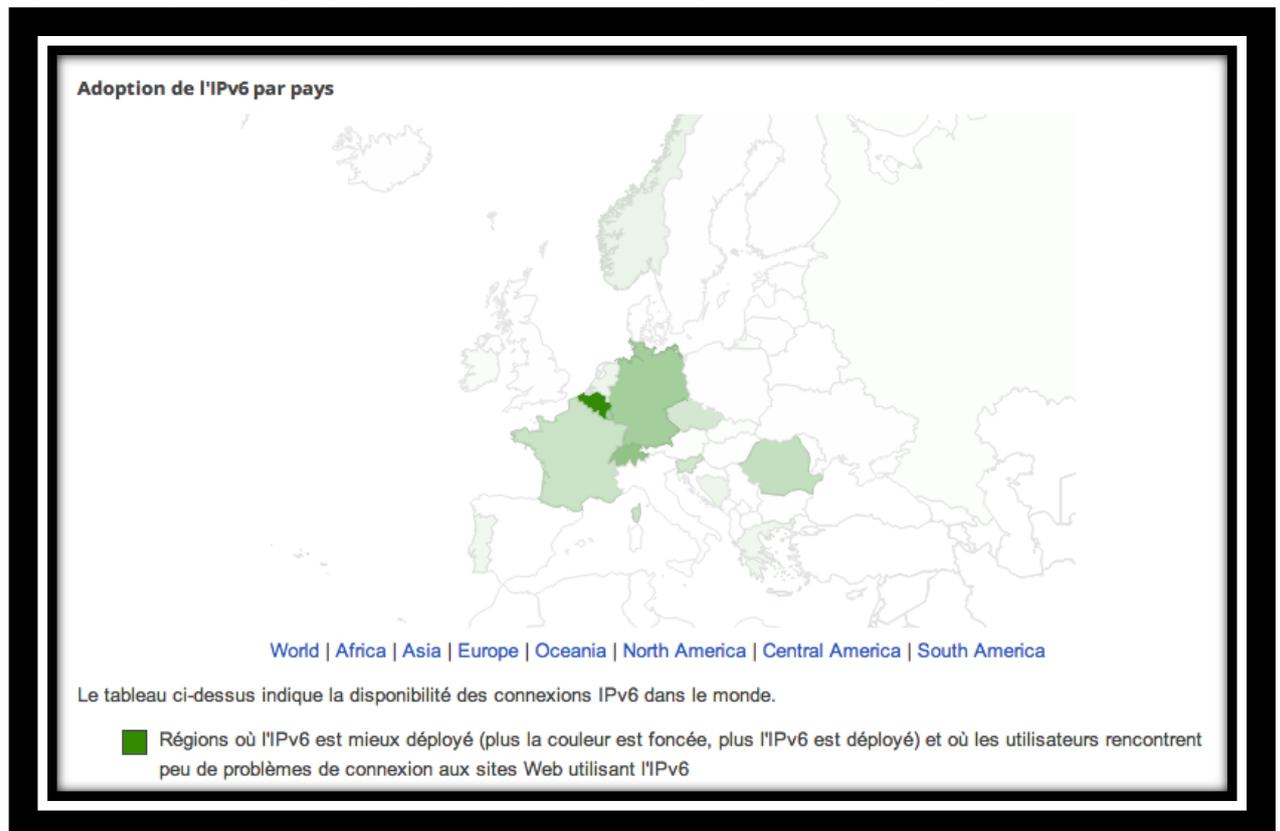
35

Source : Edge Consulting.

La situation européenne montre clairement la position de pointe de la Belgique. Selon Google, la Belgique présente un taux d'utilisateurs se connectant avec une adresse IPv6 de 20,52 %, ce qui la place aussi en tête du classement mondial, alors que les pays voisins obtiennent des résultats inférieurs : Allemagne 8,73 %, Grand-Duché du Luxembourg 8,14 %, France 5,09 %, Pays-Bas 1,65 %. Selon le classement de Google, les États-Unis ont un taux de 8,49 %.

⁵⁵ <http://www.google.fr/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption> (page consultée le 23 août 2014).

Figure 28. Répartition géographique européenne de l'usage d'IPv6 selon Google⁵⁶



36

Source : Edge Consulting.

5.5. Autres études

L'OCDE a publié, en novembre 2012, deux études concernant le déploiement de l'IPv6⁵⁷. La Belgique figurait déjà parmi les bons élèves en ce qui concerne le déploiement de l'IPv6 dans les réseaux internes (ASN), avec 31 % des réseaux compatibles en 2012⁵⁸. Elle figurait également un peu au-delà de la moyenne de l'OCDE en ce qui concerne le contenu en ligne en IPv6, avec 48 % de contenu compatible⁵⁹.

Une étude réalisée en mars 2014 au niveau mondial⁶⁰, a consisté à interroger 51 des opérateurs importants de câble et de téléphonie. Elle a permis de constater que les ¾ avaient au

⁵⁶ <http://www.google.fr/ipv6/statistics/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption> (page consultée le 23 août 2014).

⁵⁷ OESO, "Chapter 5 : Communications outlook 2013. Internet Infrastructure", Working Party on Communication Infrastructures and Services Policy, DSTI/ICCP/CISP(2012)9/CHAP5, 21 november 2012; OESO, "The Internet in Transition : The State of Transition to IPv6 in today's Internet", Working Party on Communication Infrastructures and Services Policy, DSTI/ICCP/CISP(2012)8, 23 november 2012.

⁵⁸ Ce chiffre est de 44 % pour NL et de 41 % pour LU. OESO, *op.cit.*, 21 november 2012, p.14.

⁵⁹ Ce chiffre est de 47 % pour NL et de 54 % pour LU. OESO, *op.cit.*, 21 november 2012, p.15.

⁶⁰ <http://www.multichannel.com/news/technology/ipv6-transition-slow-growing-study/374009> (page consultée le 22 avril 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

mois commencé une phase de transition, mais que seuls 14 % se considéraient comme prêts, et 10 % n'avaient même pas encore commencé leurs préparatifs. Les deux défis principaux avancés étaient le coût des nouveaux équipements et l'éducation des utilisateurs finaux.

Un classement réalisé récemment par World IPv6 Launch⁶¹ positionne les opérateurs en fonction de leur déploiement de l'IPv6. Nous constatons que parmi les 25 premiers apparaît un seul acteur belge : VOO (24^e avec plus de 50 % de déploiement IPv6). Telenet montre un taux de 32,5 % en progression depuis mars 2014 où il était à moins de 15 %, et Belgacom affiche un taux de 11,3 %.

5.6. Imposer l'IPv6 dans les appels d'offre publics

Les actualités récentes montrent que même les décisions d'achat de nouveau matériel informatique ne prennent pas encore suffisamment en compte la compatibilité avec l'IPv6, comme, par exemple, le ministère des finances des Etats-Unis⁶² ou les universités au Vietnam⁶³. Ce n'est d'ailleurs que tout récemment que la Belgique a publié ce qui n'est encore qu'une « recommandation⁶⁴ à reprendre des spécifications techniques en matière de compatibilité IPv6 dans les cahiers des charges ».

⁶¹ <http://www.worldipv6launch.org/measurements/> (page consultée le 23 juillet 2014).

⁶² <http://www.fiercegovernmentit.com/story/report-irs-procurement-resisted-ipv6-mandate/2014-03-27> (page consultée le 22 avril 2014).

⁶³ <http://www.telecompaper.com/news/ict-ministry-urges-ipv6-implementation--1004723> (page consultée le 22 avril 2014).

⁶⁴

http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/article_body.pl?numac=2014002047&caller=list&article_lang=F&language=fr&pub_date=2014-07-17 (page consultée le 22 juillet 2014).

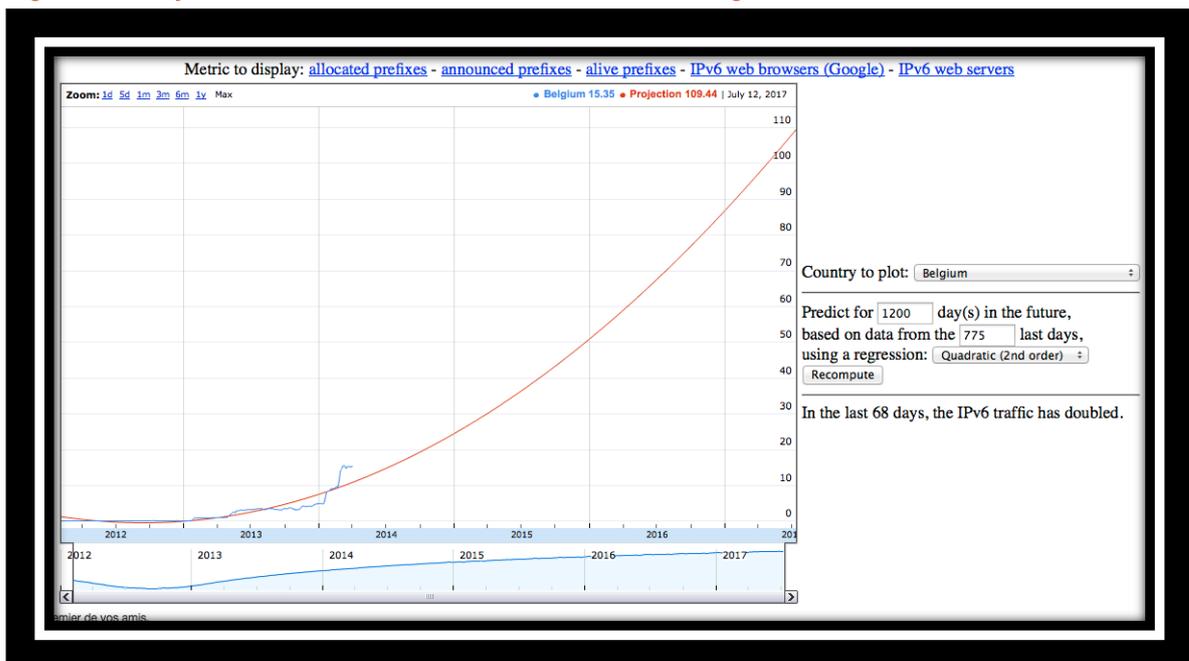
6. Situation en Belgique

Disclaimer : lors de nos entretiens et des rapports qui ont été consultés, des informations confidentielles nous ont été fournies. A la demande de nos interlocuteurs, nous ne pouvons donc qu'en reprendre le contenu de façon globale.

