



Rapport pour l'Internet Society

Évaluation de l'impact des
points d'échange Internet –
étude empirique portant
sur le Kenya et le Nigeria

Avril 2012

Michael Kende, Charles Hurpy

Réf. : 20945-144

Table des matières

| | | |
|------------|---|------------------------------|
| 1 | Synthèse | Error! Bookmark not defined. |
| 2 | Introduction | 5 |
| 2.1 | Impact d'un IXP | 6 |
| 2.2 | Notes méthodologiques | 14 |
| 3 | L'écosystème Internet au Kenya et au Nigeria | 15 |
| 3.1 | L'écosystème kényan | 15 |
| 3.2 | Avantages de l'IXPK | 19 |
| 3.3 | L'écosystème nigérian | 24 |
| 3.5 | Avantages de l'IXPN | 26 |
| 3.6 | Conclusion | 30 |
| 4 | Analyse comparative et projections | 33 |
| 4.1 | Repères régionaux | 33 |
| 4.3 | Projections | 36 |
| 5 | Conclusion | 44 |

Annexe A : Données de repères

Annexe B : Entretiens menés dans le cadre de cette étude

Annexe C : Glossaire

Annexe D : Notre organisation

Ce rapport a été rédigé à l'origine en anglais, puis traduit en français. En cas de divergences entre les versions anglaise et française, la version anglaise fera foi. La version anglaise est disponible au téléchargement sur le site de l'Internet Society : <http://internetsociety.org/ixpimpact>

© 2012 Analysys Mason Limited et Internet Society (ISOC). Cet ouvrage est publié sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. Pour consulter une copie de cette licence, visitez le site <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.

Analysys Mason
66 avenue des Champs Elysées
75008 Paris
France
Tel: +33 (0)1 72 71 96 96
Fax: +33 (0)1 72 71 96 97
paris@analysysmason.com
www.analysysmason.com

Reg. 410 406 839 RCS Paris
Succursale de Analysys Limited, Société de droit Anglais, Reg. Cardiff 1819989
Siège social: Analysys Limited, St Giles Court, 24 Castle Street, Cambridge, CB3 0AJ, UK

1 Résumé

Au fur et à mesure que l'Internet se mondialise, l'interconnexion entre les réseaux, les fournisseurs de contenu et les utilisateurs devient de plus en plus primordiale au développement du « réseau de réseaux » qu'est l'Internet. Au cœur de cette mondialisation figurent les points d'échange Internet (*Internet Exchange Point, IXP*), des entités qui permettent à tous les acteurs de l'Internet de s'interconnecter directement les uns avec les autres, améliorant ainsi la qualité de service et réduisant les coûts de transmission. Les IXP ont déjà joué un rôle clé dans le développement d'un écosystème Internet de pointe en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. Ce document décrit en détail l'impact que les IXP ont eu dans deux marchés émergents en Afrique sub-saharienne : le Kenya et le Nigeria. Les avantages pour les fournisseurs d'accès à Internet (FAI) comprennent les économies de coûts de la capacité internationale, alliées à une meilleure qualité de service résultant en revenus supplémentaires pouvant atteindre plusieurs millions de dollars par an.

Les IXP suivent généralement une voie d'évolution progressive, en s'appuyant sur le nombre et la diversité croissants de leurs membres au fil du temps. Au début du cycle de développement d'Internet dans la plupart des pays, les FAI trouvent souvent rentable d'utiliser leurs connexions internationales pour échanger du trafic local, un processus appelé « tromboning » ou « effet trombone ». L'effet trombone est le résultat d'une action unilatérale, où chaque FAI décide qu'il est plus rentable d'utiliser ses connexions internationales pour l'échange de trafic local que de se connecter à tous les autres FAI séparément. Cependant, l'utilisation de la capacité internationale pour le trafic domestique est coûteuse, et cet effet trombone peut être éliminé, avec des économies de coûts correspondantes, si les FAI adoptent une approche coopérative pour créer un IXP local où le trafic local peut être échangé.

La mise en place d'un IXP dans le pays permet aux FAI locaux de se connecter directement entre eux et d'échanger du trafic local, généralement via un accord de « peering » sans compensation financière, réduisant ou éliminant ainsi l'effet trombone et économisant les coûts de transit international, tout en réduisant le temps de latence (en évitant au trafic local d'être échangé au niveau international). Lorsque l'IXP commence à constituer une masse critique, impliquant la plupart ou la totalité des FAI, il attire progressivement les fournisseurs de contenu ainsi que les entreprises, les universitaires et les utilisateurs gouvernementaux, et devient ainsi le centre d'un écosystème Internet dynamique dans le pays. Par la suite, l'IXP peut également commencer à attirer les fournisseurs de contenu international et de connectivité, devenant ainsi une plaque tournante régionale pour le trafic Internet.

Les avantages de la localisation de l'interconnexion Internet augmentent progressivement, en raison de la demande croissante des consommateurs pour des services requérant plus de bande passante (comme la vidéo) et ayant un seuil de tolérance plus faible pour les temps de latence (comme la voix sur IP). Dans les pays développés, les IXP ont joué un rôle clé dans le développement de l'écosystème Internet

au cours des 15 dernières années. Aujourd'hui, les IXP se développent progressivement en Afrique, malgré un environnement économique et un marché des télécommunications plus difficiles.

Dans ce rapport, les avantages engendrés par les IXP ont été quantifiés pour deux pays africains : le Kenya et le Nigeria. Dans chacun de ces pays, les IXP sont en plein essor et contribuent à la croissance de l'écosystème Internet environnant d'un certain nombre de façons :

- Au Kenya, le point d'échange Internet (KIXP) localise actuellement plus de 1 Gbit/s de trafic en heure de pointe, ce qui réduit considérablement le temps de latence (de 200-600 ms à 2-10 ms en moyenne), tout en permettant aux FAI d'économiser près de 1,5 million de dollars par an sur la connectivité internationale. L'IXP augmente également les revenus du trafic de données mobile d'environ 6 millions de dollars pour les opérateurs ayant généré un trafic supplémentaire d'au moins 100 Mbit/s par an¹, contribue à la localisation de contenu dans le pays (y compris à partir de Google), est essentiel pour augmenter les recettes fiscales du gouvernement, et agit de plus en plus comme une plaque tournante régionale pour le trafic en provenance des pays voisins.
- Au Nigeria, le point d'Echange Internet (IXPN) localise actuellement 300 Mbit/s de trafic en heure de pointe avec une réduction correspondante des temps de latence, et permet aux opérateurs nationaux d'économiser plus d'un million de dollars par an sur la connectivité internationale. La présence de l'IXP a incité Google à placer un serveur de cache au Nigeria comme première étape du projet de construction de l'infrastructure Google à Lagos, et est au centre d'un partenariat pour améliorer les communications entre les universités. L'IXP a également contribué au rapatriement des plates-formes financières précédemment externalisées pour les services bancaires en ligne.

Ces répercussions sont résumées dans la Figure 1.1 ci-dessous. Dans l'ensemble, les IXP ont eu pour effet direct de réduire les coûts d'exploitation des FAI locaux, tout en augmentant le trafic, et le cas échéant leurs recettes, avec des avantages supplémentaires pour les secteurs ayant intégré l'IXP dans leur prestation de services, notamment l'administration fiscale au Kenya, et les secteurs de l'éducation et de la banque au Nigeria. Enfin, on peut s'attendre à ce que, au fil du temps, avec la baisse des coûts de la bande passante internationale, les IXP permettent de réduire les tarifs d'accès à Internet et entraînent une augmentation de la pénétration et de l'utilisation de l'Internet.

¹ Ce chiffre représente l'ensemble des recettes complémentaires cumulées des opérateurs de téléphonie mobile ayant augmenté leur trafic total jusqu'à 100 Mbit/s, et ce grâce à la présence de l'IXP, pour un trafic total estimé à 1 Gbit/s. Comme indiqué ci-après dans la Section 3.2.2, cette prévision est très conservatrice.

Figure 1.1 : Résumé des principaux avantages [Source : Analysys Mason, 2012]

| Avantage | KIXP | IXPN | Résumé |
|-------------------------|---|---|--|
| Temps de latence | Réduit de 200-600 ms à 2-10 ms | Réduit de 200-400 ms à 2-10 ms | Augmentation notable des performances pour les utilisateurs finaux |
| Échange de trafic local | 1 Gbit/s maximum | 300 Mbit/s maximum | Économies sur le transit international de plus d'un million de dollars par an dans chaque pays |
| Contenu | Réseau Google présent localement, avec réacheminement du contenu national | Comme au Kenya | Augmentation de l'utilisation et des recettes correspondantes pour le trafic de données mobile |
| Gouvernement virtuel | L'administration fiscale au Kenya prélève les impôts en ligne | Utilisation par les réseaux d'éducation et de recherche | Avantages sociaux découlant de l'accès du gouvernement virtuel aux IXP |
| Autres avantages | Quantité croissante du trafic régional échangé par le KIXP | Plates-formes financières hébergées localement | Autres avantages économiques résultant des IXP |

Au sein de leurs régions respectives, le Kenya et le Nigeria occupent une position forte en ce qui concerne l'accès et l'utilisation d'Internet, reflétant un certain nombre de variables interdépendantes : un environnement macro-économique positif, un environnement des télécoms libéralisé et dirigé par un organisme de contrôle largement respecté, une augmentation importante de la capacité internationale et un secteur de téléphonie mobile fort et concurrentiel. Il faut toutefois inclure dans cette liste les IXP, dont le succès se nourrit de ces autres variables, mais qui contribuent également à les alimenter. Un IXP contribue notamment à offrir les avantages de la libéralisation (baisse des prix et plus grande utilisation), ce qui peut apporter un soutien et de la crédibilité lors d'efforts supplémentaires pour libéraliser et développer le secteur. Les IXP peuvent également contribuer à améliorer la connectivité entre les pays voisins, en augmentant davantage l'utilisation et les bénéfices d'Internet.

Des exemples d'IXP plus avancés devraient encourager les parties prenantes en Afrique à accroître leur utilisation des points d'échange, afin de réduire leurs coûts et améliorer la qualité de leurs services. En outre, les décideurs politiques devraient aider à promouvoir la création et le développement des IXP en adoptant des réformes du secteur le cas échéant et en offrant un soutien ciblé si possible, étant donné que les IXP avancés profitent en fin de compte à l'ensemble de l'écosystème.

Remarque : cette étude a été financée par l'Internet Society (ISOC), une organisation sans but lucratif qui fournit un leadership dans le domaine des normes, de l'éducation et des politiques liées à l'Internet, et qui est une source indépendante essentielle sur ces questions.

2 Introduction

Au fur et à mesure que l'Internet se mondialise, l'interconnexion entre les réseaux, les fournisseurs de contenu et les utilisateurs devient de plus en plus primordiale au développement du « réseau de réseaux » qu'est l'Internet. Au cœur de cette mondialisation figurent les points d'échange Internet (*Internet Exchange Point, IXP*), des entités qui permettent à tous les acteurs de l'Internet de s'interconnecter directement les uns avec les autres, améliorant ainsi la qualité de service et réduisant les coûts de transmission. Ces IXP ont déjà joué un rôle clé dans l'avancement du développement de l'écosystème Internet en Amérique du Nord, en Europe et en Asie².

Malgré un marché des télécommunications et un contexte économique plus difficiles à l'heure actuelle, l'Internet se développe progressivement en Afrique, et un certain nombre de pays leaders sur le continent observent actuellement des tendances semblables à celles vécues dans les pays plus développés :

- croissance de l'utilisation de l'Internet avec, entre autres, le développement des technologies de l'Internet mobile
- amélioration de la connectivité nationale, fondée sur l'expansion de l'infrastructure Internet
- augmentation de l'accès à la connectivité internationale à travers le continent, notamment grâce à de nouveaux câbles sous-marins encerclant le continent
- développement des IXP pour faciliter la connectivité locale et exploiter l'accès à la connectivité internationale.

La documentation existante sur l'impact des IXP décrit en détail les nombreux avantages tels que le coût, la qualité et la redondance ; ce rapport vise à quantifier ces avantages, avec un accent sur les marchés émergents.

Nous nous concentrerons sur le Kenya et le Nigeria, chaque pays étant doté d'IXP apparaissant comme des exemples à suivre de points d'échange Internet en plein essor dans la région sub-saharienne. L'étude compare également la situation dans ces deux pays avec d'autres pays comparables de la région, et propose quelques projections basées sur des exemples plus avancés tels que l'IXP en Afrique du Sud, qui a réussi à s'imposer comme une plaque tournante régionale pour le trafic Internet international.

L'étude a été financée par l'Internet Society (ISOC), une organisation sans but lucratif qui fournit un leadership dans le domaine des normes, de l'éducation et des politiques liées à l'Internet, et qui est une source indépendante essentielle sur ces questions. L'ISOC croit fermement en la valeur des IXP dans

² Consultez, par exemple, « Overview of Recent Changes in the IP interconnection ecosystem », rédigé par Michael Kende, Partenaire chez Analysys Mason.

le développement d'un écosystème Internet dynamique, même si dans les marchés émergents d'Afrique, le développement de tels IXP est généralement en retard, pour un certain nombre de raisons telles que :

- les utilisateurs potentiels de ces IXP ne perçoivent pas toujours la totalité des avantages commerciaux, ce qui limite la création de nouveaux points d'échange Internet et la croissance des IXP existants
- les décideurs politiques ne comprennent peut-être pas les avantages d'un point de vue général, limitant les réformes sectorielles nécessaires qui permettraient de promouvoir la création et la croissance d'un IXP prospère.

Dans le cadre de la mission d'information de l'ISOC auprès des parties prenantes, cette étude vise à mettre en évidence les avantages concrets permettant de promouvoir la création et l'utilisation d'un IXP prospère auprès des fournisseurs d'accès à Internet (FAI), fournisseurs de contenu, entreprises, universitaires, utilisateurs gouvernementaux et décideurs politiques.

2.1 Impact d'un IXP

Les IXP fournissent une plate-forme à leurs membres, qui comprennent FAI, fournisseurs de réseaux et fournisseurs de contenu, pour interconnecter leurs réseaux et échanger leur trafic directement. Les échanges favorisent l'acheminement local du trafic Internet national ou régional, en facilitant l'interconnexion entre tous les acteurs pour réduire les coûts et maximiser la performance. Alors que la tendance à localiser l'échange de trafic se poursuit dans le but de réaliser des économies sur la connectivité internationale (et continuera d'augmenter, compte tenu des économies d'accès aux contenus à haut débit localement), les avantages en termes de performance de la localisation de l'interconnexion progressent, en raison de la demande croissante des consommateurs pour des services fortement consommateurs de bande passante et ayant une tolérance plus faible aux temps de latence³.

2.1.1 Contexte

L'Internet est un réseau de réseaux interconnectés les uns aux autres et gérés par différents fournisseurs. De façon simplifiée, on peut considérer quatre types d'acteurs différents :

- Un *FAI* offre à ses clients un accès à Internet via une ligne fixe ou mobile et en utilisant une technologie telle que l'Internet bas débit, le DSL, la 3G, le WiMAX, ou la fibre optique. Ses clients sont des utilisateurs finaux d'Internet et des fournisseurs de contenu.

³ La latence définit un temps de retard rencontré dans un système de communication. La latence correspond ici à une latence « en boucle », c'est-à-dire au retard entre la source qui envoie un « paquet » IP de trafic vers une destination et qui en reçoit ensuite une réponse.

- Un *fournisseur de contenu* crée et/ou agrège du contenu Internet, afin de le mettre à la disposition de ses clients. Un fournisseur de contenu obtiendra l'accès à Internet via un FAI, lequel fournira le service de transmission de données avec le reste d'Internet.
- Un *fournisseur de dorsale Internet* achemine le trafic vers et à partir de réseaux tiers par le biais de son infrastructure de réseaux de fibre optique à grande vitesse nationaux et/ou internationaux. Un réseau de dorsale Internet s'interconnecte avec d'autres réseaux de dorsale pour vendre l'accès à Internet aux FAI et aux utilisateurs « entreprise ».
- Un *utilisateur final* accède à Internet via un appareil fixe ou mobile connecté à Internet par un FAI. L'utilisateur final peut être un consommateur individuel, une entreprise, un gouvernement ou un organisme d'éducation.

Afin de créer l'Internet, ces intervenants doivent tous s'interconnecter pour faciliter l'accès entre les utilisateurs finaux et les fournisseurs de contenu. Historiquement, un certain nombre de facteurs influent sur les relations entre les parties prenantes et les flux de trafic en résultant. Cependant, un modèle historique semble avoir été suivi dans les pays développés vers une interconnexion locale accrue au niveau des IXP, et cette tendance se poursuit dans les marchés émergents⁴.

2.1.2 Conditions menant à un IXP

Bien que chaque pays possède des conditions uniques en termes de taux d'adoption d'Internet, de réglementation des télécommunications et d'accès au contenu, la plupart des pays suivent généralement un modèle similaire pour l'interconnexion Internet : ils ont tendance à dépendre d'abord de coûteuses liaisons internationales jusqu'à ce que les avantages économiques, techniques et autres les encouragent à localiser l'interconnexion, afin de profiter des coûts inférieurs et d'une meilleure qualité d'accès⁵.

Au début du cycle d'adoption de l'Internet, les FAI achètent généralement du transit international auprès d'un fournisseur (au moins) de dorsale Internet, en vue de fournir l'accès à l'Internet dans son ensemble, y compris aux fournisseurs de contenu et de services et aux autres utilisateurs. Cependant, tandis que l'accès au contenu et aux utilisateurs internationaux est essentiel, les utilisateurs finaux ont également un fort intérêt à accéder au contenu et aux services Internet domestiques, pour envoyer des e-mails personnels et professionnels, et pour toutes les interactions avec le gouvernement local, les établissements d'enseignement et les services et sites Web d'entreprises.

⁴ Pour plus d'informations détaillées, voir le site : http://www.analysysmason.com/About-Us/News/Insight/Insight_Internet_connection_Jun2011/?ReturnUrl=http%3A//www.analysysmason.com/Search%3Fquerytype%3DAnyWords%26page%3D1%26perpage%3D10%26query%3Dkende%26new_search%3Dtrue%26sortby%3Dr_elevance%23%21/_Search_Filter__%3Fquery%3Dkende%26featuredItemsCount%3D0%26back%3Dtrue.

⁵ En tant que base historique de l'Internet, les États-Unis ont toujours accordé une priorité en interne à l'échange de trafic et à l'accès aux contenus. En même temps, les pays développés d'Asie et d'Europe ont été les premiers à s'appuyer sur les États-Unis en matière d'échange de trafic jusqu'à ce que l'échange de trafic soit peu à peu localisé, comme cela est indiqué dans cette section. Ce schéma s'étend à présent aux marchés émergents d'Afrique et d'Amérique latine, comme nous le montrons ci-après à partir de deux exemples en Afrique.

Au début du cycle d'adoption, le coût des connexions internes entre les FAI nationaux peut être considérable, notamment là où il y a un nombre conséquent de fournisseurs de services Internet (dont chacun exigerait une connexion distincte) et/ou là où la connectivité domestique n'est pas très compétitive (et donc coûteuse). Parce que tous les fournisseurs de services Internet achètent nécessairement du transit international, certains trouvent souvent plus rentable ou pratique d'inclure le trafic domestique dans ces connexions, en particulier dans les pays où l'accès à l'infrastructure de liaisons secondaires intérieure (backhaul) est limité et où les prix sont élevés. En conséquence, le trafic intérieur, y compris un simple e-mail entre voisins, peut quitter le pays afin d'être échangé (processus parfois connu sous le nom de *tromboning* ou effet *trombone*). Ceci est décrit en détail dans la Figure 2.1 ci-dessous, dans laquelle chacun des fournisseurs de services Internet dans le pays A utilise le transit international pour échanger du trafic avec un autre FAI, ainsi que pour échanger du trafic avec les FAI étrangers et les fournisseurs de contenu.

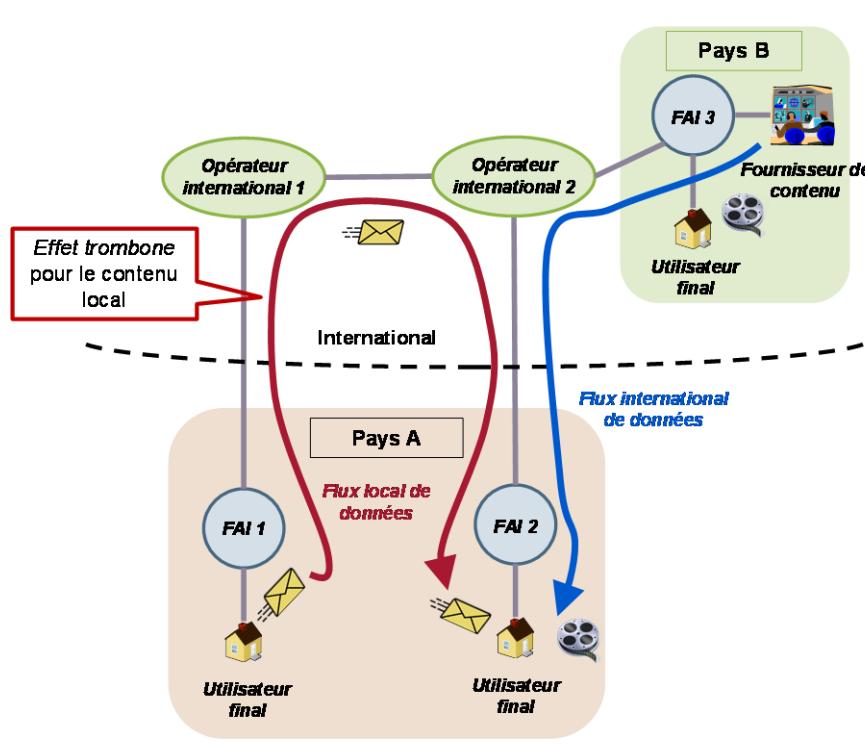


Figure 2.1 : Exemple d'utilisation de la connectivité internationale pour le contenu et les communications locales et internationales [Source : Analysys Mason, 2012]

Alors que l'effet trombone peut sembler plus simple et plus rentable qu'un réseau de liaisons directes potentiellement plus coûteux entre les FAI, il impose trois contraintes importantes aux fournisseurs en particulier, et à l'écosystème en général :

- *Temps de latence* : l'effet trombone peut allonger la durée d'acheminement du trafic Internet de façon importante, non seulement du fait de la distance supplémentaire parcourue, mais aussi en

raison du nombre de sauts supplémentaires⁶ que le trafic doit effectuer pour aller d'un FAI à l'autre. Ce temps de latence peut retarder l'adoption de services Internet avancés tels que la voix sur IP (VoIP) et la vidéo, lesquels sont fortement pénalisés par les temps de latence élevés.

- *Coût* : l'introduction d'une transmission internationale aller-retour pour l'échange de trafic local est intrinsèquement inefficace et augmente le coût des services. Ce coût retombe sur les utilisateurs finaux sous forme de frais d'accès élevés et/ou de frais d'utilisation élevés, et a également des impacts négatifs sur la capacité des entreprises à faire des investissements de capitaux dans leur infrastructure, ce qui influe négativement sur l'adoption et l'utilisation des services Internet.
- *Croissance de l'écosystème* : dans un environnement où il y a peu d'interconnexion nationale entre les réseaux, les fournisseurs de contenu internes choisiront souvent d'héberger leur propre contenu à l'étranger, afin de servir les clients locaux par l'intermédiaire de liaisons internationales existantes. Cela entraîne des coûts pour fournir du contenu local, et ralentit également l'émergence d'une industrie du contenu locale qui servirait à encourager l'adoption de l'Internet.

L'effet trombone est le résultat d'une action unilatérale, où chaque FAI décide qu'il est plus rentable d'utiliser ses connexions internationales pour l'échange du trafic local. Cependant, une approche coopérative entre les FAI pour créer un IXP peut changer le statu quo et éliminer l'effet trombone, tel que décrit dans la section suivante.

2.1.3 Création d'un IXP

Comme on le voit dans de nombreux pays, les FAI agissant de concert ont à la fois la capacité et l'incitation à développer un IXP qui permettra de réduire ou d'éliminer l'effet trombone, afin de réduire leurs coûts et d'améliorer la qualité de service qu'ils fournissent. Tel qu'illustré dans la figure suivante, les FAI peuvent se connecter à l'IXP avec une seule liaison, et utiliser cette liaison pour échanger du trafic local avec les autres FAI, généralement au moyen d'un accord de peering sans compensation financière⁷, tout en réservant leurs liaisons internationales au trafic international.

⁶ Remarque : un saut fait référence à la liaison entre deux nœuds distincts de réseau, où le trafic Internet est acheminé successivement sur l'ensemble de l'infrastructure du réseau. Le trafic IP est habituellement acheminé à travers de multiples nœuds, et chaque saut rajoute une prise en charge du trafic et un temps de routage, qui a un impact négatif sur la qualité et la résilience de la transmission.

⁷ Dans un accord de *peering* (appairage), les fournisseurs conviennent de s'échanger mutuellement le trafic de leurs clients respectifs. Quand les fournisseurs estiment que l'échange est globalement équitable, à partir du volume du trafic échangé et d'autres mesures, alors le peering se fait sans contrepartie financière. Le peering est habituellement un arrangement bilatéral, passé à titre privé, entre des fournisseurs ou par le biais d'un IXP public. Cependant, certains IXP, dont les deux IXP examinés ici, fonctionnent sur la base d'un peering multi-latéral par lequel il est demandé à chaque membre de l'IXP de se connecter (sur le mode du peering) avec les autres membres, afin d'instaurer une connectivité maximale entre les membres.

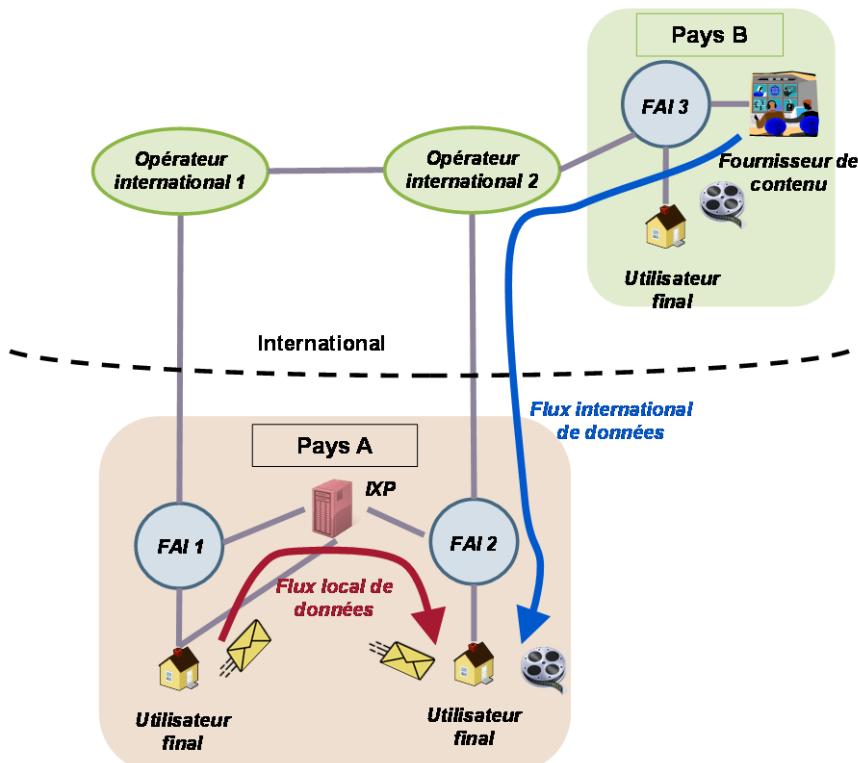


Figure 2.2 : Impact d'un IXP sur les flux de trafic domestique [Source : Analysys Mason, 2012]

Un IXP peut avoir des avantages à court terme et à long terme. Les avantages à court terme de la création d'un IXP sont énumérés ci-après:

- *Temps de latence réduit* : tout le trafic domestique évitera désormais les trajets internationaux, ce qui réduit considérablement le temps de latence de la transmission, ce qui est particulièrement important pour les services sensibles au facteur temps tels que les appels VoIP.
- *Coûts réduits* : en outre, l'échange de trafic local via peering et l'élimination de l'effet trombone permettront d'économiser sur le coût de transit international, étant donné que le FAI d'origine n'a pas à payer de transit pour envoyer le trafic local vers un point d'échange international, alors que le FAI recevant les données n'a pas à payer de transit pour ramener le trafic vers le réseau domestique.
- *Autonomie accrue* : dans de nombreux cas, les pannes au niveau des connexions sous-marines ou satellites nuisent à la connectivité nationale et régionale. Les IXPs éliminent la dépendance à la connectivité internationale pour la communication locale qui se traduit par une infrastructure Internet locale robuste et fiable.

À plus long terme, ces avantages augmentent. Alors que la réduction du temps de latence est en grande partie basée sur la physique (plus la distance est courte, moins il y a de sauts, plus le temps de latence est faible), dans la pratique, cela entraîne également une réduction des coûts. Plus précisément, le transit international peut être sous-provisionné compte tenu de son coût important, en particulier

pendant les heures de pointe. Ce sous-provisionnement augmente en outre le temps de latence de l'effet trombone et les améliorations correspondantes à partir d'un IXP (dont les liaisons domestiques sont généralement moins chères et donc moins enclines au sous-provisionnement).

L'élimination de l'effet trombone et la réduction correspondante du temps de latence peuvent aussi augmenter les revenus. Il est aujourd'hui bien compris qu'un temps de latence accru réduit l'utilisation d'Internet, car les utilisateurs sont réticents à attendre une application qui se charge lentement⁸. Par conséquent, avec la diminution du temps de latence consécutive à la mise en place d'un IXP, les consommateurs augmenteront leur utilisation des services qui en seront à leur tour positivement affectés, ce qui conduit à un double avantage pour les fournisseurs : en reliant les services au moyen d'un IXP, ils réduiront non seulement leurs coûts, mais contribueront également à accroître l'utilisation, ce qui pourra directement ou indirectement augmenter les revenus. Par exemple, les opérateurs de téléphonie mobile peuvent vendre des données par bit, et par conséquent une utilisation accrue augmente directement les revenus. En même temps, une plus grande utilisation se traduit par plus d'accès au contenu, avec une augmentation indirecte correspondante des revenus de publicité et/ou d'abonnement.

Ces avantages de réduction des coûts et de temps de latence interagissent entre eux et peuvent conduire à un cercle vertueux permettant à l'IXP de croître pour atteindre une masse critique, comme expliqué dans la section suivante.

2.1.4 Développement d'une masse critique

Un IXP profite des effets de réseau – plus il dispose de membres, plus il devient important de rejoindre l'IXP afin de pouvoir échanger du trafic avec les membres existants. En conséquence, un IXP bien géré offrant les avantages décrits ci-dessus peut développer une masse critique, en hébergeant plusieurs ou l'ensemble des FAI et fournisseurs de contenu dans le pays, et en offrant des avantages significatifs à ses membres et à l'écosystème environnant.