L'adoption de l'IPv6 en Belgique se situe plutôt bien par rapport à la moyenne mondiale comme le montrent les statistiques et les études que nous avons passées en revue précédemment.

Un tableau prospectif réalisé par Monsieur Eric Vincke qui préside l'IPv6 Council, envisage même que l'IPv6 soit complètement déployé en Belgique pour fin 2016, mais le calcul statistique est influencé par un doublement récent du trafic en IPv6, dû vraisemblablement au passage de Telenet en IPv6.

Figure 29. Projection of % IPv6 enabled web browsers in Belgium⁶⁵



Source : Google.

D'autres acteurs considèrent, avec raison semble-t-il, que tant que quelques utilisateurs seront encore en IPv4 certains services, notamment publics, devront encore leur fournir de l'accès à leur contenu en IPv4 et donc que l'abandon de l'IPv4 n'est pas pour demain.

Il viendra cependant un moment où les fournisseurs d'équipements estimeront pouvoir arrêter le support de l'IPv4 et ne s'encombreront plus du support de ce protocole vieillissant dans leurs nouvelles versions de firewalls ou de routeurs.

⁶⁵ <http://www.vyncke.org/ipv6status/project.php> (page consultée le 30 mars 2014).

Durant l'étude, de nombreux acteurs concernés par le passage en IPv6 ont été contactés tant dans le secteur public que privé afin de pouvoir faire le point sur la situation existante.

Nous avons également utilisé le site réalisé par Eric Vyncke, président de l'IPv6 Council. Le site propose en ligne un suivi permanent⁶⁶ au niveau mondial du passage à l'IPv6. De nombreuses informations pertinentes sont disponibles en ce qui concerne la situation belge. Vu la taille des fichiers, le nombre de sites concernés, et les différentes statistiques produites, une capture des écrans rend les graphiques illisibles une fois recopiés sur un support papier. Nous indiquerons dès lors à chaque fois le lien vers la page concernée, ce qui permettra au lecteur de trouver l'information détaillée et de plus dans sa version la plus actualisée. La visualisation en couleur pour chaque site concerné (vert conforme, orange partiellement conforme et rouge non conforme) permet d'avoir une idée d'ensemble de la situation. Une analyse par site permettra au lecteur, en fonction de ses objectifs d'affiner ses recherches. L'analyse sur le site est basée sur la liste Alexa⁶⁷ qui reprend les top 500 des sites par pays⁶⁸. Le test se fait en demandant chaque jour l'adresse IPv6 du site afin de vérifier l'évolution en temps réel.

Nous utiliserons donc pour les analyses par secteur les interviews que nous avons réalisées, et le tableau du site d'Eric Vyncke pour fonder notre jugement sur la situation en Belgique.

6.1. Secteur public

39

En analysant le tableau consacré au secteur public⁶⁹, une seule organisation apparaît comme complètement opérationnelle au niveau IPv6 : l'Agence Wallonne des Télécommunications. Sur les 26 hébergeurs étudiés, les tests sont négatifs pour 50 % en WEB, 92 % en mail et 58 % en DNS.

Plusieurs représentants d'acteurs du secteur public ont été consultés, ce qui nous a permis de passer en revue certains états d'avancement de la transition. Il est clair, en fonction des avis de nos interlocuteurs, que le plan national prévu en 2012 n'a pas été réalisé, tant par manque de moyens financiers que par manque de priorisation de ce passage à l'IPv6. Le secteur public ne peut pas vraiment se considérer en Belgique comme un modèle à suivre pour ce qui est du passage à l'IPv6. Il est néanmoins vrai que le caractère de service public imposera de conserver cette technologie pour les utilisateurs étant encore en IPv4, mais la question pourra se poser de la définition d'une date butoir pour un passage complet.

A titre d'exemple, la SMALS constate que seulement un tiers de son trafic est en IPv6. En effet, une grande partie des SPF ne sont pas encore passés en dual-stack, ni même la Banque-Carrefour des Entreprises. Fedict constate que la mise en œuvre du plan national est en retard et qu'au niveau même des infrastructures de Fedict, un retard doit être constaté. Nous n'avons pas voulu faire un inventaire exhaustif de tous les projets des institutions publiques

⁶⁶ <https://www.vyncke.org/ipv6status/index.php> (page consultée la dernière fois le 23 juillet 2014).

⁶⁷ <http://www.alexa.com/topsites> (page consultée le 23 juillet 2014).

⁶⁸ <http://www.alexa.com/topsites/countries/BE> pour le top 500 belge (page consultée le 23 juillet 2014).

⁶⁹ <https://www.vyncke.org/ipv6status/detailed.php?country=be&type=Gov> (page consultée le 23 juillet 2014).

car ces projets ont des niveaux d'avancement extrêmement différents, et sont parfois inexistantes. Ces projets sont suivis au sein du groupe de travail IPv6 qui a été chargé de la coordination des mesures d'introduction de l'IPv6 en Belgique. Le but de ce rapport étant de faire un état des lieux de la situation belge, il nous est apparu que le secteur public n'est clairement pas le bon élève de la classe. De plus le tableau proposé par E. Vyncke pourra montrer aux lecteurs souhaitant une analyse plus fine l'état d'avancement des différents acteurs publics.

Néanmoins, plusieurs institutions publiques ont des projets en cours : la Régie des Bâtiments (tests en cours pour accès externes à certains services), la Cour des comptes (site prêt pour IPv6), le SPF Economie (lancement d'un nouveau plan national) mais certains de nos interlocuteurs considèrent que le degré d'urgence ou d'importance n'est pas suffisant pour que le pouvoir politique fixe ce passage comme une priorité. Or un retard dans la conversion à l'IPv6 pourrait constituer une perte de compétitivité pour la Belgique, pays fortement orienté vers l'extérieur.

Selon les personnes interrogées, l'obstacle majeur serait le manque de connaissance et d'information, notamment en ce qui concerne les budgets nécessaires. Or, pour ce qui est des sites web, il n'y a pas tellement de changements à mettre en place et le budget lui aussi n'est pas particulièrement élevé (surtout un coût de ressources humaines).

40

Notons comme indiqué ci-dessus, qu'une recommandation a été publiée concernant la question du passage à l'IPv6 pour les appels d'offres publics, ce qui pourrait participer à la conscientisation des acteurs concernés.

En conséquence, il apparaît clairement que l'initiative du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie de relancer un nouveau plan national est totalement appropriée et nous y reviendrons dans les recommandations à la fin du rapport.

6.2. Secteur de l'enseignement

Les avancées sur la transition de l'IPv4 vers l'IPv6 ne sont pas uniformes dans toutes les universités et hautes écoles. La majorité d'entre elles se rendent compte de l'importance et de la nécessité de cette transition, mais n'y perçoivent pas un caractère d'urgence, pour d'autres « la question n'est même pas à l'ordre du jour ». Or, il est intéressant de constater le pourcentage important d'universités étrangères se retrouvant dans le classement du WorldIPv6launch⁷⁰.

Selon le tableau du secteur belge des universités⁷¹ et du secteur de l'éducation, seules deux institutions réussissent les tests de passage à l'IPv6 : UHasselt et l'école Sainte Marie de Ans. Les résultats aux tests de connexion IPv6 sont encore négatifs pour 66 % en web, 81 % en e-mail et seulement 38 % en DNS. On peut donc en conclure, ce qui est confirmé par nos entretiens, que les premières actions d'IPv6-enabling ont été prises chez certaines d'entre elles, tant pour leurs services internes, que pour les accès vers l'internet et l'accès vers

⁷⁰ <http://www.worldipv6launch.org/measurements/> (page consultée le 23 juillet 2014).

⁷¹ <https://www.vyncke.org/ipv6status/detailed.php?country=be&type=Edu> (page consultée le 12 juillet 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

leurs sites web. Un des problèmes les plus importants auxquels les universités seront confrontées, est la présence d'équipements anciens (legacy) : leur infrastructure est dans certains cas moins récente, et pas toujours compatible IPv6. Ceci est typiquement le cas pour les équipements qui se situent dans les laboratoires.

Les universités actives dans le déploiement du nouveau protocole IPv6, le proposent en parallèle au protocole IPv4, et l'implémentation de nouveaux services n'a lieu que lorsque des besoins précis la justifient. Une attention particulière est portée sur la compatibilité IPv6 lors de l'achat de nouveaux équipements.

6.3. Secteur privé

6.3.1. Banques

Le secteur bancaire, tel qu'il apparaît dans le tableau du secteur⁷² montre une image assez négative. En effet aucune banque analysée ne réussit le test de compatibilité IPv6 en web ni en e-mail et seulement un quart d'entre elles réussit le test du DNS.

Etrangement les banques affichent un retard dans le déploiement de l'IPv6 alors que les aspects de sécurité devraient les sensibiliser et les pousser à aller de l'avant. De plus, une banque qui bloquerait une adresse IP qui serait partagée grâce au CGN risquerait de rendre ses services inaccessibles pour les autres clients partageant cette adresse à travers du CGN.

A l'inverse, il est vrai que vu le caractère critique des applications bancaires en ligne, les tests end-to-end à réaliser lors de l'implémentation de l'adressage IPv6 sont importants pour s'assurer d'une parfaite compatibilité entre tous les équipements mis en œuvre.

6.3.2. E-commerce

Le secteur de l'e-commerce se doit d'être ouvert à tous les modes de connexion de leurs clients. Or, le tableau du secteur⁷³ montre un seul acteur de l'échantillon, Maes Electronics, qui soit passé à l'IPv6. Les grands acteurs du secteur que sont Immoweb, Vlan, Autoscoot24, brail.be ne sont pas encore complètement passés à l'IPv6.

6.3.3. Média

A quelques exceptions notoires près comme la Gazet van Antwerpen ou la RTBF (dont le site est hébergé en Suisse), si l'on suit les tableaux réalisés par E. Vyncke, les grands fournisseurs de contenu que sont les groupes médias belges ne sont pas encore très avancés dans leur évolution vers l'IPv6. Un seul acteur du secteur réussit les tests : PCWereld. Pour le

⁷² <https://www.vyncke.org/ipv6status/detailed.php?country=be&type=Bank> (page consultée le 23 juillet 2014).

⁷³ <https://www.vyncke.org/ipv6status/detailed.php?country=be&type=B2C> (page consultée le 23 juillet 2014).

reste du secteur des médias, le tableau⁷⁴ des sites montre une image assez sombre sur 44 sites testés, 3 d'entre eux réussissent en web, 3 en e-mail et 6 en DNS !

Le secteur des médias est donc clairement à la traîne pour le passage à l'IPv6.