En particulier, étant donné que les FAI se connectent et localisent les communications, il y a trois autres sources de croissance pour l'écosystème qui peuvent se concentrer sur l'IXP.

- Tout d'abord, les sites nationaux hébergés à l'étranger peuvent « rentrer chez eux » afin de réduire les frais d'hébergement à l'étranger et les frais de transit, tout en profitant de temps de latence plus faibles. L'IXP fournit aux sites Web locaux un moyen d'être facilement accessible à tous les utilisateurs locaux via une seule connexion, et réduit donc la nécessité d'être hébergé à l'étranger à cet effet.

⁸ Par exemple, les expériences de latence menées sur les sites de recherche Bing et Google ont montré qu'un ralentissement de 2 secondes modifiait le nombre de requêtes par utilisateur de -1,8 % et les recettes par utilisateur de -4,3 % pour Bing ; alors qu'un retard de 400 millisecondes provoquait une baisse de -0,59 % du nombre de requêtes par utilisateur pour Google.

Source : <http://perspectives.mvdirona.com/2009/10/31/TheCostOfLatency.aspx>

- Deuxièmement, les services (notamment les services gouvernementaux virtuels) sont plus facilement réalisables lorsqu'il y a un moyen à faible coût d'atteindre tous les utilisateurs en ligne, comme celui offert par l'accès via l'IXP.
- Enfin, les fournisseurs de contenu internationaux, ou les réseaux de distribution de contenu, peuvent construire une infrastructure réseau (par ex. mettre un cache⁹ ou un serveur) dans le pays pour accroître leur base de clientèle et l'utilisation.

Outre le fait de fournir aux consommateurs un accès de meilleure qualité à des services en ligne plus nombreux, une telle croissance augmente également les investissements – étrangers et nationaux – tout en offrant plus d'emplois pour fournir ces services et innover.

D'autre part, au fur et à mesure que l'IXP se développe, il peut se transformer en une plaque tournante pour le trafic régional, où les FAI d'autres pays échangent du trafic et où du contenu international peut être hébergé, comme illustré dans la Figure 2.3 dans laquelle les flèches indiquent les flux de trafic.

⁹

Remarque : un cache est un serveur de réseau dédié qui stocke les contenus Internet (par ex., les pages Web ou les contenus vidéo) sélectionnés par les utilisateurs afin de répondre plus rapidement aux demandes futures pour les mêmes données. La première fois qu'un utilisateur demande un contenu, comme par exemple une vidéo sur YouTube, celle-ci est acheminée depuis le serveur international vers l'internaute, et, en même temps, elle est stockée dans le cache local – les futurs utilisateurs seront donc servis à partir du cache, ce qui permettra de faire des économies sur le coût de la latence lors de l'accès au serveur international.

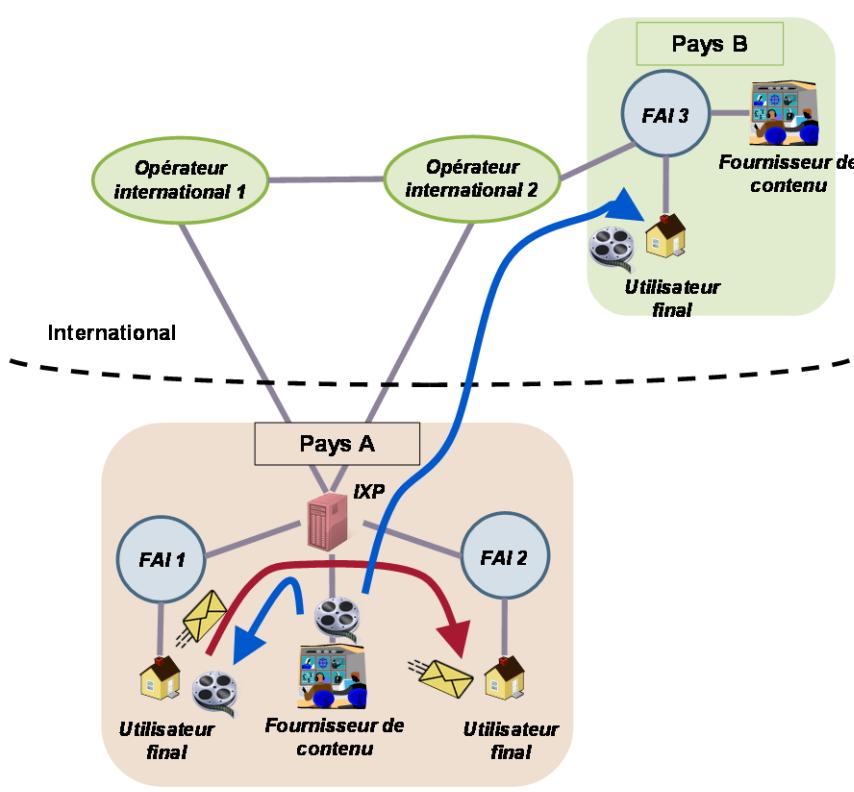


Figure 2.3 :
Développement d'un IXP
en une plaque tournante
régionale [Source :
Analysys Mason, 2012]

La possibilité de transformer un IXP en une plaque tournante pour le contenu et la connectivité internationale ne dépend pas exclusivement de ses membres, car elle repose sur un environnement favorable, y compris sur des politiques de libre accès au niveau des passerelles internationales, et sur des exigences et obligations d'octroi de licences minimales qui permettront aux opérateurs téléphoniques étrangers et aux fournisseurs de contenu de se connecter facilement à l'IXP et de vendre leurs services à d'autres membres de l'IXP.

2.1.5 Conclusion

Il y a plusieurs étapes dans l'évolution d'un IXP. Tout d'abord, la mise en place d'un IXP dans le pays permet aux FAI locaux de se connecter entre eux, ce qui élimine le coût et le temps de latence de l'effet trombone. Lorsque l'IXP commencera à constituer une masse critique, réunissant la plupart ou la totalité des FAI, il commencera également à attirer les fournisseurs de contenu ainsi que les entreprises, les universitaires et les utilisateurs gouvernementaux, et deviendra ainsi le centre d'un écosystème Internet dynamique dans le pays. En outre, l'IXP pourra également commencer à attirer les fournisseurs de contenu international et de connectivité, devenant ainsi une plaque tournante régionale pour le trafic Internet.

2.2 Remarques méthodologiques

L'analyse ci-dessous s'appuie sur des connaissances du marché, ainsi que sur des données et preuves qualitatives et quantitatives réunies via les deux IXP étudiés: le point d'échange Internet du Kenya (KIXP) et le point d'échange Internet du Nigeria (IXPN). Ces deux points d'échange Internet ont été choisis comme les plus pertinents pour cette étude, en tant qu'exemples d'IXP en pleine réussite en Afrique.

Les données citées dans le présent rapport ont été recueillies par le biais d'un questionnaire adressé à de nombreuses parties prenantes locales concernées, à qui la confidentialité a été promise en retour du partage des données sensibles. Analysys Mason a poursuivi l'étude par des entretiens téléphoniques ou en personne dans les deux pays (voir liste complète dans l'Annexe B). Les impacts évalués de ces deux IXP ont été comparés avec la situation observée dans d'autres pays de références comparables, et des projections pour ces IXP ont été réalisées à partir de données provenant d'IXP plus avancés.

3 L'écosystème Internet au Kenya et au Nigeria

Dans ce chapitre, nous présentons une vue d'ensemble du développement de l'écosystème Internet au Kenya et au Nigeria et nous décrivons l'impact de leurs IXP respectifs sur l'écosystème dans ces deux pays. Dans notre examen de l'écosystème Internet, nous incluons les opérateurs de téléphonie fixe et mobile offrant un accès Internet, ainsi que la connectivité nationale et internationale utilisée pour fournir un tel accès.

3.1 L'écosystème kényan

3.1.1 Accès Internet

Le nombre total d'abonnements à Internet (fixe et mobile) est passé de 3,2 millions à la fin du 3^e trimestre 2010 à 5,4 millions à la fin du 3^e trimestre 2011¹⁰. L'Internet mobile est de loin le moyen de connexion principal et représente 99 % de toutes les connexions, suivi par les abonnements aux réseaux sans fil terrestres et DSL fixe.

Le haut débit n'est encore qu'aux premiers stades de son développement; le nombre d'abonnements haut débit a atteint 127 000 fin 2011 (soit une augmentation de près de 50 % en un an), ce qui représente 2,33 % seulement du total des abonnements à Internet. En général, le faible taux de pénétration des ordinateurs par foyer limite la demande en haut débit au Kenya. En outre, le marché du fixe au Kenya est extrêmement faible et la plupart des abonnés utilisent un accès sans fil fixe ou un accès Internet mobile.

L'introduction de services WiMAX, à la suite de l'octroi de licences universelles en 2008, a contribué à stimuler les abonnés haut débit fixes en 2009. Le déploiement des services 3G de Safaricom courant 2008, en collaboration avec Orange Kenya en 2009, a contribué à stimuler les connexions mobiles à large bande en 2009 et 2010. Au 3^e trimestre 2011, Safaricom détenait une part du marché de 79 % en termes d'abonnements à Internet (à bas débit et à large bande) avec un peu plus de 4,3 millions d'abonnés, suivi par Celtel Kenya avec 8,5 % et 460 000 lignes, et Telkom Orange avec une part de marché d'un peu moins de 2 % et 106 000 lignes.

Les cybercafés et autres accès partagés représentent une source supplémentaire d'accès à Internet. Au total, le nombre estimé d'utilisateurs d'Internet a atteint 14,3 millions à la fin du 3^e trimestre 2011, comparativement à 8,7 millions un an auparavant¹¹.

¹⁰ Commission des communications du Kenya (CCK).

¹¹ Source : CCK, *Rapport statistique du secteur 1er trimestre 2011–2012*.

3.1.2 Connectivité nationale et internationale

La connectivité internationale au Kenya s'est considérablement améliorée au cours des deux dernières années, avec l'installation de plusieurs câbles sous-marins à grande capacité (voir l'annexe A.1.2), y compris le système de câble sous-marin d'Afrique de l'Est (EASSy), le système de câble de fibre optique TEAMS (The East African Marine System), et les câbles SEACOM qui ont ensemble amélioré la disponibilité de bande passante et la connectivité.

- *SEACOM* : le réseau de fibre optique sous-marin SEACOM a été lancé en juillet 2009 comme premier câble sous-marin desservant l'Afrique de l'Est. Il a été installé et est géré par SEACOM, une entreprise privée, et comprend un réseau de fibre optique de 17 000 km de long qui longe les côtes sud et orientale de l'Afrique et connecte la région à l'Internet via l'Europe et l'Inde.
- *TEAMS* : le câble TEAMS a été achevé en septembre 2009. Il fait 4 500 km de long et connecte le Kenya et les Émirats arabes unis (EAU). Il est détenu à 85 % par TEAMS Limited, un consortium qui comprend Telkom Kenya, Safaricom, Kenya Data Networks et d'autres opérateurs locaux, avec Etisalat basé aux EAU détenant les 15% restants.
- *EASSy* : ce câble a été achevé en avril 2010 et lancé en juillet 2010. Il fait 10 000 km de long et s'étend le long de la côte orientale de l'Afrique. Il dispose de neuf stations terrestres dont une au Kenya. L'installation est détenue et exploitée par un large consortium qui comprend Etisalat, Bharti Airtel, TTCL et Zantel, ainsi que d'autres opérateurs africains, des opérateurs internationaux et des institutions de financement.

En outre, une extension du réseau Lower Indian Ocean Network (Lion) qui connecte actuellement Madagascar, la Réunion et l'Île Maurice au Kenya est en cours, avec le lancement commercial prévu au premier semestre 2012.

L'ajout d'une nouvelle capacité de fibre optique a considérablement augmenté la quantité de bande passante Internet internationale disponible au Kenya, comme illustré dans la Figure 3.1. Mi-2010, le Kenya avait 20 Gbit/s de bande passante Internet internationale, soit 20 fois plus qu'avant l'arrivée des câbles et 2 000 fois plus que depuis le début de la décennie. Le Kenya peut également s'appuyer sur une capacité sous-marine disponible de 200 Gbit/s en cas de besoin, tandis que le satellite ne représente aujourd'hui que 1 % de la capacité utilisée.

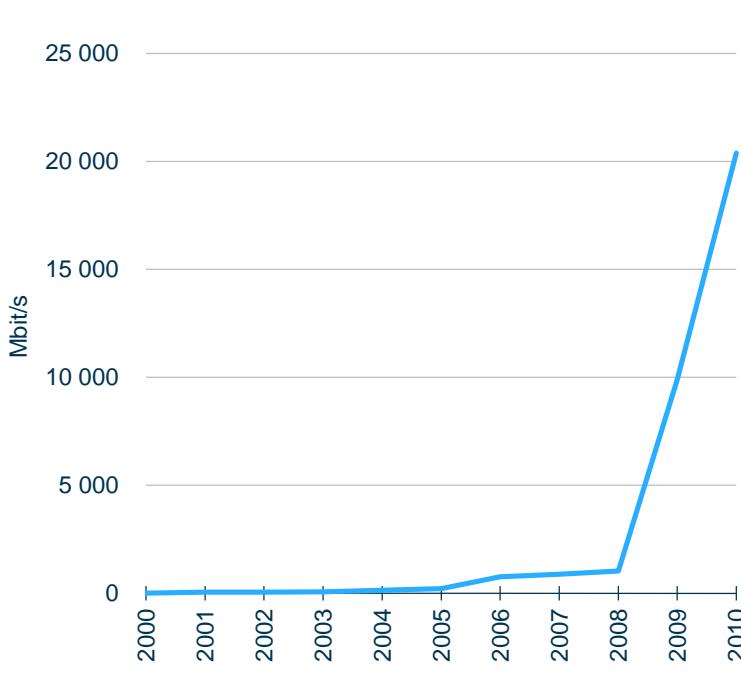


Figure 3.1 : Capacité internationale de la bande passante Internet du Kenya (Mbit/s)
[Source : CCK, 2011]

Le Kenya a plusieurs réseaux terrestres qui se connectent à des câbles sous-marins qui arrivent dans le pays. Le gouvernement a mis en place une infrastructure nationale de réseau de fibre optique (NOFBI) de 4 469 km de long et a récemment annoncé des plans visant à étendre ce réseau à tous les districts du Kenya. La compagnie d'électricité au Kenya, Kenya Power & Lighting Company (KPLC), a obtenu une licence Network Facility Provider de CCK, qui lui permet de construire, installer et exploiter un réseau de fibre optique qui, à son tour, est loué aux opérateurs agréés Safaricom, Wananchi Group et Jamii Télécoms. Il y a également deux réseaux privés nationaux de fibre optique au Kenya, exploités par Orange et Kenya Data Networks, lesquels couvraient environ 70 % de la population kényane en 2010. Enfin, en novembre 2011, Safaricom a annoncé des plans pour construire son propre réseau terrestre de fibre optique de 4 000 km¹². Grâce à ces déploiements, les prix de la connectivité nationale ont considérablement diminué. En conséquence, la capacité intérieure entre Nairobi et Mombasa est moins chère que la capacité internationale vers les principales destinations internationales comme Londres (à partir de Nairobi ou Mombasa), ce qui contribue à promouvoir l'utilisation de l'IXP¹³.