6.3.4. Secteur ICT

Il aurait été logique, dans ce secteur technologique et donc, a priori informé, de trouver un taux important de passage à l'IPv6. Force est de constater que ce n'est malheureusement pas le cas.

En effet le tableau mis en ligne par E. Vyncke montre que le taux de réussite des tests de passage à l'IPv6 est de maximum 40 % et que seuls deux acteurs réussissent tous les tests.

Dans l'enquête que nous avons réalisée et que nous commenterons ci-dessous la majorité des répondants sont des responsables ICT et il apparaît que le déploiement de l'IPv6 n'est pas encore une priorité pour eux.

6.3.5. Grandes entreprises

Sur la base des informations obtenues auprès de quelques grandes sociétés, nous pouvons conclure que les responsables informatiques des grandes sociétés sont conscients du passage vers l'IPv6, mais qu'ils n'y voient pas une situation critique, et ne prennent pas encore de mesures actives. Ils semblent se reposer sur des tierces parties, comme les opérateurs et les fournisseurs d'équipements, pour prendre en charge cette évolution. Tout au plus certains indiquent veiller à ce que les équipements acquis récemment soient 'IPv6 ready'.

6.3.6. PME

Le passage en IPv6 de la grande majorité des petites et moyennes entreprises ne devrait pas poser de problèmes, et ces entreprises ne se rendront en grande partie même pas compte de la transition qui se fera de manière transparente pour elles. En effet, ces entreprises sont aujourd'hui largement dépendantes de prestataires externes qui gèrent leurs différents services IT, et dont on peut attendre qu'ils prendront les mesures adéquates afin de ne pas perdre leurs clients :

- les services de messagerie, stockage, etc. sont principalement hébergés dans le cloud ;
- les sites web sont opérés par des hébergeurs externes ;
- les applications internes tournent généralement sur des serveurs de type Windows, ou Linux qui sont compatibles IPv6 depuis plusieurs générations.

Une dépendance existe cependant vis-à-vis des opérateurs pour la transition complète des PME vers un protocole de communication IPv6 (dual-stack) qui nécessitera dans certains cas le remplacement de routers comme la b-box 2 de Belgacom vers la b-box 3. Il ne fait cepen-

⁷⁴ <https://www.vyncke.org/ipv6status/detailed.php?country=be&type=Press> (page consultée le 21 juillet 2014).

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

dant pas de doute que ces migrations seront correctement assurées par les opérateurs vis-à-vis de leurs clients professionnels.

6.4. Opérateurs et services providers

6.4.1. Opérateurs fixes

Le rôle des opérateurs est évidemment essentiel dans le déploiement de l'IPv6 en Belgique. Et il faut bien reconnaître que la majorité de ceux-ci semblent avoir joué leur rôle. En effet, les principaux opérateurs d'accès à internet via des lignes fixes ont pris les devants, certains comme VOO ayant pratiquement achevé la mise en place de l'adressage en IPv6 (pour les clients résidentiels) et d'autres comme Telenet qui a commencé à déployer l'IPv6 de façon importante, chez plus d'un million de leurs clients⁷⁵ recevant désormais des adresses IPv6. Cette évolution a été encouragée par les mesures de sensibilisation mises en oeuvre par le SPF Economie en 2011 et 2012⁷⁶.

Belgacom a annoncé en septembre 2013 que l'IPv6 était activé chez plus de 12.000 clients résidentiels et petites entreprises et « introduira au fur et à mesure le nouveau protocole internet IPv6 chez tous ses clients résidentiels et petites entreprises avec un modem internet de type b-box 3 et un abonnement⁷⁷ Internet Partout ou Internet Office & Go (Comfort, Maxi ou Intense) ». Belgacom utilisera le dual-stack.

C'est principalement grâce à ces opérateurs que la Belgique est bien positionnée dans le classement mondial publié par des organismes tels que Google⁷⁸.

Au cours des entretiens réalisés lors de cette étude, les opérateurs semblaient réticents à communiquer le nombre exact d'adresses IPv4 encore disponibles chez eux, mais il est clair que certains rencontrent un réel problème de disponibilité d'adresses IPv4 et ont dès lors été forcés d'accélérer le passage à l'IPv6.

Nous avons observé une tendance selon laquelle les adresses IPv6 attribuées par certains opérateurs ne sont pas des adresses réellement fixes, alors qu'il n'y a plus en IPv6 de justification technique pour ce faire. Cette situation semble être dictée par des impératifs commerciaux visant notamment à favoriser la vente de formules « Business » offrant une adresse IP fixe à des prix plus élevés que ceux pratiqués dans les offres destinées au marché résidentiel.

La plupart des équipements (CPE tels que routeurs, modems, décodeurs) distribués à ce jour par les opérateurs sont « IPv6 compliant ». Néanmoins, certains opérateurs ont déployé dans le passé des équipements qui ne supportent que l'IPv4, encore en utilisation au-

⁷⁵<http://m.datanews.levif.be/ict/actualite/telenet-deploie-ipv6/article-4000564976234.htm?layout=ThemisMobileArticle> (page consultée le 21 mars 2014).

⁷⁶ Ch. CUVELLIEZ et E. VYNCKE, « *L'Avenir du Web se jouerait-il chez nous ?* », Agora, L'Echo, 14 février 2014

⁷⁷ http://www.belgacom.com/be-fr/newsdetail/ND_20130913_ipv6.page (page consultée le 30 mars 2014).

⁷⁸ Voir le chapitre « Situation en Belgique ».

aujourd'hui, et qu'ils ne comptent pas remplacer anticipativement vu le coût important et la complexité que de telles migrations impliquent.

6.4.2. Opérateurs mobiles

Les opérateurs mobiles affichent un certain retard dans leur transition vers l'IPv6, et ceci pourrait entraîner des problèmes de fonctionnement de certaines applications, notamment du fait du recours à la technique du Carrier Grade Natting⁷⁹ (CGN) qui peut impacter des applications comme par exemple dans le secteur bancaire. Cette situation est d'autant plus contradictoire qu'une grande partie de l'essor de l'usage d'internet et du besoin accru d'adresses IP vient de l'explosion du nombre d'objets connectés à travers les réseaux mobiles.

Le plus grand défi pour les opérateurs mobiles dans le futur se situe au niveau du Machine-to-Machine (M2M). A ce jour cependant, la majorité des applications mobiles n'ont pas besoin d'une communication Peer-2-Peer, et donc la solution apportée par du CGN semble suffisante. Le taux d'utilisation du CGN chez certains opérateurs mobiles est très élevé. Soit ils devront accélérer le passage à l'IPv6 (BASE le prévoit pour cette année), soit ils devront dépasser le seuil du ratio de 16/1 défini par l'IBPT dans le code de bonne conduite pour le CGN (ce point est également abordé dans le chapitre consacré aux recommandations).

44

6.4.3. Hébergeurs au sens strict

Comme indiqué précédemment, de nombreuses entreprises et en particulier les PME seront largement dépendantes des hébergeurs, de leurs applications et de leurs données pour leur assurer une transition efficace vers l'IPv6. Or, à ce stade, il semble qu'il reste encore beaucoup à faire chez la plupart des hébergeurs et que les entreprises devraient s'assurer de la capacité de leurs fournisseurs à supporter leurs besoins.

Quelques rares hébergeurs offrent un support IPv6 en mode dual-stack sur l'ensemble de leurs services d'hébergement. D'autres hébergeurs annoncent que leur migration est en cours. OVH est l'un des seuls à proposer de l'IPv6 sans IPv4.

L'analyse mise en ligne par E. Vyncke ne permet cependant pas de se faire une idée précise de la situation dans ce secteur, car certains fournisseurs gèrent leurs propres services (e-mail, site web) sur une infrastructure séparée de celle exploitée pour le compte de leurs clients. C'est notamment le cas des gros opérateurs.

6.5. Utilisateurs finaux

En 2012, la Belgique avait un des pourcentages d'utilisateurs capables d'utiliser l'IPv6 le plus bas de l'OCDE, avec 0,06 %⁸⁰. Cela résultait directement de l'absence d'offre des opérateurs de télécommunications. En 2014, cette tendance s'est inversée. La Belgique figure aujourd'hui en tête du classement en matière d'utilisateurs de l'IPv6.

⁷⁹ Voir ci-dessus.

⁸⁰ Ce chiffre est de 0,81 % pour NL et de 2,57 % pour LU. OESO, *op.cit.*, 23 novembre 2012, p.37.

7. Interviews et enquête

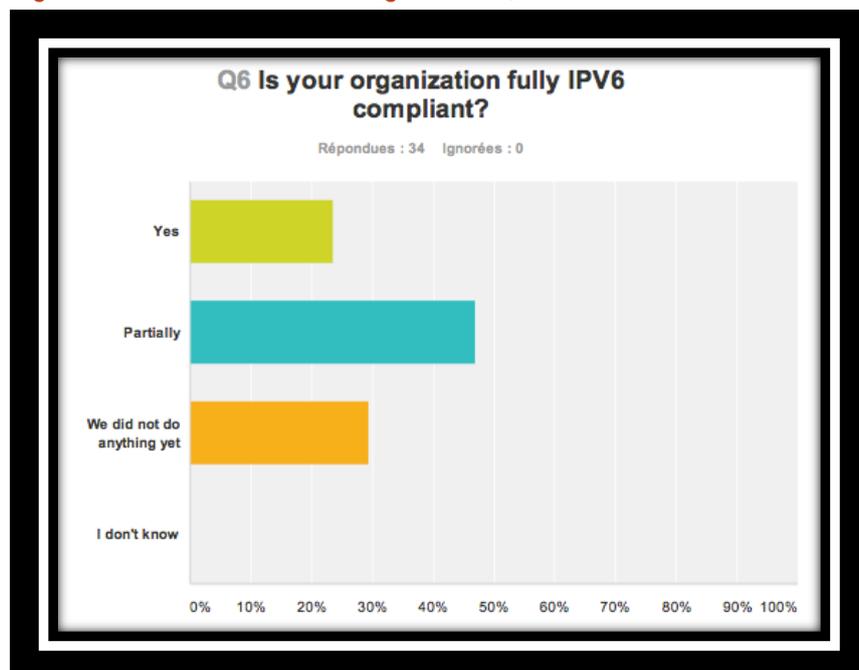
Indépendamment des contacts téléphoniques et des interviews en face à face, nous avons réalisé une enquête en ligne ciblant des responsables d'entreprise pour évaluer de façon trans-sectorielle le niveau de préparation au passage à l'IPv6. Cette enquête a confirmé un certain nombre de points que nous avons identifiés lors de nos recherches sectorielles et au niveau international. Nous avons obtenu 34 réponses, dont plus de la moitié des répondants exercent une fonction dans le domaine de l'ICT, et dont également plus de la moitié exercent leur fonction dans un environnement professionnel ICT, ou télécoms.