En termes de connectivité régionale, il y a deux liaisons existantes avec l'Ouganda et une liaison prévue vers l'Éthiopie¹⁴, tandis que des points de présence (PoP) ont été mis en place au Kenya pour

¹² En sus de cette connectivité nationale, il existe un certain nombre de réseaux urbains. Plus particulièrement, quatre fournisseurs (Wananchi Group, Jamii Telkom, Frontier Optical Networks (FON) et Access kenya Group) disposent d'un réseau en fibre optique conséquent dans les principales communes autour de Nairobi et de Mombasa.

¹³ Comme nous le verrons dans l'étude de cas sur le Nigeria, il n'est pas toujours avéré que la connectivité nationale soit moins onéreuse que la connectivité internationale, et une telle différence de prix peut ralentir l'adoption et l'utilisation d'un IXP national étant donné les coûts pratiqués pour l'accès.

¹⁴ Source: African Fibre and Satellite Markets (Marchés africains du satellite et de la fibre) 2^{ème} édition, Balancing Act, 2010.

relier le pays au réseau national tanzanien de fibre optique¹⁵. Le gouvernement a également annoncé, en octobre 2011, qu'il prévoit de construire de nouvelles infrastructures reliant le pays au Sud-Soudan, y compris une liaison directe par fibre optique.

3.1.3 KIXP

Il existe deux points d'échange Internet au Kenya: l'un situé à Nairobi et l'autre à Mombasa. Ces deux IXP sont exploités par l'Association des fournisseurs de services de télécommunications du Kenya (TESPOK), une organisation à but non lucratif qui représente les FAI et les intérêts d'autres opérateurs de télécommunications. Le premier IXP, connu sous le nom d'IXP Kenya (KIXP), a été lancé à Nairobi en 2000, mais, à la suite d'un différend soulevé par le titulaire Kenya Telkom, qui se plaignait que l'IXP n'était pas autorisé et avait violé ses droits exclusifs pour acheminer le trafic international, l'IXP a été contraint de fermer. Après une année de débat, la réouverture de KIXP Limited a été autorisée, cependant avec une licence d'exploitation accordée par CCK en novembre 2001, faisant du Kenya le premier pays au monde à acquérir un IXP sous licence.

Depuis lors, avec l'arrivée des câbles sous-marins et en prévision d'une augmentation du trafic Internet local et régional, un second IXP a été lancé en 2010 à Mombasa, point d'arrivée des câbles sous-marins décrits ci-dessus. Ce développement permet d'échanger le trafic de la région localement, améliorant ainsi l'expérience de l'utilisateur final et réduisant les coûts pour les FAI et les opérateurs qui n'ont plus à échanger le trafic régional via Nairobi. Contrairement à l'IXP de Nairobi, qui est hébergé dans un endroit neutre, celui de Mombasa est hébergé par SEACOM et le restera pendant quelques années. Néanmoins, avoir accès à plusieurs câbles à Mombasa permet l'équilibrage du trafic entre les câbles, une meilleure agrégation du trafic régional et une couverture plus vaste de la population.

Lors de son lancement, KIXP utilisait uniquement des liaisons 64 kbit/s, mais il s'est depuis développé rapidement et se classe maintenant parmi les 15 meilleurs IXP du monde en termes de croissance du trafic échangé. Le trafic Internet local échangé à KIXP a atteint 1 Gbit/s en période de pointe en juillet 2011, par rapport à 250 Mbit/s seulement un an auparavant¹⁶. KIXP compte aujourd'hui plus de 25 membres, dont MTN, Safaricom, KDN, Airtel et Jamii Telkom¹⁷. En outre, KENIC (le registre local .ke), KENET (un réseau éducatif), des services informatiques du gouvernement et l'Autorité kényane du revenu (KRA) sont tous connectés à KIXP. Afin d'assurer la connectivité à grande échelle, KIXP applique un accord multilatéral de peering (MLPA, *Multi-Lateral Peering Agreement*), selon lequel chaque membre de l'IXP doit se connecter (sur le mode de peering) avec les autres membres via les

¹⁵ Source : <http://www.biztechAfrica.com/article/tanzania-fibre-optic-network-rolling-out-steadily/1483/>

¹⁶ Source : <http://allafrica.com/stories/201107190352.html>

¹⁷ Source : http://www.tespok.co.ke/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=92

serveurs de routage de KIXP. Bien que le peering avec les autres membres soit un arrangement sans compensation financière, il y a des frais d'utilisation pour financer l'exploitation de l'IXP¹⁸.

3.2 Avantages de KIXP

Ce chapitre analyse les avantages directs du KIXP de Nairobi, observés par l'IXP lui-même et ses membres. Comme décrit ci-dessus, ces avantages comprennent les prestations pour la connectivité domestique (notamment les coûts de transmission), la connectivité internationale (en particulier le recours à des liaisons internationales) et la qualité de service (par exemple le temps de latence et la résilience).

3.2.1 Principaux avantages

Les principaux avantages immédiats de l'IXP sont la réduction du temps de latence des transmissions et la baisse des coûts connexes de transmission.

Il existe une certaine variabilité dans les impacts sur la latence observés par KIXP et un certain nombre de ses membres, reflétant des différences dans l'accès et le routage. Néanmoins, les FAI ont rapporté uniformément un temps de latence supérieur à 200 millisecondes (ms) et pouvant atteindre 600 ms, sans l'IXP. Pour information, les latences supérieures à 300 ms résultant de l'effet trombone exposent la VoIP à des insuffisances du réseau qui, souvent, nuisent aux conversations bidirectionnelles. Avec l'IXP, les FAI ont signalé uniformément moins de 10 ms de temps de latence, ce dernier atteignant même dans certains cas seulement 2 ms, ouvrant la voie à la VoIP ainsi qu'à d'autres applications sensibles au temps de latence.

En termes d'impact sur le trafic, les FAI ont attribué l'ensemble de leur échange de trafic local à KIXP, affirmant que sans KIXP, l'ensemble de leur trafic subirait l'effet trombone. Cela signifie que, sans l'IXP, l'ensemble du trafic actuel (en heure de pointe) de 1 Gbit/s échangé par l'intermédiaire de l'IXP serait échangé via les connexions coûteuses de transit international. En termes de valeur de ces circuits, nous avons entendu parler de coûts allant de 90 à 250 dollars par Mbit/s de trafic par mois pour le service de gros, à 650 dollars par Mbit/s par mois payés par un utilisateur pour les services de détail. Les différences dans les prix pour les services de gros reflètent un certain nombre de différences entre les acheteurs, y compris le volume de trafic, l'utilisation de la capacité auto-détenue et le routage ; un observateur a suggéré une valeur moyenne de 120 dollars par Mbit/s pour le transit international. Avec ce prix relativement conservateur, les économies réalisées sur la vente en gros de 1 Gbit/s à KIXP (au lieu d'utiliser le transit international de l'effet trombone) représentent 1 440 000 dollars par an.

¹⁸

Les frais de connexion mensuels sont compris entre 25 000 shillings kényans (300 dollars) pour un port 10 Mbit/s et 45 000 shillings kényans (540 dollars) pour un port de 1 Gbit/s.

3.2.2 Vers une masse critique

Afin de tirer parti de la valeur de KIXP, Google a installé en avril 2011 un serveur Google Global Cache (GGC) au Kenya. Le serveur cache était initialement prévu pour un seul opérateur à Nairobi, à condition que le contenu soit mis à la disposition de tous les membres de KIXP. Le serveur cache conserve le contenu statique après qu'il ait été téléchargé au Kenya, tel que les vidéos YouTube, et toutes les personnes interrogées ont souligné l'impact important que le cache GGC a eu sur leurs niveaux de trafic. Figure 3.2 ci-dessous illustre l'augmentation du trafic échangé à KIXP, montrant ainsi une hausse spectaculaire après avril 2011. Cette augmentation reflète principalement l'utilisation accrue du contenu Google, notamment une volonté croissante de regarder en streaming des vidéos YouTube grâce à un temps de latence plus faible et donc un accès plus rapide.

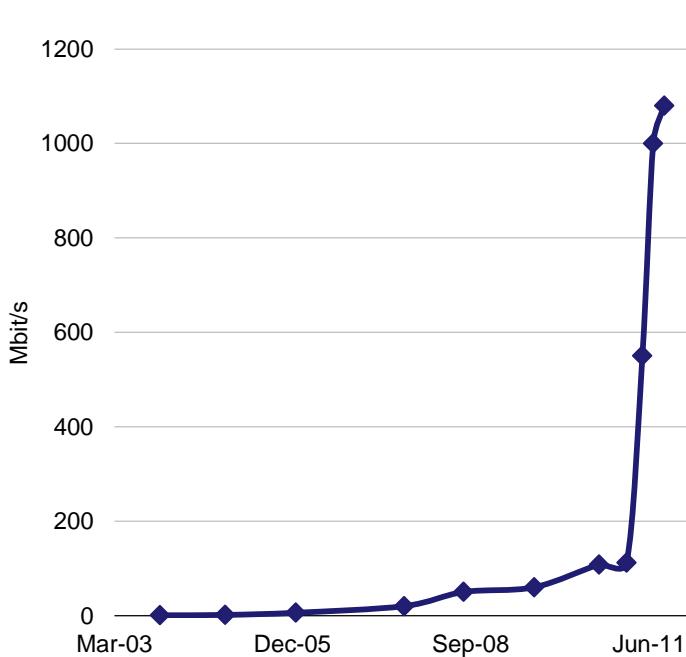


Figure 3.2 : Trafic échangé à KIXP [Source: KIXP, Analysys Mason, 2012]

Par exemple, le réseau éducatif KENET¹⁹ a signalé une augmentation dix fois supérieure de l'utilisation de Google, passant de 20 Mbit/s à 200 Mbit/s, une fois le cache mis en place au Kenya et rendu accessible par l'intermédiaire de KIXP. Le KENET a attribué cette augmentation à la volonté des élèves de télécharger plus de vidéos à une vitesse plus rapide ; dans ce cas, le coût ne posait pas de problème aux étudiants car ils ne payaient pas pour l'utilisation. Alors que les étudiants ne payaient pas pour cette utilisation accrue, les universités payaient à KENET 200 dollars par Mbit/s par mois pour un accès Internet international. Cette utilisation accrue aurait coûté 432 000 dollars de plus par an sans le cache local de Google. Le KENET a également signalé que le transfert du trafic vers le cache

¹⁹

Le but de KENET est de connecter toutes les universités et tous les instituts de recherche du Kenya à un réseau privé, tout en offrant également un accès Internet. Voir <http://www.kenet.or.ke/>.

local a eu l'avantage supplémentaire de libérer de la capacité internationale précieuse pour les besoins de recherche.

La capacité d'échanger du trafic local de manière plus efficace et d'accéder à du contenu hébergé à partir du serveur de cache local a eu deux autres impacts importants pour les FAI au Kenya.

- Tout d'abord, plusieurs FAI ont signalé que l'accès à KIXP fait souvent partie des exigences pour remporter les appels d'offres lancés par les entreprises et les organismes gouvernementaux pour les services d'accès Internet, allant parfois jusqu'à demander à KIXP de certifier l'adhésion du FAI au cours du processus d'appel d'offres. Cela signifie que les entreprises et le gouvernement ont identifié les avantages apportés par l'accès à KIXP pour acheminer le trafic Internet local. Internet Solutions, le serveur de sauvegarde de KIXP, a signalé que le site de sauvegarde était un élément important dans 75 % de ses dernières ventes depuis qu'il a remporté, il y a trois ans, l'appel d'offres ouvert lancé en vue de désigner l'hébergeur.
- Deuxièmement, les opérateurs de téléphonie mobile au Kenya font payer pour l'accès à Internet par Mo, ainsi l'utilisation accrue résultant de KIXP se traduit par une augmentation des recettes. En particulier, tous les opérateurs mobiles ont observé l'utilisation accrue de Google à la suite de la mise en place du cache, en raison de la vitesse accrue de téléchargement. Nous estimons, de manière conservatrice, qu'au moins un opérateur connaît une augmentation d'au moins 100 Mbit/s de trafic en raison de la disponibilité du contenu mis en cache, pour lequel les consommateurs paient une moyenne estimée de 1,25 shilling kényan (KES) par Mo. Ainsi, un opérateur qui a connu une augmentation de 100 Mbit/s de trafic de données mobile réalisera une augmentation de son chiffre d'affaires annuel d'un peu moins de 6 000 000 dollars. Sur l'ensemble des opérateurs de téléphonie mobile, nous pensons qu'il s'agit d'une estimation prudente, étant donné que l'augmentation totale du trafic résultant du cache de Google est d'au moins six fois plus que 100 Mbit/s, comme on le voit dans la Figure 3.2, et que 99 % des connexions Internet sont mobiles, comme on le verra dans le chapitre 3.1.1.

Un autre utilisateur important de KIXP est l'Autorité fiscale du Kenya (KRA), qui dépend de l'IXP pour permettre la saisie en ligne des déclarations d'impôt sur le revenu des citoyens, ainsi que le dédouanement pour les importateurs. La KRA a rapporté que 160 524 citoyens ont rempli leur déclaration d'impôt sur le revenu en ligne au cours du premier semestre de l'exercice 2011²⁰ et que 5 000 utilisateurs ont adhéré au système de dédouanement, ce qui représente 95 % de l'industrie. Les entreprises profitent également des applications et du dépôt en ligne, permettant au secteur privé d'épargner 4,5 millions de dollars selon la Banque mondiale.²¹ La KRA a rapporté que KIXP a facilité

²⁰ Rapport sur les niveaux de recettes, Autorités des recettes du Kenya, 24 janvier 2012. <http://www.kra.go.ke/notices/pdf2011/Revenue-Performance-Report-jan2012.pdf>

²¹ « Comprehensive Reform in Kenya Yields Broad Business Impact », (La réforme complète au Kenya a un large impact commercial), *Investment Climate*, Janvier 2012, Groupe de la Banque Mondiale. <http://www.kra.go.ke/notices/pdf2011/Revenue-Performance-Report-jan2012.pdf>

ce système en ligne en réduisant considérablement le temps de latence, et qu'il incombe désormais à KIXP de l'aider à fournir des services aux contribuables, tout en assurant que les revenus sont prélevés par le système en ligne de la KRA.

Un autre utilisateur important est KeNIC, le registre de noms de domaine du Kenya pour le domaine national .ke.²² En se connectant directement à KIXP, le KeNIC a fermement établi .ke comme le nom de domaine préféré au Kenya, et a vu .ke dépasser .com en termes de popularité de domaine. Les utilisateurs bénéficient d'un service plus personnel en enregistrant leur nom de domaine au Kenya, où la résolution de domaine est plus rapide que les noms de domaine génériques de premier niveau qui ne sont pas basés au Kenya. La figure ci-dessous décrit en détail l'augmentation constante de la croissance ressentie par .ke sur une période choisie.

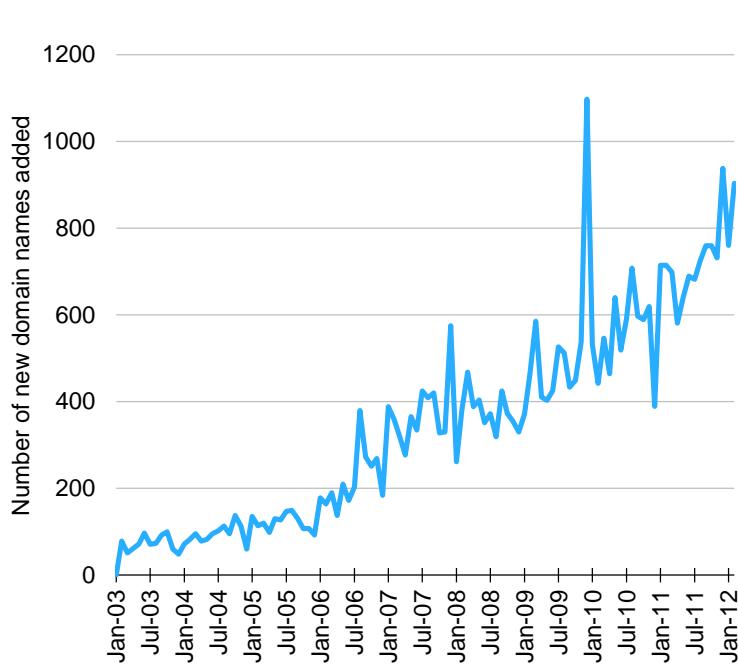


Figure 3.3 : Croissance des noms de domaine .ke [Source: KeNIC, 2012]

Au cours des entretiens pour cette étude, plusieurs avantages de KIXP dans un futur proche ont été identifiés, ce qui aurait un effet positif sur le développement de l'IXP :

- Tout d'abord, un cache local à partir d'un vaste réseau international de livraison de contenu (CDN) allait être mis à la disposition de tous les membres de KIXP, d'une manière similaire à l'accès à GGC. Ce cache permettrait d'accéder à l'intégralité du contenu des clients du CDN, y compris plusieurs grands fournisseurs mondiaux, et devrait encore augmenter le trafic local, délivrer un

²²

Voir <http://www.kenic.or.ke/>

temps de latence plus faible et permettre de réaliser des économies sur les coûts de transit international.

- Deuxièmement, un FAI a constaté que KIXP pourrait jouer un rôle clé en fournissant des services de *cloud computing* au Kenya. Alors que ce fournisseur avait déjà offert des services de stockage dématérialisés au Kenya, par l'intermédiaire de KIXP, il considère pouvoir commencer à offrir des applications dématérialisées. Comme ces applications sont très sensibles au temps de latence, il est important qu'elles soient hébergées localement et disponibles pour tous les utilisateurs finaux via des connexions locales par le biais de KIXP. Alors que les kényans bénéficient déjà de services de cloud computing sous la forme de services bancaires mobiles (par exemple M-PESA), ces services sont la propriété de clients de chaque opérateur mobile, et ne dépendent donc pas de KIXP (étant donné que le trafic n'est pas échangé entre les FAI). Les nouveaux services de cloud computing, cependant, seront disponibles pour tous les utilisateurs d'Internet, et dépendront donc de KIXP pour la livraison du fournisseur de services à tous les FAI.

D'autres avantages probables proviendront de l'investissement étranger, qui vient de débuter. Par exemple, Google avait des bureaux dans cinq pays africains en décembre 2011 : au Ghana, en Afrique du Sud, au Kenya, en Ouganda et au Sénégal. Les bureaux du Kenya/Ouganda couvrent la région d'Afrique de l'Est (Kenya, Tanzanie, Ouganda, Rwanda, Sud-Soudan et Éthiopie), tandis que ceux du Nigeria et du Sénégal couvrent la côte ouest.

Depuis son installation au Kenya en 2007, la société a mis l'accent sur la conception de programmes de formation, le développement de contenu local et la formation de partenariats avec des développeurs locaux et des fournisseurs de télécommunications. En conséquence, le Kenya bénéficie non seulement du trafic supplémentaire à partir du cache de Google, mais aussi des impacts plus larges sur l'écosystème.

3.2.3 Impact de KIXP au niveau régional

Les avantages de KIXP commencent à s'étendre au-delà des frontières du Kenya, étant donné que ses membres commencent à attirer des clients dans les pays voisins et échangent le trafic qui en résulte via KIXP. En effet, à partir de janvier 2012, 56 % des numéros de systèmes autonomes²³ acheminés par l'intermédiaire de KIXP au cours des six mois précédents provenaient de 16 pays étrangers, allant du Botswana au Zimbabwe, et même des États-Unis, une augmentation significative par rapport aux années précédentes.

En outre, pour essayer de régionaliser le trafic dans le pays et profiter d'un accès immédiat à la nouvelle capacité sous-marine, un deuxième IXP a récemment ouvert à Mombasa. Cet emplacement

²³ Un numéro de système autonome (AS) est attribué à un organisme tel qu'un FAI ou une grande entreprise qui lui permet de présenter une seule politique de routage vers le trafic Internet.

est également susceptible d'attirer le trafic en provenance des pays voisins, ainsi que les caches de contenu et les serveurs depuis l'étranger.

3.3 L'écosystème nigérian

3.3.1 Accès Internet

Au Nigeria, la plupart des internautes se connectent à l'Internet bas débit dans les cybercafés et autres lieux publics. Alors que les grandes entreprises à Lagos sont desservies par un accès fibre, l'ensemble du secteur du haut débit reste sous-développé, avec seulement 150 000 d'abonnés haut débit (fixe et mobile) fin mars 2011, même s'il a connu une croissance significative de 54 % en un an seulement²⁴. La croissance des abonnés est entravée par le mauvais état de l'infrastructure fixe du titulaire des télécommunications du Nigeria (NITEL), l'approvisionnement énergétique peu fiable et la faible pénétration des PC. Plusieurs opérateurs offrent un service DSL (tels que NITEL ou 21st Century Technologies), mais les technologies mobiles à large bande à partir des deux opérateurs GSM et CDMA ont connu un grand essor au cours des dernières années.

Le marché est très fragmenté, avec plusieurs grands FAI tels que Starcomms ou Multilinks, et un grand nombre de petits FAI ayant une couverture géographique limitée. Les prix des services sont encore très élevés et ne sont pas abordables pour la grande majorité de la population. Il y a d'importantes variations géographiques dans les prix de détail, qui sont particulièrement élevés dans les régions éloignées des stations d'arrivée de câbles sous-marins, reflétant des coûts de liaison coûteux à l'échelle nationale, tels que décrit ci-dessous.

En dépit de ces défis d'accès, l'utilisation d'Internet est en pleine croissance grâce au développement de l'accès public. Parmi les autres tendances, il y a eu une augmentation significative récente du nombre de Nigérians utilisant des sites de réseaux sociaux, avec une estimation de 4,8 millions d'utilisateurs de Facebook au Nigeria début 2012²⁵.

3.3.2 Connectivité nationale et internationale

Compte tenu du mauvais état de l'infrastructure du réseau fixe de l'opérateur titulaire, la plupart des FAI préfèrent ne pas reposer sur elle, et investissent plutôt dans une infrastructure de fibres optiques dédiées pour l'accès à Internet. Cependant, un tel déploiement est entravé par le fardeau administratif (notamment le « droit de passage », taxe gouvernementale versée par les FAI pour poser les fibres) et d'autres défis, y compris le vandalisme des installations, en particulier dans les banlieues pauvres. Le résultat est que la connectivité nationale coûte plusieurs milliers de dollars par Mbit/s par mois pour

²⁴ Source : TeleGeography.

²⁵ Source : <http://www.socialbakers.com/facebook-statistics/>.

une liaison entre Lagos et Abuja par exemple, soit environ dix fois le prix de la connectivité internationale de Lagos à Londres.

Plusieurs FAI ont développé des réseaux de dorsale de fibre optique relativement grands – par exemple Phase 3 avec son réseau de 1 500 km et Multi-Links Telecommunications (MLTC) avec son réseau de 8 200 km (depuis janvier 2012)²⁶ – conjointement à une liaison terrestre à micro-ondes. Toutefois, la portée est limitée étant donné les vastes zones à couvrir à l'échelle nationale. Il y a aussi une large duplication dans les déploiements car les opérateurs ne sont généralement pas disposés à partager les réseaux, souvent pour des raisons de concurrence. En même temps, le gouvernement a lancé une initiative d'infrastructure de réseau à l'échelle nationale, le projet national de réseau d'opérateurs téléphoniques à large bande du Nigeria, qui consistera en un réseau de dorsale de fibre optique de 14 000 km à accès ouvert, reliant les propriétaires de réseaux régionaux et les grands réseaux existants des FAI. Mais ce projet a jusqu'ici rencontré des difficultés dans sa réalisation, et les liaisons nationales restent extrêmement coûteuses.

Dans le passé, le manque de bande passante internationale a été l'un des principaux obstacles à la croissance de l'accès à Internet domestique et au développement du marché large bande nigérian, en raison de son impact important sur la rapidité des services et sur les prix. Historiquement, la principale source de bande passante internationale du Nigeria a été le câble SAT-3 pour lequel le titulaire NITEL détient un monopole. Mais l'arrivée de câbles concurrents, à savoir Main One et Glo 1 en 2010, a été un véritable catalyseur pour l'accès Internet²⁷. Avec l'arrivée de ces câbles (décrise à l'annexe A.1.2), les prix pour la bande passante internationale ont diminué d'environ dix fois en trois ans seulement, et on estimait une bande passante Internet internationale de 30 Gbit/s pour le Nigeria fin 2011²⁸, tandis qu'une grande quantité de capacité inutilisée reste disponible pour répondre aux besoins futurs.

3.3.3 IXPN

IXPN a été créé en 2006 à Lagos en tant que point d'échange neutre, avec l'objectif déclaré de réduire la dépendance du transit international pour l'échange de trafic local entre ses membres, et améliorer l'efficacité des opérations et des communications. Dans ce cadre, la décision a été prise que seul l'échange de trafic local serait autorisé à l'IXP. En outre, IXPN exploite un MLPA de manière similaire à KIXP afin de promouvoir la connectivité.

En décembre 2011, IXPN offrait ses services à plus de 30 membres, y compris Google, Gateway, Linkserve, Main One Cable, Internet Solution Nigeria, Swift Networks, KKON, Simbanet, Netcom,

²⁶ Source: <http://www.businessdayonline.com/NG/index.php/tech/78-computing/31483-multi-links-introduces-lowest-tariff-with-free-calls>.

²⁷ De plus, le câble WACS sera opérationnel en 2012 ; ce qui accroîtra encore la concurrence.

²⁸ Source : TeleGeography.

NIRA, Skannet et Tara Systems²⁹. Le titulaire du réseau de lignes fixes, NITEL, n'est pas membre de l'IXP, de même que certains principaux FAI (comme Multilinks et Rosecom) et opérateurs mobiles (comme MTN et Globacom). Il semble que les grands FAI qui possèdent un réseau de base fibre optique privé et les opérateurs mobiles qui possèdent en propre de la capacité sur des câbles sous-marins, peuvent voir en l'IXP un concurrent sur le marché de transit, ce qui limite leur intérêt à rejoindre l'IXP. Les grands FAI échangent déjà du trafic local directement, rendant ainsi la connexion à l'IXP moins pertinente pour une partie de leur trafic local. Toutefois, étant donné le volume croissant de trafic échangé à l'IXP, ces opérateurs pourraient bientôt voir le bénéfice financier de la connexion à l'IXP, pour réduire leurs coûts et améliorer l'accès au contenu accessible via l'IXP.

IXPN vise à devenir un IXP leader en Afrique d'ici l'an 2015, s'appuyant sur la croissance satisfaisante dans les dernières années ayant abouti à 300 Mbit/s de trafic échangé en période de pointe par l'IXP aujourd'hui. En particulier, l'IXP vise à devenir une plaque tournante régionale pour les pays ouest-africains, et un guichet unique pour les fournisseurs de contenus et de services, ce qui nécessitera de retirer la restriction actuelle sur l'échange de trafic régional à l'IXP. Ceci implique également que la connectivité nationale et transfrontalière dans la région devienne plus abordable.

3.4 Avantages d'IXPN

3.4.1 Principaux avantages

IXPN a réussi à réduire, si ce n'est à éliminer en grande partie, l'effet trombone parmi ses membres. Les petits FAI que nous avons interviewés ont affirmé que la totalité de leur trafic local est maintenant échangé à IXP, alors que les grands FAI membres d'IXPN estiment que la plupart de leur trafic local est échangé à l'IXP, tandis que le reste est échangé en privé. Avant l'IXP, la plupart voire la totalité de leur trafic local était échangée sous forme d'effet trombone. Ainsi, les principaux avantages d'IXPN sont la réduction du temps de latence et la diminution des coûts liés à la transmission de contenu local.

- Tous les membres de l'IXP ont observé une réduction significative du temps de latence pour l'accès au contenu local, en règle générale de 200 à 400 ms sans l'IXP et entre 10 ms et quelques millisecondes avec l'IXP.
- En termes de valeur pour ces liaisons internationales, les FAI paient aujourd'hui généralement de 250 à 400 dollars par Mbit/s de trafic par mois pour le transit international (les différences de prix pour les services de gros reflètent un certain nombre de différences entre les acheteurs telles que le volume de trafic, l'itinéraire et l'utilisation de la capacité auto-détenue). Avec un coût moyen de 300 dollars par Mbit/s pour la connectivité internationale, les économies réalisées pour l'échange

²⁹

Source : http://www.nixp.net/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=13

de trafic en gros de 300 Mbit/s à IXPN au lieu d'utiliser le transit international du fait de l'effet trombone sont de 1 080 000 dollars par an³⁰.

Compte tenu de ces tendances, nous croyons que les avantages continueront à augmenter à mesure que les membres existants augmentent leur utilisation d'IXPN pour l'ensemble de leur trafic local et que les membres supplémentaires tels que les opérateurs de téléphonie mobile les rejoignent et commencent à acheminer du trafic par le biais d'IXPN.

3.4.2 Vers une masse critique

En mars 2011, Google a étendu son réseau à Lagos. Comme au Kenya, le cache garde un contenu statique, notamment les vidéos YouTube, permettant aux FAI nigérians de recevoir du contenu Google localement plutôt que par des routes internationales. La Figure 3.4 ci-dessous illustre l'augmentation du trafic échangé à IXPN, montrant ainsi une hausse spectaculaire après l'arrivée de Google. En outre, nous comprenons que le plein potentiel de la présence de Google n'a pas encore été atteint, compte tenu de certaines contraintes de capacité sur le lien entre les serveurs de Google et la salle de données principale de l'IXP, contraintes qui seront bientôt soulagées. En outre, la présence d'un plus grand nombre de FAI à l'IXP augmentera le trafic correspondant.

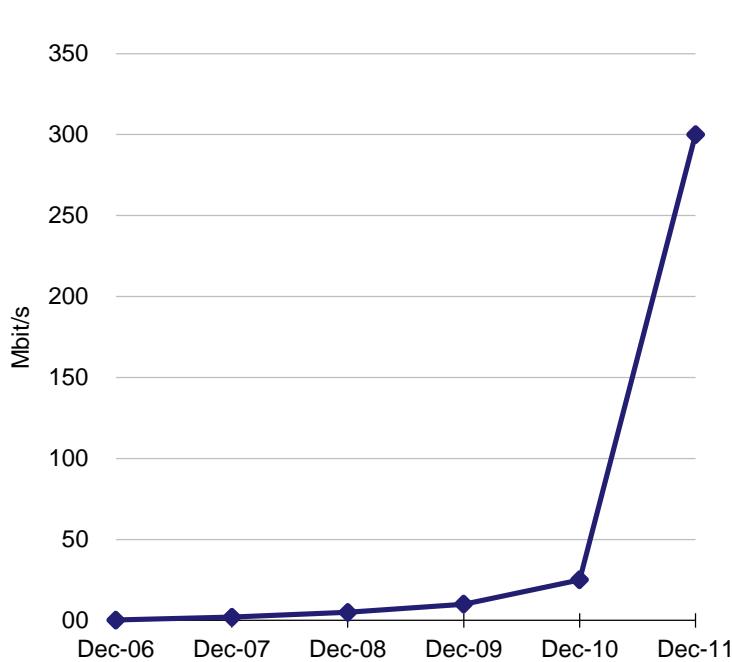


Figure 3.4 : Trafic échangé à IXPN [Source : IXPN, Analysys Mason, 2012]

Toutes les personnes interrogées ont noté l'impact significatif que la présence de Google a eu sur leurs niveaux de trafic, le trafic de Google représentant plus de 50 % du trafic total échangé à IXPN. Bien

³⁰ Les coûts d'utilisation d'IXPN doivent également être pris en compte ; notamment les coûts d'installation pour se relier à l'IXP et les coûts de connexion à l'IXP : une connexion FastEthernet revient à 300 dollars.

que la quantité de trafic soit relativement faible, quelques centaines de Mbit/s au total, toutes les personnes interrogées reconnaissent l'augmentation spectaculaire de la qualité de service pour leurs clients. La présence de Google a été rendue possible par la présence d'IXPN, qui a offert un accès simple et direct à une multitude de FAI pour Google, par le biais d'une seule installation.