Il est important de noter que lors de la relance téléphonique qui a été faite, sur plus de 50 personnes (cadres, responsables d'entreprises, responsables de PME), la quasi-totalité des personnes contactées nous a avoué ne pas du tout être au courant de la problématique du passage à l'IPv6 ou considérer que cette question n'était pas du tout à l'ordre du jour de leurs activités. Par contre tous les répondants, sauf un, savaient ce qu'était une adresse IPv6. Nous constatons donc qu'un effort d'information important devra encore être fourni, malgré les efforts déjà réalisés, notamment par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie.

En termes de type d'organisation, la moitié des répondants travaillent soit dans une organisation comprenant entre 1.000 et 5.000 personnes (20,6 %) soit dans une organisation de plus de 5.000 personnes (23,5 %) alors que 25 % travaillent dans des organisations de moins de 50 personnes.

Seulement un quart des organisations sont considérées comme ayant achevé leur passage à l'IPv6, près de la moitié a commencé et le dernier quart n'a encore rien fait.

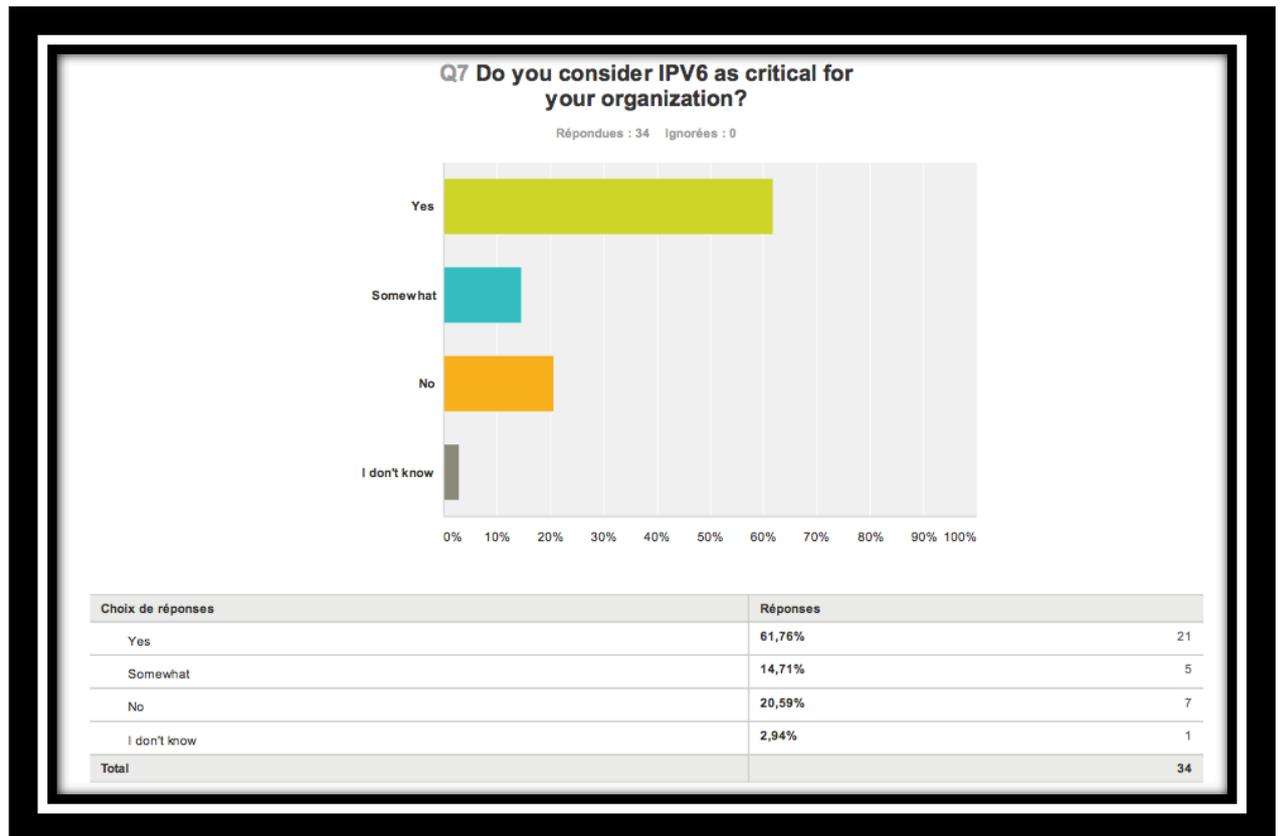
Figure 30. Question 6 : Votre organisation, est-elle totalement IPv6 compatible ?



Source : Edge Consulting.

Et pourtant il est intéressant de noter que plus des trois-quarts des personnes interrogées considèrent que le passage à l'IPv6 est critique pour leur organisation. Et plus de 88 % des répondants considèrent que le passage à l'IPv6 est critique pour le marché belge dans son ensemble. Il y a donc bien des freins au passage à l'IPv6 puisque, malgré le fait que cette problématique soit considérée comme importante, peu d'organisations ont fait le choix de s'y attaquer pleinement.

Figure 31. Question 7. Considérez-vous l'IPv6 nécessaire pour votre organisation ?



Source : Edge Consulting.

En allant plus dans les détails, on constate que les personnes interrogées identifient des risques réels pour leurs organisations. Lorsque l'on pose la question des risques concrets pour leurs organisations, non seulement les répondants identifient des problématiques importantes parmi les choix proposés, mais de plus ils ajoutent des conséquences potentiellement négatives de façon précise, preuve qu'ils sont bien conscients des risques même si leur organisation n'a pas encore décidé de s'y attaquer.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Figure 32. Impact sur la sécurité de l'information

Choix de réponses	Réponses
Loss of turnover	32,35%
Loss of customers	41,18%
Organizational problems	44,12%
Information security issues	23,53%
Reduction of international relations	26,47%
I don't know	11,76%
other	23,53%
in case of "other" please explain	26,47%
Nombre total de personnes interrogées : 34	

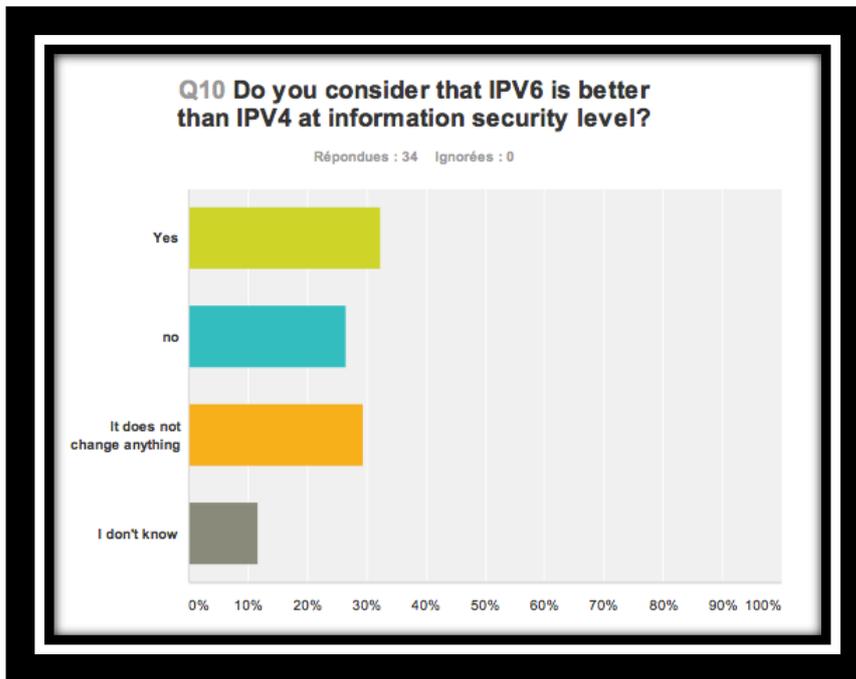
#	in case of "other" please explain	Date
1	No impact.	23/07/2014 16:24
2	Lack of knowledge by our internal R&D engineer. Bad 'technology' image for an ICT vendor.	09/07/2014 15:34
3	Impact on teaching and research on future internet architectures.	02/07/2014 12:09
4	We expect that a late implementation will have a higher cost than a smooth slow migration starting now.	02/07/2014 08:54
5	IMHO, it is the role of a University to help implement "new" standards, so that privately held companies can benefit from our experience. Missing this would be quite a failure.	01/07/2014 14:45
6	In the long run: Missing out new opportunities on ipv6 only services	01/07/2014 12:18
7	Le risque de se retrouver avec un protocole obsolète et de devoir migrer dans l'urgence.	30/06/2014 18:41
8	Extra costs to keep IPv4 alive.	30/06/2014 10:16
9	Increased cost when it inevitably becomes mandatory Perceived image as being "late" to implement critical technologies necessary for the continued proper operation of the Internet as a whole.	25/06/2014 13:46

47

Source : Edge Consulting.

En abordant la question de l'impact du passage à l'IPv6 en ce qui concerne la sécurité de l'information, il apparaît, ici aussi, qu'une information complémentaire est nécessaire car si les répondants proposent une réponse, force est de constater que ces réponses sont variables, alors qu'il s'agit d'une question factuelle.