D'autre part, comme au Kenya, les opérateurs mobiles font payer l'accès à Internet par Mo, et l'utilisation accrue depuis IXPN doit se traduire par une augmentation des recettes. Bien que l'impact soit relativement faible à ce jour, on peut supposer sans prendre trop de risques que les opérateurs mobiles présents à l'IXP devraient tirer des avantages importants de leur monétisation du contenu local, étant donné la croissance du trafic échangé à l'IXP.

Quelques exemples illustrent les avantages tangibles que l'IXP a été en mesure d'apporter à ce jour au Nigeria. Par exemple, la plate-forme dominante pour les transactions électroniques et l'e-paiement au Nigeria, Interswitch, est connectée à l'IXP via un FAI. Interswitch a été établi par sept banques nigérianes pour faciliter les transactions moyennant une infrastructure reliant les cartes de débit, de crédit et prépayées à un large éventail de canaux de paiement, y compris les terminaux des points de vente, les guichets automatiques et les commerçants en ligne. Interswitch exploite aujourd'hui un réseau de 10 000 distributeurs automatiques de billets et 11 000 terminaux de points de vente. Avec l'adoption d'Interswitch, les plates-formes de financement qui étaient auparavant hébergées à l'étranger ont commencé à migrer vers le Nigeria, et toutes les transactions sur ces plates-formes sont désormais échangées localement par les FAI reliés entre eux par l'IXP. Cette plate-forme est appelée à croître dans les années à venir, afin de soutenir la demande importante et toujours insatisfaite pour de tels services³¹.

Un autre exemple d'amélioration de l'accès au contenu local est l'adhésion du Conseil des examens de l'Afrique occidentale (WAEC, West African Examination Council) à l'IXP. Le WAEC est un organisme qui délivre deux diplômes importants au Nigeria : le General Certificate of Education Examination (GCE) et le Senior Secondary Certificate Examination (SSCE) pour les étudiants terminant l'enseignement secondaire. Les étudiants nigérians sont tenus de s'inscrire en ligne afin d'obtenir l'accès à leurs résultats aux examens par le biais du portail en ligne WAEC. Avant l'IXP, l'encombrement des liaisons aux serveurs WAEC causait des délais d'accès considérables. Avec la participation du WAEC à l'IXP, les problèmes d'encombrement ont été résolus du jour au lendemain.

IXPN a aussi un impact déterminant dans d'autres domaines de l'éducation. Par exemple, le projet Eko-Konnect (projet de connectivité de l'enseignement supérieur à Lagos) lancé fin 2009 a permis de raccorder, au cours de la première phase de développement, l'Université de Lagos, le Collège fédéral de l'éducation (technique), le Collège technologique de Yaba et l'hôpital universitaire de Lagos. Ce

³¹ La réussite d'Interswitch est également due aux règlementations favorables. Par exemple, une limite de retrait journalier de 150 000 nairas pour une personne et d'un million de nairas pour les entreprises prendra effet en juin 2012 à Lagos, ce qui favorisera davantage les transactions financières en ligne. Cette initiative émanant de la Banque Centrale vise à réduire le volume de liquidités qui circulent dans le pays et à favoriser les services bancaires en ligne.

réseau est relié à IXPN par une liaison en fibre optique de 100 Mbit/s. Eko-Konnect échange également du trafic Internet via IXPN avec le Programme d'accès à l'Université Google et ses institutions partenaires (Université d'État de Lagos, Université du Nigeria de Nsukka, Université du Bénin, Université de Benson Idahosa et Université Covenant). IXPN héberge enfin un lien de plaque tournante dédié pour la mise en place de ngREN, le réseau national de recherche et d'éducation, qui permettra à l'avenir la connexion d'autres réseaux spécialisés à travers le Nigeria.

3.4.3 Développements futurs

IXPN vise à mettre en œuvre des points de présence (PoP) dans les six principales zones géopolitiques du Nigeria. Une fois ce développement terminé, IXPN sera en mesure de jouer un rôle utile pour la connectivité nationale, permettant aux membres à travers le pays de se connecter à des points différents dans le pays et d'échanger du trafic à un coût inférieur à celui actuellement appliqué pour la liaison nationale.

Par exemple, le nouveau PoP d'Abuja pourrait entraîner efficacement une diminution globale du tarif du réseau de dorsale Internet entre Lagos et Abuja, lequel revient encore aujourd'hui près de dix fois plus cher qu'entre Lagos et Londres pour certains FAI. Actuellement, la connectivité fournie par IXPN entre son PoP de Lagos et celui d'Abuja permet aux FAI de réaliser des économies sur l'échange de trafic local entre ces villes. Bien qu'IXPN ne permette actuellement pas l'échange de trafic international, un niveau accru de collaboration entre les FAI pour regrouper leur demande de capacité nationale pourrait leur permettre de regrouper également leur demande de capacité internationale.

En outre, selon IXPN, toutes les dispositions ont été prises pour connecter le centre de données principal du gouvernement à l'IXP. Une fois les connexions mises en œuvre (ce qui sera facilité par la présence d'un PoP d'IXPN à Abuja, la capitale administrative) l'IXP contribuera grandement à la localisation de la plupart des services gouvernementaux actuellement hébergés à l'étranger. Cela pourrait ouvrir potentiellement la voie au développement de centres de données plus abordables et plus avancés au Nigeria.

IXPN pourrait alors reproduire son rôle dans la localisation de services financiers en ligne pour d'autres types d'applications et services. IXPN pourrait par exemple jouer un rôle clé dans la fourniture de services de cloud computing au Nigeria. Comme ces applications basées sur l'informatique dématérialisée sont généralement assez sensibles au temps de latence, leurs chances de succès commercial seront améliorées si elles sont hébergées à proximité et accessibles à tous les utilisateurs finaux via des connexions locales par le biais d'IXPN.

Une autre opportunité de croissance pour l'IXP est liée à l'industrie du cinéma locale extrêmement dynamique. Cette industrie, appelée Nollywood, est la seconde industrie cinématographique au monde (en termes de production annuelle), derrière l'industrie cinématographique indienne et devant les États-

Unis³². Il s'agit d'un énorme potentiel pour les films locaux à numériser et fournir ensuite à des utilisateurs locaux ou étrangers par l'intermédiaire de plates-formes en ligne (sites de streaming, par exemple). Ainsi, avec les encouragements appropriés, l'industrie pourrait se tourner directement vers la création de contenu en ligne, qu'il s'agisse de jeux ou de vidéos, et les proposer au public local.

Enfin, comme mentionné ci-dessus, IXPN ne permet actuellement que d'échanger du trafic local à l'IXP. Par conséquent, IXPN n'a aucun impact sur la connectivité régionale à l'heure actuelle. Cependant, on peut supposer avec certitude que cette situation évoluera à court et à moyen terme, étant donné qu'IXPN vise à devenir une plaque tournante régionale pour les pays ouest-africains d'ici 2015.

3.5 Conclusion

Au Kenya, KIXP s'est avéré être une infrastructure critique pour localiser le trafic domestique et contribuer à tirer parti de la connectivité internationale croissante. Comme indiqué dans les chapitres ci-dessus, KIXP, en plus d'aider à localiser l'échange de trafic local, est de plus en plus utilisé pour l'échange de trafic régional, et pourrait devenir une plaque tournante régionale pour le trafic Internet. Nous pouvons résumer les avantages de KIXP dans le tableau ci-dessous.

³² Source : http://www.economist.com/node/17723124?story_id=17723124&CFID=153287426&CFTOKEN=59754693

Figure 3.5 : Résumé des principaux avantages de KIXP [Source : Analysys Mason, 2012]

| Avantage | Sans KIXP | Avec KIXP | Résumé |
|-------------------------|--|---|--|
| Temps de latence | 200-600 ms | 2-10 ms | Augmentation significative de la performance |
| Échange de trafic local | Négligeable | 1 Gbit/s maximum | Économie totale estimée à 1 440 000 dollars par an sur le transit international |
| Contenu | Tout le contenu a été consulté par l'intermédiaire de liaisons internationales, presque tout le contenu est hébergé à l'étranger | Réseau Google présent localement. Expansion et rapatriement du contenu hébergé à l'étranger | Augmentation des revenus estimée à 6 000 000 de dollars par 100 Mbit/s de nouveau trafic de données mobiles |
| Gouvernement virtuel | La KRA percevait l'impôt manuellement | Recettes perçues en ligne | Dépendance significative de KIXP pour le dédouanement et l'augmentation des recettes |
| Noms de domaine | .com était le domaine prédominant, enregistré à l'étranger | .ke est le domaine prédominant, enregistré et basé localement | KENIC utilise KIXP pour aider à augmenter la prestation de services pour .ke |
| Liasons régionales | Effet trombone pour la totalité du trafic régional | Quantité croissante de trafic régional échangé à KIXP | KIXP plus attrayant pour les fournisseurs de contenu et réseaux de dorsale Internet en mesure d'accéder aux utilisateurs régionaux |

Les principaux avantages d'IXPN sont relativement similaires à ceux de KIXP, tel que résumé dans le tableau ci-dessous, et l'IXP nigérian semble sur la voie de reproduire le succès de l'IXP kényan dans les années à venir. La principale différence semble provenir des coûts plus élevés pour la connectivité nationale, et la décision de certains des plus gros opérateurs de ne pas encore s'engager avec IXPN.

Figure 3.6 : Résumé des principaux avantages d'IXPN [Source : Analysys Mason, 2012]

| Avantage | Sans l'IXPN | Avec l'IXPN | Résumé |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Temps de latence | 200-400 ms | 2-10 ms | Augmentation significative de la performance |
| Échange de trafic local | Négligeable | 300 Mbit/s maximum | Économie totale estimée de 1 080 000 dollars par an sur le transit international |
| Contenu | Tout le contenu a été | Réseau Google présent | Augmentation des |

| | | | |
|----------------------|--|--|---|
| | consulté par l'intermédiaire de liaisons internationales, presque tout le contenu est hébergé à l'étranger | localement. Expansion et rapatriement du contenu hébergé à l'étranger | recettes du nouveau trafic de données mobile |
| Gouvernement virtuel | Encombrement des réseaux d'éducation et de recherche | Eko-Konnect, WAEC connectés à l'IXPN pour l'échange de trafic local | Amélioration de l'accès pour les étudiants et les chercheurs |
| E-commerce | Aucune plate-forme de services hébergée localement | Plates-formes financières hébergées localement et trafic acheminé localement | IXPN a permis de conserver les transactions financières au niveau local |

En particulier, le coût élevé de la connectivité nationale au Nigeria semble inverser dans une certaine mesure le cycle de développement et les avantages typiques d'un IXP, comme illustré au Kenya. KIXP a apporté des avantages à la fois en termes d'économies de coût de la connectivité internationale ainsi que de réduction du temps de latence par rapport à l'utilisation de liaisons internationales coûteuses, et par conséquent encombrées. Au Nigeria, cependant, une partie du trafic subit toujours l'effet trombone car il peut être moins cher pour certains FAI de continuer à utiliser leurs liaisons internationales pour l'échange de trafic local en raison du coût élevé des liaisons nationales. En outre, ces FAI qui commencent à utiliser IXPN peuvent ne pas encore bénéficier de tous les avantages car ils ne sont peut-être pas en mesure de fournir une connectivité nationale suffisante pour réduire le temps de latence et offrir les avantages de la connectivité locale. Une intervention réglementaire, basée sur une politique plus large de l'augmentation de l'utilisation d'Internet, peut être nécessaire pour répondre aux coûts plus élevés de la connectivité nationale.

4 Analyse comparative et projections

4.1 Repères régionaux

Ce chapitre vise à évaluer les réalisations du Kenya et du Nigeria décrites dans le chapitre précédent, en les comparant à haut niveau avec les pays de référence, tout en tenant compte de l'évolution des environnements démographiques et des TIC dans ces pays. Compte tenu de leurs conditions de marché relativement similaires et leur proximité géographique, les pays suivants ont été choisis comme points de comparaison :

- points de comparaison pour le Kenya : Tanzanie, Ouganda et Soudan
- points de comparaison pour le Nigeria : Côte d'Ivoire, Ghana et Sénégal.

Un aspect critique de la comparaison réside dans l'impact de la démographie, la politique et les niveaux d'infrastructure de télécommunication de chaque pays. Les principaux facteurs externes sont exposés dans l'0, dont la compréhension aide à isoler les bénéfices de la présence des IXP au Kenya et au Nigeria en termes d'impact sur l'écosystème Internet.

Alors qu'un certain nombre des pays étudiés ont des IXP, ils connaissent des niveaux de succès variables, lesquels peuvent dépendre de l'ancienneté de l'IXP, des conditions de régulation et de l'accès à la bande passante internationale et régionale. KIXP est certainement l'IXP le plus important au sein de son groupe repère selon le volume de trafic échangé, et il est sur le point de bénéficier de la connexion de câbles à Mombasa, ce qui alimentera sa croissance. L'IXP de Tanzanie est en retard en termes d'utilisation, ce qui reflète en partie une moindre utilisation d'Internet (voir l'0), alors que le Soudan vient de lancer son IXP à la fin de 2011. Finalement, bien que l'Ouganda ait une plus grande utilisation d'Internet que le Kenya, et par ailleurs un environnement semblable, son IXP est nettement en retard sur celui du Kenya en termes de trafic ; il a le plus petit nombre de membres (et son opérateur historique pour l'Internet fixe ne détient que 40 % des parts de marché³³, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur le développement de la concurrence).

Par rapport aux pays auxquels il se compare, le Nigeria semble être le seul pays ayant un IXP de taille conséquente, étant donné que les IXP de la Côte d'Ivoire et du Ghana sont encore très petits en termes de membres et de trafic échangé, alors que le Sénégal n'a pas d'IXP, ce qui reflète probablement le rôle significatif joué par l'opérateur historique dans la fourniture de trafic Internet.

³³ Source : TeleGeography.