Figure 33. Question 10 Considérez-vous l'IPv6 meilleur que l'IPv4 au niveau de la sécurité de l'information



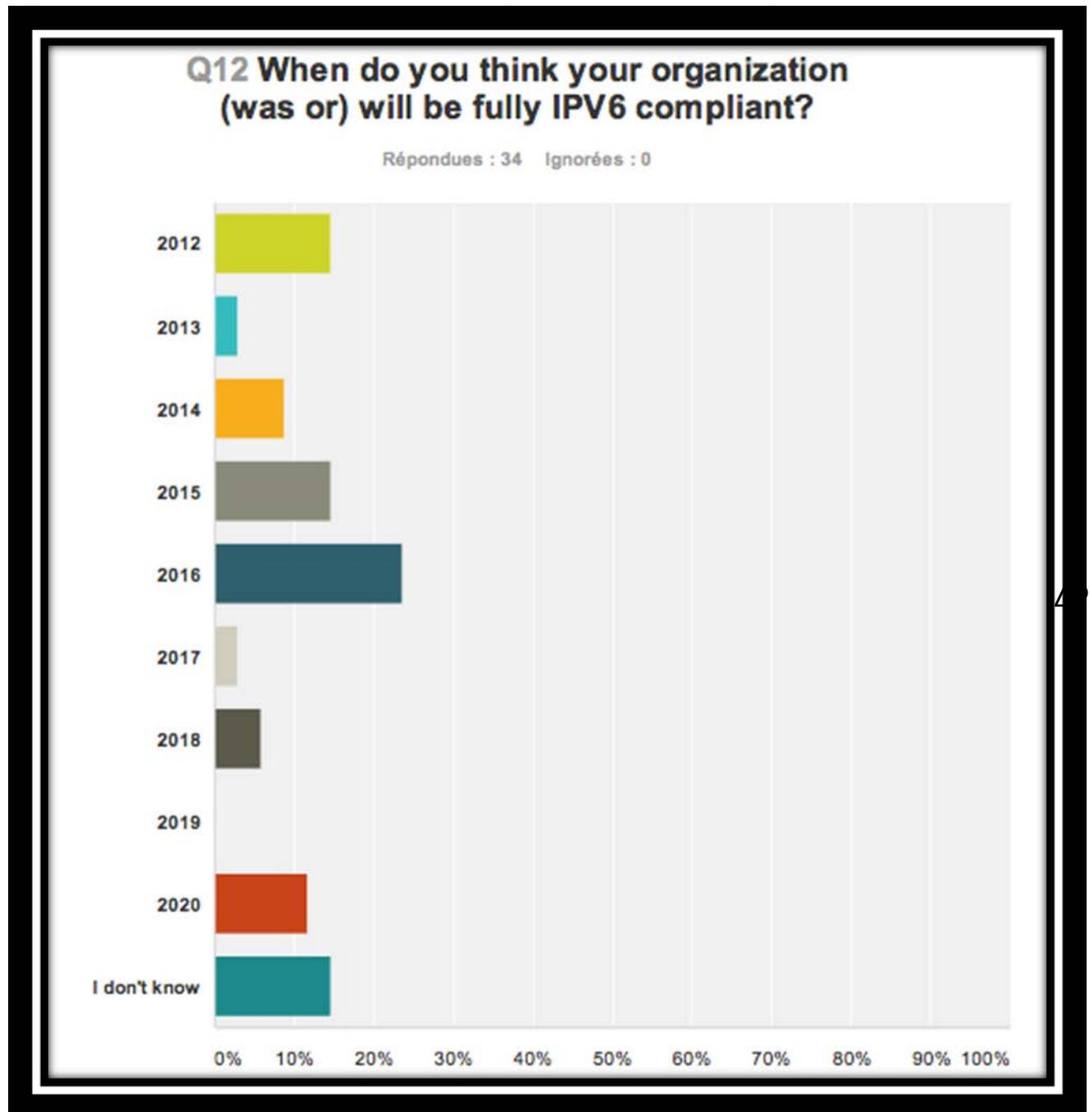
48

Source : Edge Consulting.

Tenant compte de ce qui précède, et notamment des risques perçus, il serait donc logique d'attendre que les organisations aient mis en place un planning de passage à l'IPv6. Mais en dehors des 20 % d'organisations qui ont mis en place l'IPv6, un tiers a commencé à s'y mettre, deux organisations ont un planning qui n'a pas encore débuté, 26 % des organisations « pensent à réaliser un planning », et 14 % n'ont encore rien fait. Une fois de plus des freins doivent empêcher ces organisations de mettre en place ces plans de migration. En regardant à plus long terme, puisque les répondants semblent conscients des enjeux, il est intéressant de constater que les dates prévues pour un passage à l'IPv6 se répartissent sur de longues années.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Figure 34. Question 34 Quand, selon vous, votre organisation sera-t-elle compatible avec l'IPv6 ?



Source : Edge Consulting.

La question qui s'imposait donc était de connaître les raisons, les freins qui s'opposent à la mise en place rapide d'un plan de migration à l'IPv6. Les raisons principales (plusieurs réponses étaient possibles pour cette question) sont liées au manque de budget, de compétences et d'informations. Il semble une fois de plus nécessaire de mettre en place une information précise sur les coûts indispensables, de créer ou développer des formations et des sources d'information fiables.

Figure 35. Impact budgétaire

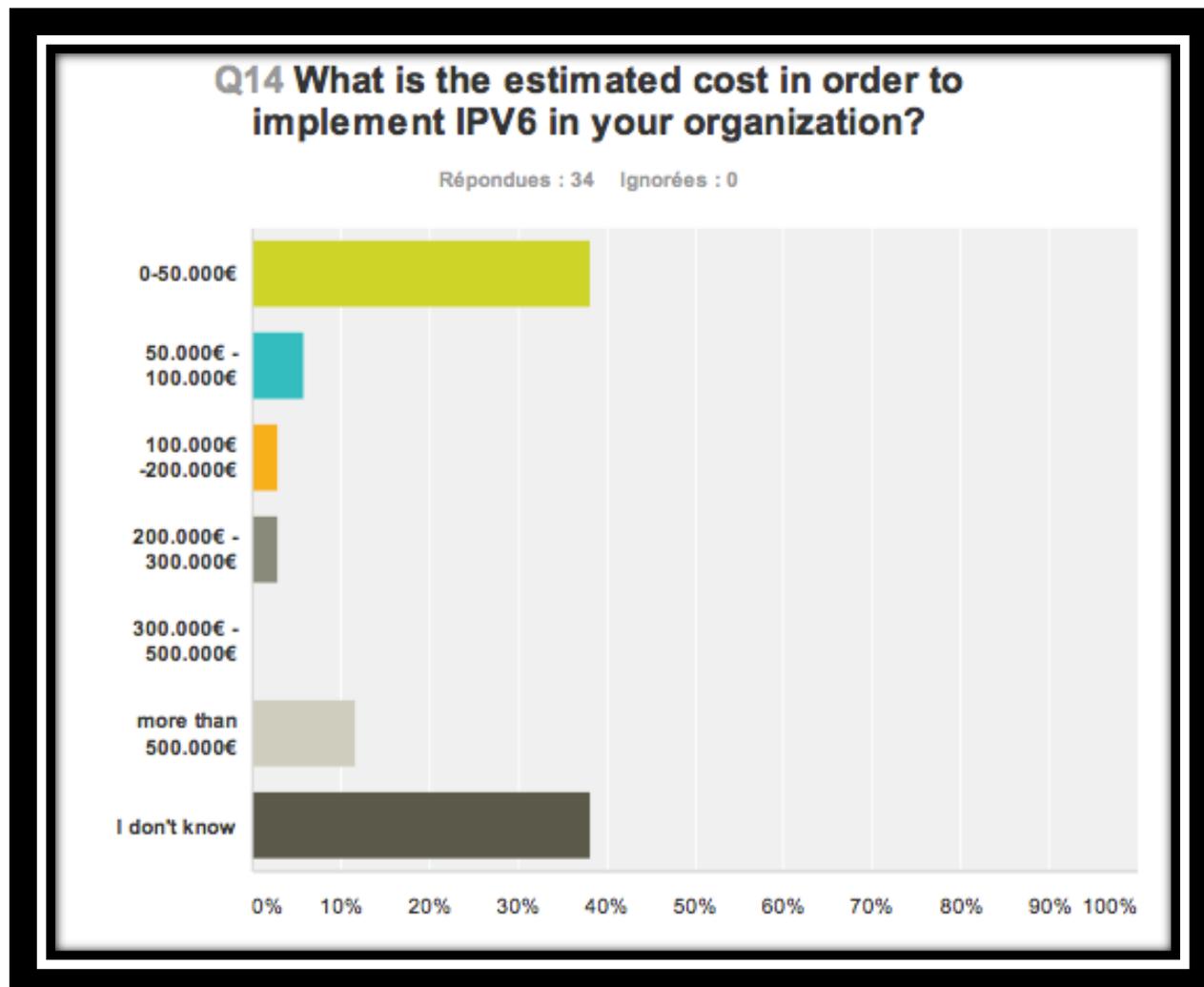
Choix de réponses		Réponses
Lack of budget		50,00%
Lack of internal training		20,59%
Lack of skills		20,59%
lack of information		20,59%
We already are fully IPV6 compliant		20,59%
other		8,82%
Autre (veuillez préciser)		38,24%
Nombre total de personnes interrogées : 34		
#	Autre (veuillez préciser)	Date
1	Lack of time and interest	23/07/2014 16:24
2	lack of time	02/07/2014 12:09
3	Lack of IPV6 offering by our SP	01/07/2014 23:41
4	no DHCPv6 at first !	01/07/2014 14:45
5	Some firewalls are not yet IPV6 ready	01/07/2014 12:55
6	Non-priority issue	30/06/2014 21:09
7	Hosting providers and websites are not taking up fast enough	30/06/2014 10:22
8	A clear deadline	30/06/2014 10:16
9	Provider not ready (destiny), equipment not ready	30/06/2014 10:16
10	Other structural changes are getting applied	30/06/2014 08:20
11	Lack of people	26/06/2014 23:12
12	Lack of time	26/06/2014 10:05
13	The question is not on the agenda	25/06/2014 13:20

50

Source : Edge Consulting.

La nécessité de mettre en place des sources d'informations fiables au niveau des impacts budgétaires apparaît clairement en se penchant sur la question suivante. En effet, même si les montants sont évidemment variables selon les organisations, nous pouvons constater que plus d'un tiers des personnes interrogées n'ont aucune idée du budget nécessaire.

Figure 36. Question 11 Quelle est le coût estimé pour votre entreprise de l'implémentation de l'IPv6 ?



51

Source : Edge Consulting.

Lorsqu'on interroge notre panel (plusieurs réponses possibles) sur le type de coûts liés à l'implantation de l'IPv6, les réponses sont variées :

- 62 % : coûts d'infrastructure ;
- 47 % : formation interne et partage des connaissances ;
- 41 % : frais liés aux applications ;
- 18 % : nécessité de recourir à des compétences externes ;
- sont aussi évoqués par un répondant le manque de temps et le double management lié au dual-stack.

La formation, le partage des connaissances et des bonnes pratiques apparaissent donc comme prioritaires.

Une question complémentaire, notamment dans le cadre de la phase de transition que nous vivons avec la coexistence de l'IPv4 et de l'IPv6, est de voir comment les organisations vont réagir. Si une seule organisation ne propose plus que de l'IPv6, et deux ne proposent que de l'IPv4, la coexistence sera générée par une seule organisation en tunnelling et par près de 90 % des organisations interrogées en dual-stack.