Figure 4.1 : Présence d'IXP dans les pays repères (fin de 2011) [Source : PCH.net]

| Pays | IXP | Date de lancement | Nombre de participants | Trafic moyen (entrée/sortie) en Mbit/s |
|----------------|------------|---|------------------------|--|
| Kenya | KIXP | Nov 2000 (Nairobi) Août 2010 (Mombasa) | 25 | 871 |
| Nigeria | IXPN | 2006 | 32 | 300 |
| Tanzanie | TIX & AIXP | TIX (Jan 2004) AIXP (2007) | 25 | 6 |
| Ouganda | UiXP | Mai 2003 | 10–15 | 26 |
| Soudan | SIXP | Décembre 2011 | 6 | s/o |
| Côte d'Ivoire | CI-IXP | Juin 2007 | s/o | 4 |
| Ghana | GIXP | Mai 2005 | 10–15 | s/o |
| Sénégal | Non | - | - | - |

La Figure 4.2 ci-dessous indique la bande passante Internet par habitant. Parmi les deux groupes de pays étudiés, le Sénégal était en tête à la fin de 2010, ce qui reflète la force et la croissance du taux de pénétration du haut débit. Pourtant, le niveau de bande passante par utilisateur au Kenya a déjà dépassé celui du Sénégal l'année précédente, une croissance due au moins en partie au succès de l'IXP qui est en train de devenir un pôle régional de trafic. Le Nigeria est resté à la queue de son groupe à la fin de 2010, mais a connu une augmentation sensible en 2011, presque égale aux chiffres du pays le plus avancé de son groupe repère un an plus tôt³⁴. Nous notons que l'Afrique du Sud surpassé de loin les deux groupes étudiés, et nous décrivons dans la section suivante le rôle joué par l'IXP sud-africain dans cette performance.

³⁴

De plus, comme indiqué ci-avant, IXPN n'est pas ouvert à l'échange de trafic régional, et donc tout impact d'IXPN ne se fait pas ressentir sur la bande passante internationale, comme cela pourrait être le cas au Kenya.

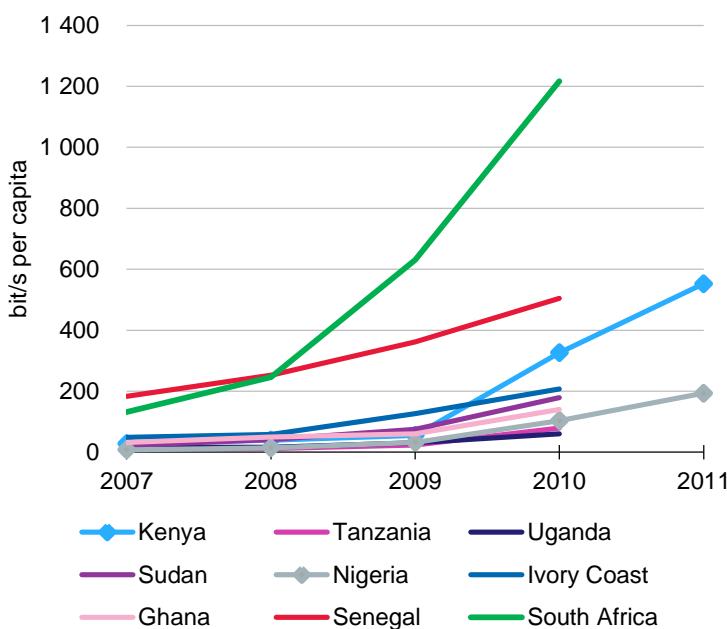


Figure 4.2 : Bande passante Internet internationale par tête, 2007–2011 [Source : TeleGeography, 2012]

Note : les chiffres de 2011 pour les pays autres que le Kenya et le Nigeria n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction de ce document.

En conclusion, le Kenya est dans une position forte dans sa région pour l'accès et l'usage d'Internet. Cela reflète un certain nombre de variables interdépendantes : un environnement des télécoms libéralisé et dirigé par un organisme de contrôle largement respecté ; une augmentation importante de la capacité internationale ; et un secteur de téléphonie mobile fort et concurrentiel. Il faut pourtant inclure dans ce tableau un IXP dont le succès bénéficie de ces variables tout en contribuant à les alimenter. En particulier, comme nous l'avons vu plus haut, un IXP profite d'une base d'utilisateurs importante, mais il contribue aussi à la croissance de l'utilisation en attirant du contenu et donc en réduisant les temps de latence et le coût de l'accès. De même, un IXP fort peut s'établir comme pôle régional, ce qui augmente encore son utilisation et ses bénéfices.

Le Nigeria est en retard sur le Kenya en termes de croissance, mais grâce à l'augmentation de la bande passante internationale avec les nouveaux câbles sous-marins et grâce à une croissance rapide de l'IXP qui facilite l'échange de trafic local, le pays a le potentiel de rattraper rapidement les pays qui réussissent le mieux dans ce domaine comme le Kenya, et à plus long terme l'Afrique du Sud. Actuellement, les deux facteurs qui handicapent le Nigeria par rapport au Kenya sont le fait que d'une part tous les fournisseurs de services Internet (y compris les opérateurs de téléphonie mobile) ne se sont pas encore joints à IXPN, et que d'autre part les frais élevés de connectivité nationale réduisent les bénéfices de l'échange de trafic local par IXPN.

4.2 Projections

En se basant sur les débuts dynamiques du développement des IXP du Kenya et du Nigeria, on peut raisonnablement supposer que ces IXP pourraient suivre l'exemple d'autres IXP dynamiques en dehors de leurs régions. Comme indiqué ci-dessus dans la Figure 4.2, le Kenya et le Nigeria sont encore en retard sur l'Afrique du Sud en termes de bande passante Internet internationale par habitant, alors que la Figure 4.3 ci-dessous montre la tendance de la bande passante Internet par habitant dans les pays développés, mettant particulièrement en évidence la croissance de pays « pôles » comme les Pays-Bas, et le fait que le Kenya et le Nigeria ont énormément d'espace pour leur croissance.

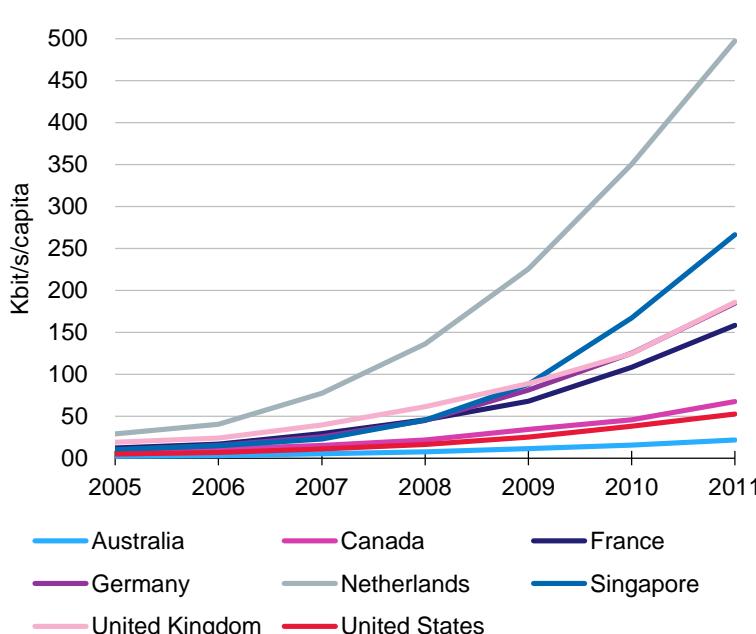


Figure 4.3 : Bande passante Internet internationale par habitant [Source : TeleGeography, 2011]

Cette section fournit plus de détails sur certains IXP connaissant un grand succès, puis évalue les trajectoires de développement potentielles pour le Nigeria et le Kenya.

4.2.1 Exemples d'autres pays

Les IXP de trois pays sont examinés à un haut niveau dans cette section, de manière à mieux comprendre ce que les IXP du Kenya et du Nigeria pourraient accomplir s'ils réussissaient à s'établir pleinement en tant qu'IXP régionaux pour l'échange de trafic et l'accès au contenu. Dans cette section, nous examinons successivement :

- JINX et CINX en Afrique du Sud
- AMS-IX à Amsterdam
- LINX au Royaume-Uni.

JINX et CINX en Afrique du Sud

L'Afrique du Sud est le pôle dominant pour le trafic Internet dans la zone sub-saharienne de l'Afrique, grâce à la taille globale et l'état du marché des télécommunications, et au succès particulier de deux IXP dans le pays : le Johannesburg Internet Exchange (JINX) et le Cape Town Internet Exchange (CINX), qui ont été établis en 1996 et en 2009 respectivement. Ces IXP sont exploités par l'Internet Service Providers' Association (ISPA), une entité de l'Internet à but non lucratif qui comprend plus de 145 FAI membres, et qui permet aussi aux non-membres de l'ISPA de se connecter à ses IXP. Les IXP fonctionnent en mode ouvert, et l'ISPA n'exige pas de ses utilisateurs qu'ils s'interconnectent avec tous les autres utilisateurs ; on attend de chaque utilisateur qu'il établisse sa propre politique d'interconnexion et qu'il négocie des accords d'interconnexion avec les autres membres.

L'ISPA est aussi en train de choisir un hôte pour un autre IXP – le Durban Internet Exchange (DINX). La date de lancement était prévue avant la fin de 2011, et bien qu'elle n'ait pas encore été finalisée, un lancement opérationnel peut être prévu pour 2012. Selon l'ISPA, « CINX et JINX traitent tous les deux d'énormes volumes de trafic avec plus de 30 FAI associés au JINX et 16 associés au CINX. Avec l'explosion des volumes de trafic à Durban ces dernières années, la ville a évidemment besoin de son propre Échange Internet. »³⁵

La plupart des opérateurs sud-africains, dont MTN, Cell C, Internet Solutions, Neotel, TENET, iBurst, Vox Telecom et MWEB, ont choisi d'échanger du trafic via JINX. Dès septembre 2011, les 30 FAI ou plus connectés à JINX échangeaient presque 3 Gbit/s de trafic pendant les périodes de pointe, contre 2 Gbit/s moins d'un an plus tôt³⁶. Les deux seuls grands opérateurs de télécommunication absents de JINX sont les opérateurs historiques Telkom et Vodacom. Pendant ce temps, CINX échangeait plus de 1 Gbit/s aux heures de pointe (contre 500 Mbit/s en 2010) avec 21 fournisseurs de services, y compris Google³⁷.

L'Afrique du Sud bénéficie de multiples connexions transfrontalières vers d'autres pays voisins, dont le Mozambique, le Zimbabwe, le Botswana et la Namibie. De plus, la chute des prix (pourtant encore chers) de la connectivité nationale et transfrontalière contribue à faire de l'Afrique du Sud un carrefour pour le trafic Internet du sud de l'Afrique. Dans la plupart des pays africains, la bande passante internationale a largement augmenté ces dernières années, surtout grâce à la connexion du câble sous-marin SEACOM, et à la mise à niveau du câble sous-marin SAT-3. Cette capacité de bande passante internationale doit encore augmenter considérablement dans le court terme, grâce aux nouveaux câbles EASSy et WACS.

³⁵ Source : <http://www.teraco.co.za/data-centre-news/article/2011/09/19/durban-internet-exchange-here-soon/206.html>.

³⁶ Source : <http://mybroadband.co.za/news/telecoms/27439-ispa-expands-jinx.html>.

³⁷ Source : <http://mybroadband.co.za/news/internet/33742-jinx-and-cinx-boasting-gbps-traffic.html>.

L'Afrique du Sud constitue un bon exemple de ce que le Kenya ou le Nigeria pourrait réaliser à moyen ou long terme dans leur propre région. Malgré des conditions macro-économiques plus difficiles, ces deux pays peuvent cependant compter sur l'amélioration de la provision de capacité internationale, de leur position de leaders dans leurs régions, et de la demande continue pour la connectivité et les services Internet pour les rapprocher de leurs objectifs. Alors que leurs deux IXP sont en retard par rapport à JINX en termes de nombre de membres et de trafic, KIXP est à peu près comparable à CINX. Un avantage que possède déjà KIXP est la participation de l'opérateur historique qui est l'opérateur mobile le plus important, ce qui assurera la croissance de KIXP en proportion de celle de tous les FAI du Kenya, y compris le plus important. La situation en Afrique du Sud est bien différente. Telkom et Vodacom ne participent pas aux IXP, ce qui a un impact négatif sur une croissance pourtant forte dans les autres domaines.

AMS-IX aux Pays-Bas

L'Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX) n'est pas comparable à ce que pourrait être l'objectif des IXP du Kenya et du Nigeria dans le court et moyen terme, étant donné les niveaux relatifs de développement économique en général, et la pénétration du haut débit dans la région en particulier. Pourtant, AMS-IX peut être utilisé comme le meilleur exemple à suivre pour le long terme.

AMS-IX a été mis en service en 1994 et est aujourd'hui l'un des plus importants IXP au monde. Il fonctionne en tant qu'IXP sans but lucratif, neutre et indépendant. Selon sa propre charte politique, AMS-IX fonctionne comme « un catalyseur qui stimule la dynamique et la croissance de l'économie locale et l'infrastructure TIC », et se contente de demander aux autorités de régulation de « s'assurer qu'il existe un terrain d'égalité, sans barrières à une concurrence libre et équitable. » La liste des membres est de plus en plus internationale et la majorité des membres, depuis de nombreuses années, est surtout étrangère (une distribution 30/70 de membres nationaux/internationaux)³⁸. Il y a 472 réseaux connectés à AMS-IX³⁹, avec un trafic moyen actuel de 250 Po par mois fin décembre 2011 (voir la Figure 4.4 ci-dessous).

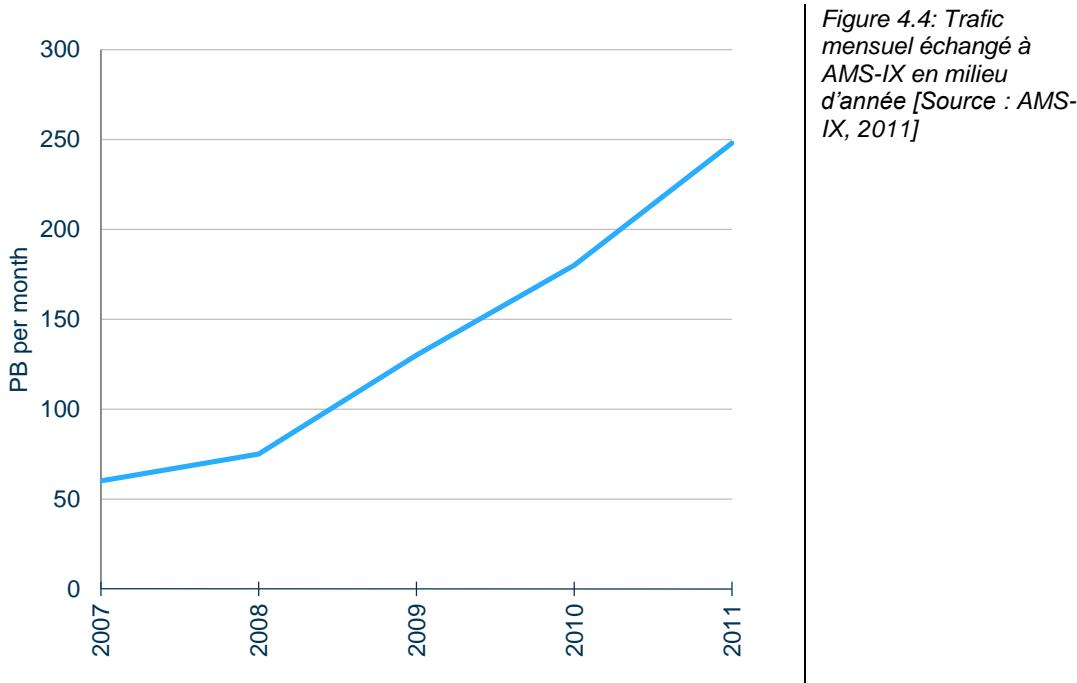
Un des principaux moteurs de son succès est qu'AMS-IX est un IXP virtuel. Un IXP virtuel place des nœuds dans un certain nombre de centres de données indépendants, puis les connecte entre eux par fibre optique ce qui permet à un membre de n'importe lequel de ces centres de données de se connecter à un membre de n'importe quel autre centre de données. Les centres de données sont en compétition pour héberger des services, ce qui permet à leurs clients d'accéder à une variété de services en plus des nœuds de l'IXP. Comme l'a fait remarquer le directeur général d'AMX-IP, par exemple, un IXP dynamique comme AMS-IX est utile pour les opérateurs de télécommunications parce qu'il augmente leur pouvoir d'achat dans la négociation des prix de transit (le transit peut être

³⁸ Source : site web de l'AMS-IX : <http://www.ams-ix.net/>.