Un élément positif est le niveau de compatibilité des équipements, puisque 17 % des organisations ont 100 % des équipements compatibles IPv6, 62 % plus de 50 % de leurs équipements compatibles.

Comme la question du niveau d'information était revenue plusieurs fois lors de nos entretiens en face à face, il était logique de poser quelques questions à ce sujet. Etonnamment, 68 % des personnes interrogées estiment avoir assez d'information pour implémenter l'IPv6. Quant à savoir qui devrait fournir ces informations complémentaires en cas de besoin, près de 60 % considèrent que c'est le rôle des fournisseurs ICT, 40 % la mission du fournisseur d'accès internet et 35 % citent les autorités publiques.

On voit donc ici que le rôle du SPF Economie en cette matière pourrait être double : fournisseur d'information en direct d'une part et incitant des acteurs du secteur ICT et internet à partager ces informations d'autre part.

52

En conclusion de cette enquête en ligne qui avait suivi un certain nombre d'entretiens en face à face, il apparaît clairement qu'une information complémentaire quant aux enjeux du passage à l'IPv6 est encore nécessaire. Celle-ci devrait en particulier aborder les impacts budgétaires, et souligner les risques réels qui seraient la conséquence d'une passivité sur ce sujet.

8. Risques associés en cas d'inaction face au passage à l'IPv6

Lors des contacts et entretiens que nous avons eus, les principaux risques identifiés sont les suivants :

- Les opérateurs mobiles semblent en retard et ne pas avoir pris des mesures drastiques visant à migrer rapidement leurs clients sur l'IPv6. Ils sont pourtant à la base de l'augmentation très rapide du nombre d'objets connectés à internet, et par conséquent du manque d'adresse IPv4 disponibles.
- Globalement il y a un manque de communication et de conscientisation des enjeux sur le marché, en dehors des opérateurs télécoms et de certains acteurs du monde de l'ICT. Un grand nombre de personnes contactées, et notamment lors d'une phase de relance de l'enquête en ligne, nous ont avoué que soit elles ne connaissent pas la problématique, soit cette question n'était pas du tout à l'ordre du jour de leurs préoccupations. Cette méconnaissance des enjeux est un frein de plus au passage généralisé à l'IPv6.
- Nous percevons cependant un risque principalement à deux niveaux :
 1. Des équipements et logiciels qui ne sont pas mis à jour, ou ne sont plus supportés par les fournisseurs.
 2. Le manque de ressources humaines compétentes et disponibles pour identifier les changements nécessaires et les mettre en œuvre.
- Ceux qui connaissent la question du passage à l'IPv6 se contentent de se reposer sur les mesures que les opérateurs doivent appliquer pour protéger leurs propres activités, et sur le fait que les fournisseurs d'applications et de matériel sont actuellement IPv6 « compliant ».
- Chez les seuls opérateurs en manque d'adresses IPv4, nous avons perçu un sentiment d'urgence. Mais le recours à des techniques telles que le CGN leur donnent un faux sentiment de confort et de sécurité face à la pénurie d'adresses IPv4. Cette situation, si elle se développe et s'amplifie, engendre cependant des risques sur le bon fonctionnement des applications et services sur internet, ainsi que des problèmes de sécurité vu la difficulté d'identifier les utilisateurs d'adresses IP partagées.
- Cette relative passivité chez bon nombre d'acteurs est renforcée par le fait qu'il n'y a pas de date limite imposée pour un passage complet à l'IPv6. La KUL estime cependant que d'ici environ 5 ans une partie non négligeable d'internet sera « IPv6 only ».

En fonction de notre analyse et des risques évalués, nous pouvons tirer quelques conclusions que nous ferons suivre d'un certain nombre de recommandations.

9. Conclusions

La prise de conscience du risque du manque d'adresses IPv4 semble être à l'origine du bon travail réalisé par nos opérateurs belges afin de rendre leurs réseaux IPv6 ready, ce qui place aujourd'hui la Belgique dans le peloton de tête au niveau international. Mais rappelons néanmoins que le chemin est encore long et le pourcentage de trafic IPv6 est encore nettement inférieur à 50 %.

Toutefois, nous n'avons rencontré que très peu d'acteurs se disant intéressés par les autres bénéfices induits par l'IPv6, ou ayant conscience de l'urgence de s'attaquer au problème. Seules les autorités concernées par la sécurité comme le Federal Computer Crime Unit se montrent réellement conscientes, et mentionnent les inconvénients du Carrier Grade Natting pour justifier un passage accéléré à l'IPv6.

Les consommateurs et les PME ne sont a priori pas les plus concernés car l'arrivée de l'IPv6 se passe de manière transparente pour eux.

A l'inverse, les grandes entreprises et les institutions devraient prendre sans délai des initiatives de manière à assurer la compatibilité de leurs réseaux et de leurs applications avec la norme IPv6. Entamer ce travail dès maintenant permettrait de répartir les investissements et les efforts nécessaires sur une période relativement longue.

Par contre, il n'est sans doute pas judicieux de fixer des objectifs précis d'échéance et de forcer les acteurs à déployer l'IPv6 de façon trop accélérée. En effet, il est nécessaire de s'assurer d'une coordination internationale afin que les consommateurs et les entreprises belges ne soient pas pénalisés par rapport aux acteurs des autres pays, vu le caractère universel de l'accès à internet.

Un niveau de support IPv6 faible à l'étranger pourrait s'avérer néfaste pour les acteurs belges qui ne seraient équipés qu'en IPv6.

Dans ces conditions, il est probable qu'une période de transition très longue, vraisemblablement de plus de 10 ans, soit nécessaire pour s'assurer de la parfaite compatibilité de tous les réseaux, et de toutes les applications. Ce n'est qu'à l'issue d'une telle période que la question d'un arrêt du support de l'IPv4 pourrait s'envisager.

10. Recommandations

Le passage à l'IPv6 est un processus long, qui impacte tous les secteurs, tant public que privé, et même les consommateurs et les PME, ce qui place naturellement cette problématique au centre des préoccupations du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie. La période transitoire de coexistence entre IPv4 et IPv6 est une période difficile, avec des risques liés par exemple au CGN. De plus c'est un problème complexe car personne n'est complètement en charge, chacun est responsable d'une pièce du puzzle, et donc le rôle des pouvoirs publics est essentiel pour définir un plan directeur.

Comme le démontrent les statistiques récoltées, la Belgique a pris un bon départ. Il est important de poursuivre les efforts de prise de conscience de l'évolution vers l'IPv6. Toutes les parties concernées doivent poursuivre leurs initiatives pour adopter l'IPv6, et éviter de s'endormir sur leurs lauriers.

Nous proposerons nos recommandations sur la base de plusieurs axes, en y intégrant d'ailleurs certaines des actions du plan national qui avait été proposé par le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie en 2012, actions qui sont à poursuivre à l'avenir. Nous avons également pris en compte les recommandations proposées par des institutions internationales telles que l'OCDE⁸¹ ou l'Union européenne⁸² ou régionales belges comme l'AWT⁸³. Nous avons pu constater, à la lecture de ces différents documents, tant en Belgique qu'au niveau international, que tous ces projets sont en retard par rapport aux objectifs fixés il y a déjà quelques années. Nous reprendrons donc certaines de ces propositions qui sont aujourd'hui toujours d'actualité.

Avant de se pencher sur les recommandations, il est important d'identifier les parties prenantes concernées⁸⁴ avec lesquelles il faudra mettre en oeuvre les actions proposées :

- les organisations de l'internet (ICANN, les RIR, l'IETF, etc) qui sont concernées par l'implémentation de l'IPv6 ;
- les fournisseurs d'accès internet qui doivent proposer à leurs clients des services en IPv6 ;
- les fournisseurs d'infrastructure (équipements réseaux, systèmes d'exploitation, ...) dont les produits devront être adaptés IPv6 ;
- les fournisseurs de contenu (Voice over IP, messagerie, sites web, etc) ;
- les fournisseurs d'applications pour les particuliers et entreprises (logiciels, applications, cartes à puce, etc) ;

⁸¹ OECD, Internet Addressing: Measuring Deployment of IPv6, 2010, online <http://www.oecd.org/internet/ieconomy/44953210.pdf>.

⁸² Source : Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, COM(2008) 313 final, online http://www.awt.be/contenu/tel/res/communication_final_27052008_fr.pdf.

⁸³ Guide pour l'IPv6, http://www.awt.be/web/res/index.aspx?page=res_fr_foc_100_128 (page consultée le 3 juin 2014).

⁸⁴ Source : Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, COM(2008) 313 final, online http://www.awt.be/contenu/tel/res/communication_final_27052008_fr.pdf.

- les consommateurs finaux (particuliers, entreprises, PME, administrations publiques).

Il est clair que les mesures proposées qui suivent devront être adaptées en fonction de ces différents publics cibles.

Nous proposons de diviser ces recommandations en plusieurs axes de communication et de propositions en suivant une typologie de l'OCDE⁸⁵.

10.1. Montrer l'engagement des pouvoirs publics d'adopter l'IPv6

Le secteur public se devrait d'être un exemple pour les autres parties prenantes et il est donc logique de proposer quelques recommandations spécifiques.

- Tenant compte du retard constaté dans la mise en œuvre du plan national 2012, tout comme d'ailleurs dans la plupart des plans internationaux, nationaux et régionaux, il semble indispensable qu'une décision vienne du gouvernement fédéral, imposant un calendrier, un plan d'action actualisé pour l'implémentation de l'IPv6 dans le secteur public fédéral, sans oublier, malgré les restrictions budgétaires actuelles, qu'un budget spécifique soit prévu pour chaque institution publique. Le plan pourrait être basé sur celui proposé par Fedict pour la période 2012-2015.
- Dans ce plan il sera indispensable de désigner un responsable de haut niveau pour chaque institution et de mettre en place un comité de suivi du plan national dans lequel siègeront ces responsables.
- Chaque institution publique fédérale devra rédiger un plan d'action s'inscrivant dans le plan national. Ce plan d'action comprendra notamment :
 1. un inventaire des équipements actuels en ce compris leur potentialité de passer en IPv6 ;
 2. un planning de mise à jour des équipements et applications internes et externes pour mettre en place le passage à l'IPv6 ;
 3. l'adaptation des cahiers des charges afin d'intégrer l'obligation de compatibilité IPv6.
- Dans le cadre de ces plans d'action, chaque administration devra, dans le délai prévu dans le plan national, rendre accessible en IPv6 et en IPv4, la totalité des sites internet et des services en ligne offerts aux citoyens et aux entreprises, de même que les grands réseaux publics et l'ensemble des serveurs web. Cette opération doit assurer en priorité la coexistence des protocoles IPv4 et IPv6, pour les applications dirigées vers le monde extérieur, en recourant au « dual-stack ». Les nouvelles applications doivent aussi supporter l'IPv6.
- Proposer aux différentes entités publiques un guide pour l'implémentation de l'IPv6 pour le secteur public, du type de celui proposé par l'AWT⁸⁶.

⁸⁵ OECD, Internet Addressing: Measuring Deployment of IPv6, 2010, online <http://www.oecd.org/internet/ieconomy/44953210.pdf>.

⁸⁶ <http://www.awt.be/web/res/index.aspx?page=res,fr,foc,100,128> [page consultée le 23 juillet 2014].

- Une association avec les régions et communautés sera mise en place afin de coordonner les initiatives dans tout le pays.
- Il peut être utile de modifier le code de bonne conduite conclu entre l'IBPT et les opérateurs télécoms qui organise le recours au CGN afin de moduler efficacement la pression sur le passage à l'IPv6. Etre trop strict sur le CGN mettrait potentiellement à risque certains opérateurs et utilisateurs. A l'inverse, se montrer trop souple (en augmentant le nombre d'utilisateurs par adresse) ôterait trop de pression et réduirait certainement le rythme du passage à l'IPv6.

10.2. Travailler avec les parties prenantes pour augmenter la prise de conscience, l'information et la formation et réduire les freins

Indépendamment des mesures spécifiquement orientées vers le secteur public, il est également indispensable de coordonner des actions spécifiques dédiées aux autres parties prenantes et ce en collaboration avec elles :

- Les entreprises collaborant avec les pouvoirs publics, celles qui bénéficient de subventions des pouvoirs publics et les fournisseurs des services en ligne des autorités publiques devront se soumettre à une obligation légale de conformité avec l'IPv6.
 - Les opérateurs de télécommunications seront invités à s'engager sur un calendrier de déploiement de services IPv6 commerciaux, sur les réseaux d'accès haut débit filaires et sans fil. Les ISP seront invités à rendre les contenus et les services accessibles en IPv6 dans un délai négocié.
 - Les entreprises de l'industrie technologique seront invitées à intégrer l'IPv6 dans leurs plans de développement et à publier un calendrier de disponibilité des produits et services. Ces entreprises doivent être incitées à développer des applications et des appareils fondés sur le protocole IPv6 et prévoir des espaces de tests et de démonstration, au bénéfice des PME et des citoyens.
 - Une communication spécifique devra être mise en place à destination des différentes parties prenantes. Des ressources en ligne seront mises à disposition de chaque type d'utilisateur afin qu'il puisse appréhender son rôle dans le cadre du passage à l'IPv6. Il serait utile, par exemple, de donner, en ligne, une information technique ciblée pour chaque type d'acteur du type de celle qui est disponible sur le site de l'Internet Society⁸⁷. Ces informations pourraient expliquer à chaque type d'utilisateur les démarches à réaliser. Les catégories proposées actuellement par l'Internet Society sont :
1. Opérateurs réseaux
 2. Développeurs
 3. Content providers
 4. Propriétaires de site
 5. Entreprises
 6. Réseaux de campus

⁸⁷ <http://www.internetsociety.org/deploy360/ipv6/> (page consultée le 23 juillet 2014).

7. Fournisseur de noms de domaine
8. Fabricants de matériel électronique
9. Internet exchange point

- Des formations certifiantes seront proposées sur la base, par exemple, de celles qui sont proposées par l'IPv6 forum⁸⁸ afin de mettre à la disposition des parties prenantes, en ce compris les fournisseurs de contenu, les ressources et compétences qui leur manquent.
- Des mesures de soutien des formations certifiantes pourront être mises en place afin de développer les compétences internes au sein des organisations.
- Des campagnes d'information seront mises en place afin de développer la connaissance et la nécessité du passage à l'IPv6. Les campagnes grand public du type « testez votre adresse IP » pourront avoir un effet de levier en poussant les consommateurs à faire pression ou au minimum à s'informer auprès de leurs fournisseurs d'accès quant au passage en IPv6.
- L'ensemble des entreprises sont encouragées à préparer des plans de déploiement de l'IPv6, afin d'ajouter l'IPv6 à leur présence sur internet pour 2015 et de planifier le déploiement d'IPv6 dans leur intranet pour les années suivantes. Des mesures doivent être prises pour favoriser le transfert des applications existantes et le développement de nouvelles applications tirant profit des fonctionnalités de l'IPv6.
- Les universités, les établissements supérieurs et les organismes de recherche sont invités à opérer la migration vers l'IPv6 de tous les réseaux internes et à former le personnel et les futurs diplômés aux technologies IPv6, en adaptant la formation et la recherche dans le domaine de l'évolution et du déploiement continu du Protocole Internet.

58

10.3. Poursuivre une coopération internationale et effectuer une veille et un suivi des évolutions du déploiement de l'IPv6 en Belgique et dans le monde

La problématique du passage à l'IPv6 étant bien entendu mondiale, il est essentiel de suivre en permanence et de mettre à la disposition des parties prenantes un choix d'informations et de ressources concernant des initiatives, best practices, évolutions, formations, etc., et ce tant en Belgique que dans le monde.

- Nous proposons la création d'un « portail belge de l'IPv6 » qui aura pour but de trouver, à partir d'un point de départ unique, toutes les informations utiles sur l'implémentation de l'IPv6 en Belgique, notamment :
 - un agenda des formations, conférences, séminaires qui pourront aider les parties prenantes ;
 - une liste de points de contact dans le secteur public (fédéral et régional) ;
 - une liste d'acteurs clés dans le secteur privé ;

⁸⁸ IPv6 Education, http://www.ipv6forum.com/ipv6_education/ .

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

- les meilleures pratiques tant belges qu'internationales ;
 - des guides à l'intention de divers publics cibles ;
 - des informations générales de sensibilisation ;
 - des indicateurs pertinents ;
 - des documents techniques et juridiques de référence ;
 - des liens vers des organismes internationaux.
- Le SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie pourrait héberger ce portail dont le contenu sera alimenté et mis à jour par les acteurs concernés (exemples : Belnet pour les formations ; Fedict pour les points de contact dans le secteur public au niveau fédéral).

11. Annexes

11.1. Principaux sites et documents consultés

Plan national pour l'implémentation de l'IPv6 en Belgique :

http://economie.fgov.be/fr/modules/publications/general/plan_national_pour_l_implem_entation_de_l_ipv6_en_belgique.jsp

RFC 791 Internet Protocol spécification : <http://www.frameip.com/rfc/rfc791-fr.php>

RFC 1631 IP network address translation (NAT): <http://www.rfc-base.org/rfc-1631.html>

Site de l'APNIC : <http://www.apnic.net>

Site de l'IETF : www.ietf.org

Site de l'Internet Society : www.internetsociety.org

Site deploy IPv6 de l'Internet Society : <http://www.internetsociety.org/deploy360/ipv6/>

Site de l'IPv6 Council : <http://www.ipv6council.be>

Site de l'OCDE consacré à l'IPv6 :

<http://www.oecd.org/internet/ieconomy/oecdresourcesoninternetaddressingipv4andipv6.htm>

Site du RIPE IPv6 ACT NOW : <http://www.ipv6actnow.org/>

Site de la NRO : www.nro.net

11.2. Remerciements

Cette étude n'aurait pas pu être réalisée sans le concours actif et très accueillant de nos nombreux interlocuteurs, que ce soit au sein du secteur public (SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, Fedict, FCCU, SPF Finances, etc.), du secteur privé, des fédérations professionnelles, sans oublier Eric Vyncke qui nous a permis de participer aux travaux de l'IPv6 Council et de bénéficier des tableaux de suivi de l'IPv6.

11.3. Documents confidentiels

Un certain nombre de documents dont il nous a été demandé qu'ils soient traités confidentiellement ont été transmis pour le seul usage de l'équipe de projet du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie

11.4. Liste des Institutions dont un représentant a été contacté dans le cadre de l'étude

Agence Wallonne des Télécommunications

AGORIA

Association ICT secteur public (Groupe LinkedIn)

ATOS Worldline

Base

BECI

BeCommerce

Belgacom

Belnet

BelTUG

BPost

Centric

Chirec

CHU Liège

CIRB

Cisco

Cliniques Saint Jean Bxl

Commission Européenne

Dimension Data

Econocom

Ethias

FEB/VBO

Fedict

FOREM

Google

GSK

HEC Liège

HELMO

HIS

Hôpital Saint-Luc

IBPT

ICHEC

IPNexia

IPv6Council

Irisnet

ISPA

KUL

Lampiris

MANEX

Mobistar

NRB

Ogone

Parnasse Deux Alices

Réseau Iris hôpitaux

RTBF

SPF Finance

SPF Justice

SPW

STIB

Syntigo

Systemat

Telenet

U Gent

UAntwerpen



UCL

UCM

ULB

Ulg

Union Wallone des Entreprises

Université Liège

Université Mons

UNIZO

Vlerick

VOKA

VOO

VUB

WIN

11.5. Questionnaires utilisés lors des interviews en face à face

11.5.1. Questionnaire IPv6 – version entreprises

Nom de l'entreprise :

Personne de contact :

Fonction :

E-mail :

Téléphone :

1. Quelle est la situation de votre entreprise au regard de la migration des adresses IPv4 vers Ipv6 ?
 2. Considérez-vous ce projet comme « critique » pour votre entreprise, et pour le marché dans son ensemble ?
 3. Quels sont, selon vous, les effets qu'une implémentation tardive du protocole IPv6 pourrait avoir pour votre société ?
 4. Pensez-vous exploiter une ou plusieurs des fonctionnalités que l'IPv6 offre, comme la sécurité, la mobilité,... ?
 5. Quelle est l'ampleur des changements que vous devez effectuer pour implémenter l'IPv6 ? Qu'avez-vous identifié comme étapes dans vos plans de déploiement, quelle ligne du temps y est associée et quand pensez-vous finaliser la transition ?
-

6. Avez-vous rencontré des obstacles dans votre déploiement IPv6 ? Si oui, lesquels ?
7. A combien estimez-vous le coût des investissements nécessaires au passage à l'IPv6 ? Pourriez-vous détailler quels sont les principaux coûts liés au passage à l'IPv6, tant dans la migration, que dans la gestion quotidienne.
8. Avez-vous prévu d'offrir vos services (site web,...) en double protocole IPv4 et IPv6 ? Si oui, quelle solution comptez-vous appliquer ? Avez-vous prévu une date à laquelle vous arrêterez le support du protocole IPv4 ?
9. Avez-vous ou pensez-vous rencontrer des problèmes de compatibilité d'anciens équipements fonctionnant sous IPv4 qui ne seraient pas encore IPv6 ready ? Est-ce que vos équipements (éventuellement ceux fournis par votre opérateur internet) sont IPv6 ready ? Est-ce que vos propres équipements (serveurs, firewall, imprimantes,...) sont prêts pour fonctionner sous le nouveau protocole ?
10. Est-ce que la communication concernant la transition IPv4-IPv6 vous semble claire et suffisante ? Si non, de qui attendez-vous une communication/des informations :
 - a. Votre opérateur télécom
 - b. Votre équipementier
 - c. Les autorités publiques
 - d. Autres :

64

11.5.2. Questionnaire IPv6 – version opérateurs télécoms

Nom de l'opérateur :

Personne de contact :

Fonction :

E-mail :

Téléphone :

1. Quelle est la situation de votre entreprise au regard de la migration des adresses IPv4 vers Ipv6 ?
2. Quelles sont les fonctionnalités de l'IPv6 que vous pensez mettre en œuvre ? S'agit-il seulement du plan d'adressage ou également d'autres fonctions, comme la sécurité, la mobilité,... ?
3. Considérez-vous ce projet comme « critique » pour votre entreprise, et pour le marché dans son ensemble ?
4. Lui avez-vous dédié un chef (ou une équipe) de projet ?
5. Le déploiement est-il différencié par type d'utilisateurs ? Quelles initiatives différenciées avez-vous prises pour vos clients :
 - Particuliers
 - PME

- Grandes entreprises
6. Qu'avez-vous identifié comme étapes dans vos plans de déploiement et quelle ligne du temps y est associée ?
 7. Quel est l'état d'avancement du déploiement de l'IPv6 (on track, retardé, pas démarré,...) ? A quelle échéance comptez-vous finaliser la migration IPv4 vers IPv6 ?
 8. Avez-vous rencontré des obstacles dans votre déploiement IPv6 ? Si oui, lesquels ?
 9. A combien estimez-vous le coût des investissements nécessaires au passage à l'IPv6 ? Pourriez-vous détailler où se trouvent les centres de coûts, tant dans la migration, que la gestion quotidienne. Est-ce que cela a un impact sur l'aspect de l'approvisionnement ou de distribution d'adresses ?
 10. Est-ce que le déploiement de l'IPv6 va avoir un impact sur la vie des produits actuels ou accélérer ou freiner le lancement de nouvelles solutions ?
 11. Rencontrez-vous des problèmes d'approvisionnement en adresses IPv4 ? Si vous n'en rencontrez pas pour l'instant, à quelle échéance craignez-vous éventuellement en rencontrer ? Combien de temps pensez-vous tenir avec le CGN ? Quel est l'élément majeur qui vous a poussé à utiliser cette solution alternative ?
 12. Pourriez-vous compléter les tableaux ci-dessous en terme d'utilisation d'adresses IPv4 et IPv6 ?

Type de réseau	Nombre d'adresses IP réservées	Taux d'utilisation	% d'adresses réservées CGN
Réseau fixe			
Mobile			
Hotspots			
Homespots			

13. Quels KPI devraient être considérés pour clairement analyser la situation de l'IPv6 ? Avez-vous une recommandation ?
 - a. Allocations d'adresses
 - b. DNS
 - c. Les points d'échange
 - d. Les réseaux mobiles
 - e. Logiciels compatibles

- f. Autres ?
- 14. Risquez-vous de rencontrer des problèmes de legacy d'anciens équipements fonctionnant sous IPv4 ?
- 15. Rencontrez-vous des problèmes de compatibilité avec :
 - a. Vos équipements propres
 - b. Les équipements des clients
 - c. Les fournisseurs d'équipements
 - d. ...
- 16. Comment estimez-vous la situation chez les clients en termes d'équipement compatibles ? Pensez-vous que des investissements importants seront nécessaires ? Est-ce que la plupart des équipements sur le marché sont suffisamment « IPv6 ready » ?
 - a. Chez les particuliers (modems,...) ?
 - b. Chez les PME (modems, serveurs,...) ?
 - c. Grandes entreprises (terminaux de paiement, imprimantes reliées sur le réseau,...) ?
- 17. En dehors des activités sous votre contrôle direct, quels sont d'après vous les risques majeurs liés au déploiement de l'IPv6 en Belgique et ailleurs ?
- 18. Comment communiquez-vous la migration IPv4-IPv6 envers vos clients ? Avez-vous identifié ceci comme un frein ? Est-ce que la communication se passe de manière transparente vers vos clients résidentiels, B2B,... ?

11.5.3. Questionnaire IPv6 – version organisations d'intérêts

Nom de l'organisation :

Personne de contact :

Fonction :

E-mail :

Téléphone :

1. Quelle est la situation de votre organisation au regard de la migration des adresses IPv4 vers IPv6 ?
2. Avez-vous une vue sur la situation de l'ensemble de vos « membres » ? S'ils sont au courant de la transition, s'ils ont pris des dispositions, s'ils « accommodent » déjà l'IPv6 et l'IPv4, s'ils ont décidé de ne pas déployer une solution qui propose les 2 modes d'adressage en même temps,... ?
3. Avez-vous prévu d'offrir vos services (site web,...) en double protocole IPv4 et IPv6 ? Si oui, avez-vous déjà prévu une date à laquelle vous arrêterez le support du protocole IPv4 ?

4. Considérez-vous ce projet comme « critique » pour votre secteur d'intérêt, et pour le marché dans son ensemble ? Avez-vous mis des choses spécifiques en place pour informer vos membres (communications, sessions d'information,...) ?
5. Quels sont les obstacles auxquels vos « membres » risquent d'être confrontés ?
 - a. Manque de compréhension de la problématique ?
 - b. Manque de compétences et de ressources ?
 - c. Equipements existants non compatibles ?
 - d. Coûts importants ?
 - e. Autres :
6. Est-ce que la communication concernant la transition IPv4-IPv6 vous semble claire et suffisante ? Si non, de qui attendez-vous une communication/des informations :
 - f. Votre opérateur internet
 - g. Votre équipementier
 - h. Les autorités publiques
 - i. Autres :

Avez-vous reçu des commentaires de vos « membres » à ce sujet ?

7. Pensez-vous exploiter une ou plusieurs des fonctionnalités que l'IPv6 offre, comme la sécurité, la mobilité,... ?
8. Quelle est l'ampleur des changements que vous devez effectuer pour implémenter l'IPv6 ? Qu'avez-vous identifié comme étapes dans vos plans de déploiement, quelle ligne du temps y est associée et quand pensez-vous finaliser la transition ?
9. Avez-vous rencontré des obstacles dans votre déploiement IPv6 ? Si oui, lesquels ?
10. Avez-vous ou pensez-vous rencontrer des problèmes de compatibilité d'anciens équipements fonctionnant sous IPv4 qui ne seraient pas encore IPv6 ready ? Est-ce que votre modem (et autres équipements fournis par votre opérateur internet) sont « IPv6 ready » ? Est-ce que vos propres équipements (serveurs, firewall, imprimantes,...) sont prêts pour fonctionner sous le nouveau protocole ? Et comment jugez-vous la situation pour vos membres ?

11.5.4. Questionnaire IPv6 – version online

1. For which type of organization are you working for?

- Bank
- E-business
- Gaming
- Hospital, Health
- Internet service provider, telecom operator
- ICT Industry
- Press, television, media
- Public sector
- Social media, social networks
- University and high education
- OTHER (please specify)

2. Please indicate your name:

3. Which is your function in your organization?

- CEO
- CIO (Chief information officer) - CTO (Chief technical officer)
- ICT Manager
- Information security manager
- Self employed
- Consultant
- Other

68

4. How many individuals are working in your organization?

- 0-10
- 10-50
- 50-100
- 100-500
- 500-1000
- 1000-5000
- More than, 5000

5. Do you know what IPV6 addresses are?

- Yes
- No

6. Is your organization fully IPV6 compliant?

- Yes
- Partially
- We did not do anything yet
- I don't know

7. Do you consider IPV6 as critical for your organization?

- Yes
- Somewhat
- No
- I don't know

8. Do you consider IPV6 as critical for the Belgian market??

- Yes
- Somewhat
- No
- I don't know

9. What could be the consequences for your organization of a late implementation of IPV6?

- Loss of turnover
- Loss of customers
- Organizational problems
- Information security issues
- Reduction of international relations
- I don't know
- Other (in case of "other" please explain)

10. Do you consider that IPV6 is better than IPV4 at information security level?

- Yes
- No
- It does not change anything
- I don't know

11. Did you already implement a planning for IPV6 implementation within your organization?

- We are already fully compliant
- We are in the process of implementation
- We do have a planning but we did not start
- We are thinking of drafting a planning
- We did not do anything yet
- I don't know

12. When do you think your organization (was or) will be fully IPV6 compliant?

- 2012
- 2013
- 2014
- 2015
- 2016
- 2017
- 2018
- 2019
- 2020
- I don't know

13. What did you face as problems that did not allow you to implement IPV6 earlier?

- Lack of budget
- Lack of internal training
- Lack of skills
- Lack of information
- We already are fully IPV6 compliant
- Other

14. What is the estimated cost in order to implement IPV6 in your organization?

- 0-50.000 euros
- 50.000 - 100.000 euros
- 100.000 -200.000 euros
- 200.000 - 300.000 euros
- 300.000 - 500.000 euros
- more than 500.000 euros
- I don't know

15. Could you explain which are the main costs in order to implement IPV6

- Infrastructure
- Applications
- External skills and consulting
- Internal training and knowledge sharing
- Other, please specify

16. Do you intend to offer your services both in IPV6 and IPV4?

- Only IPV4
- Only IPV6
- Dual Stack
- Tunnelling
- OTHER (please specify)

17. Are your various equipments and applications already IPV6 ready?

- Yes 100%
- Partially (less than 50%)
- Partially (more than 50%)
- Not at all
- I don't know

18. Do you think you already have enough information in order to implement IPV6?

- Yes
- No

19. Who, do you think, should provide you with additional information about IPV6?

- My Internet service provider
- My ICT suppliers
- The public authorities
- Other (please specify)