³⁹ Source : <http://www.ams-ix.net/connected>.

acheté pour 1–1,5 dollar par Mbit/s aujourd’hui à AMS-IX⁴⁰, il optimise leurs réseaux (meilleure efficacité, retards moindres, etc.), crée une redondance, et augmente leur valeur marchande (parce qu’être membre de l’échange rend les opérateurs plus connectés et donc plus intéressants pour des partenaires d’interconnexion potentiels).

La Figure 4.4 illustre la croissance historique du trafic mensuel échangé à AMS-IX.



Il est utile de noter qu’AMS-IX a été en mesure de croître nettement au-delà des besoins propres des Pays-Bas en créant un pôle pour le trafic régional, ce qui a eu pour résultat que les Pays-Bas ont la plus haute bande passante Internet internationale par habitant, au sein des pays compris dans la Figure 4.3. Bien que la position relative d’AMS-IX s’explique par de nombreuses raisons, y compris un développement précoce en Europe et une structure opérationnelle bien gérée et neutre, la leçon à retenir réside surtout dans le bénéfice de l’architecture de l’IXP virtuel, qui accorde aux membres un choix de centres de données concurrents, tout en utilisant l’IXP pour se connecter entre eux.

LINX au Royaume-Uni

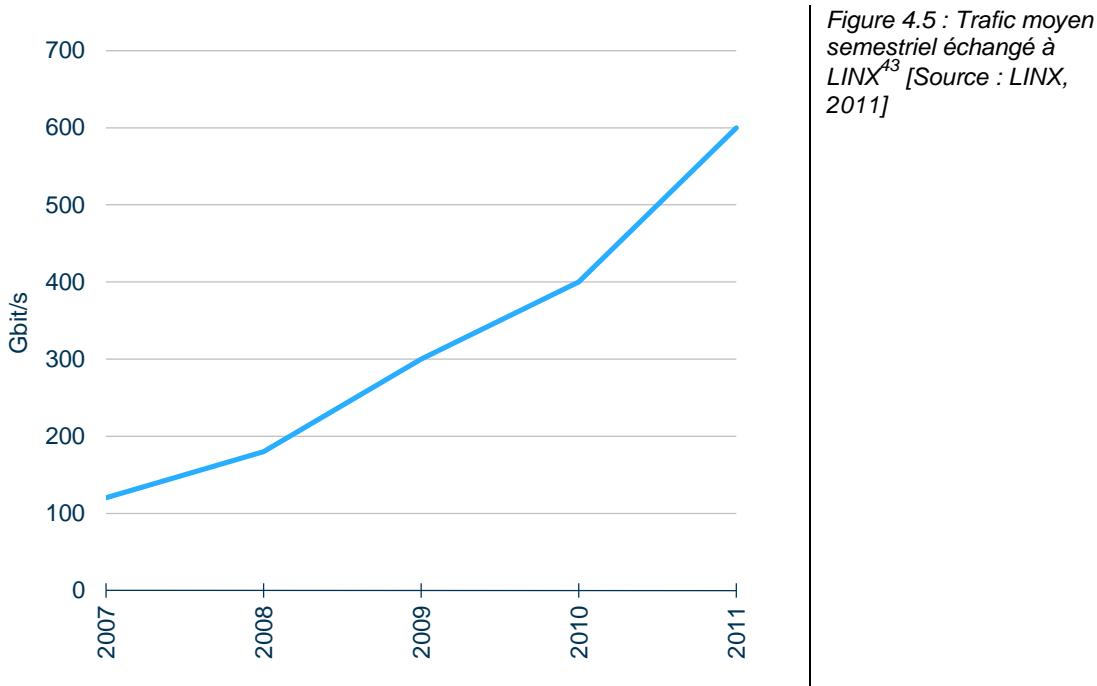
Comme AMS-IX, le London Internet Exchange (LINX) est un des IXP les plus réussis du monde et a été l’un des premiers IXP importants d’Europe. LINX a été lancé en 1994, échangeant d’abord uniquement le trafic local via un simple pôle Ethernet de 10 Mbit/s. De nos jours, le trafic échangé à LINX s’élève à 600 Gbit/s (mi-2011) en moyenne, et à plus de 1,1 Tbit/s aux heures de pointe

⁴⁰ Source : Job Witteman, « Building critical mass at an Internet Exchange » (Construire une masse critique sur un point d’échange Internet), Forum African Peering and Interconnection, Août 2010.

(novembre 2011)⁴¹. Comme AMS-IX, LINX est un IXP virtuel qui connecte des nœuds dans de multiples centres de données indépendants.

Tout comme AMS-IX, LINX fonctionne en tant qu'organisation sans but lucratif, gouvernée collectivement par ses propres membres. Au départ, seuls les opérateurs de FAI traditionnels pouvaient être membres de LINX, mais cette restriction a été levée en 2000 et aujourd'hui, une vaste gamme de réseaux est associée à LINX. Alors que l'IXP compte aujourd'hui plus de 390 membres qui connectent plus de 50 pays, la diversité des fournisseurs de services associés à LINX augmente et comprend des prestataires de services haut de gamme, des spécialistes du jeu, des spécialistes de la gestion d'attaques par déni de services (DDoS)⁴², des réseaux publicitaires, etc.

La Figure 4.5 illustre la croissance historique semestrielle du trafic échangé à LINX – comme pour AMS-IX, le trafic suit encore une tendance exponentielle positive plus de 15 ans après le lancement.



LINX constitue un exemple particulièrement intéressant d'IXP, car il a été à la pointe de l'implémentation technologique dans plusieurs cas. Par exemple, LINX a été le premier échange

⁴¹ Source : site Web LINX : <https://www.linx.net/>.

⁴² DDoS : les attaques distribuées par déni de service correspondent à des tentatives de piratage visant à rendre le serveur de réseau inaccessible à ses utilisateurs ; habituellement en saturant le serveur cible par des demandes de communication de sorte qu'il ne puisse plus répondre ou qu'il réponde si lentement qu'il en devient effectivement indisponible. Le travail des experts consiste à prévoir des attaques de ce genre.

⁴³ Remarque : ce graphique montre le trafic agrégé sur tous les sites et les commutateurs LINX ainsi qu'une estimation du trafic supplémentaire qui circule de manière bilatérale entre les membres sur le service d'interconnexion privé LINX.

Internet du monde à déployer un commutateur de 100 mégabits en 1996. En janvier 1999, LINX a aussi procédé à l'implémentation d'un Ethernet MAN de plus d'un gigabit et l'a développé jusqu'à être le premier à utiliser l'Ethernet 10 Go. De plus, le service « LINX from Anywhere » (LINX de partout) de LINX permet aux FAI d'avoir une présence virtuelle sécurisée sur l'échange en se servant des réseaux existants, ce qui élimine les grosses dépenses en capital pour les petits participants.

4.2.2 Projections pour le Kenya et le Nigeria

Historiquement, les écosystèmes Internet des pays africains ont fait face à des défis spécifiques au niveau macro-économique, avec des économies en difficulté, un revenu disponible limité côté demande, et une mauvaise infrastructure de télécommunications et une faible connectivité internationale côté offre. Malgré tout, l'Afrique a des ressources clés qui assurent un potentiel de développement pour le secteur de l'Internet, dont sa population jeune et la demande évidente pour l'accès à Internet.

La croissance récente de l'Internet en Afrique sub-saharienne s'explique en partie par le lancement des câbles SEACOM, TEAMS et EASSy sur la côte est de l'Afrique, et de Main One et Glo-1 sur la côte ouest, lesquels ont contribué à faire augmenter la concurrence et à faire baisser les prix. Le Nigeria et le Kenya ont connu une croissance particulièrement forte : la bande passante Internet internationale connectée au Nigeria et au Kenya a pratiquement doublé tous les ans depuis 2007. En 2011, ces deux pays avaient 30 Gbit/s et 23 Gbit/s de bande passante internationale respectivement, alors que l'Afrique du Sud continuait à être en tête des pays de la région avec plus de 35 Gbit/s de capacité internationale⁴⁴.

Enfin, les réseaux terrestres transfrontaliers s'étendent en Afrique sub-saharienne pour faciliter l'accès aux câbles pour les pays sans accès à l'océan et l'échange de trafic régional. Historiquement, les opérateurs ont surtout utilisé les liaisons internationales pour s'interconnecter, étant donné la faiblesse relative des liaisons transfrontalières intra-africaines. Mais il apparaît que l'Afrique du Sud, le Sénégal et, plus récemment, le Kenya, servent maintenant de pôles Internet régionaux importants, soutenus par la demande de contenu hébergé localement. La capacité des pays africains à faire croître et améliorer leur infrastructure transfrontalière, y compris par la clarification des régimes de réglementation transfrontalière et de l'octroi des licences, aura un impact sur la capacité des FAI, des fournisseurs de contenu et d'autres services à profiter des opportunités d'un marché à l'échelle du continent et à réaliser des économies d'échelle plus importantes⁴⁵.

Le Kenya est bien placé par rapport à l'Afrique du Sud, en se basant sur sa position actuelle et sur l'augmentation continue de la demande de bande passante dans le pays. Il est clair que les comparaisons avec AMS-IX et LINX portent plus sur le long terme, étant donné les différences économiques considérables entre les pays. Pourtant, alors que KIXP a une structure de gouvernance

⁴⁴ Source : TeleGeography, 2011.

⁴⁵ Des initiatives telles que WARCIP (World Bank West Africa Regional Communication Infrastructure Program) et le projet NEPAD UMOJANET dans le reste de l'Afrique visent à déployer des liaisons terrestres, entre autres objectifs, en mesure d'augmenter significativement la connectivité régionale en Afrique. WARCIP met l'accent sur l'accroissement de la connectivité dans la région ECOWAS en connectant les pays mal desservis (travail en cours : le Burkina Faso, la Sierra Leone et le Liberia) et à mettre à niveau les lignes de transmission électriques dans d'autres pays sélectionnés (travail à suivre : le Nigeria, le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Sénégal, la Gambie). L'UMOJANET conçoit des stratégies et des modèles commerciaux afin d'encourager les investisseurs et les opérateurs à relier les réseaux existants à une seule infrastructure dans le but de connecter, en dernier ressort, 29 pays du nord, de l'ouest et du centre de l'Afrique.

semblable à ces IXP, une différence significative est que les IXP les plus récents sont virtuels et qu'ils connectent de multiples centres de données entre eux. C'est là une structure qui est absente à KIXP. En particulier, l'inclusion de KIXP dans un ou plusieurs centres de données pourrait augmenter encore l'intérêt de l'IXP en attirant les fournisseurs de contenu, les utilisateurs, et les opérateurs de réseaux de base qui stimuleraient encore la croissance de l'IXP pour en faire un pôle régional pour le trafic. Alors qu'il existe un second IXP à Mombasa, les deux IXP n'ont pas été connectés pour créer un IXP virtuel, ce qui pourrait au final ne pas être nécessaire étant donné la concurrence qui existe pour les liaisons connectant les deux villes.

L'IXP nigérian partage aussi la même structure de gouvernance que les meilleurs IXP, et il semble nettement sur la même trajectoire de croissance que l'IXP kényan, avec un retard d'un an ou deux. Avec son potentiel énorme et les efforts considérables faits pour son développement, il y a de bonnes raisons de croire qu'IXPN obtiendra des résultats semblables à ceux de KIXP. En tant qu'IXP virtuel avec des points de présence installés dans un nombre croissant de villes, IXPN pourrait aussi fournir une solution au problème de liaison secondaire nationale, en stimulant l'agrégation de la demande par les FAI petits et moyens (et donc en réduisant les coûts de liaisons nationales par des remises basées sur le volume). Cependant, cela ne devrait pas empêcher les législateurs du Nigeria de s'occuper du problème du prix élevé de la connectivité nationale de manière à stimuler davantage l'accès et l'usage de l'Internet en permettant aux FAI de pourvoir pleinement ces liaisons pour promouvoir l'échange de trafic local à IXPN.

5 Conclusion

Le succès des IXP au Kenya et au Nigeria confirme que ces entités constituent un composant essentiel des écosystèmes de l'Internet, et ont un rôle important à jouer pour encourager le développement d'Internet dans les marchés émergents. En facilitant les interconnexions entre opérateurs de télécommunications, fournisseurs de contenu et utilisateurs, ces IXP ont amélioré la qualité du service et ont aidé à la réduction des coûts de transmission pour le trafic Internet dans leurs pays respectifs.

- Au Kenya, KIXP a amélioré la qualité du service en réduisant le temps d'attente sur le trafic local de 200-600 ms à 2-10 ms en moyenne. L'IXP échange maintenant 1 Gbit/s de trafic aux heures de pointe, lequel subirait en son absence un effet trombone, ce qui se traduit par des économies estimées à presque 1,5 million de dollars par an. L'IXP a également favorisé la localisation de contenu dans le pays, avec des initiatives telles que le projet Google Global Cache qui, en plus des améliorations et des réductions de coûts, aident aussi les opérateurs locaux à augmenter leurs revenus venant d'une augmentation de la demande de trafic de données mobiles (pour une valeur totale estimée de 6 millions de dollars par an par 100 Mbit/s d'augmentation de trafic mobile, une estimation conservatrice). KIXP a aussi soutenu le développement d'initiatives d'e-gouvernement, en particulier en simplifiant la collecte des impôts. Finalement, KIXP devient de plus en plus un pôle régional pour l'échange de trafic entre pays voisins.
- Au Nigeria, IXPN a amélioré la qualité des services en réduisant le temps de latence du trafic local dans le même ordre de grandeur que KIXP. IXPN est à un stade de développement moins avancé que KIXP et le trafic actuellement échangé – c.-à-d. évitant l'effet trombone (transit par un pays étranger) – s'élève à 300 Mbit/s aux heures de pointe. Néanmoins, cela se traduit par une économie sur la bande passante internationale estimée à plus de 1 million de dollars par an, étant donné son coût unitaire élevé. L'IXP a aussi favorisé la localisation de contenu dans le pays, avec des initiatives telles que la construction du réseau Google au Nigeria, mais aussi des initiatives dans les domaines de l'éducation et de la recherche, avec par exemple le partenariat des universités et des centres de recherche dans un réseau commun efficace et amélioré (par ex. Eko-Konnect). L'IXP aide aussi à ramener dans le pays des services qui étaient précédemment extériorisés, comme les plates-formes financières pour les opérations bancaires en ligne.

Ces bénéfices ont contribué au développement de l'Internet, en augmentant la qualité de l'expérience des usagers Internet, et en réduisant les coûts d'exploitation pour les FAI. Cependant, le volume de trafic localisé comparé au trafic total échangé reste limité dans les deux pays, alors que les coûts de bande passante internationale restent importants. De plus, les FAI locaux font face à d'autres contraintes, telles que l'alimentation électrique (pour laquelle il leur faut investir dans des solutions de courant autonomes très chères et/ou de redondance), la sécurité et l'infrastructure de base limitée (mais en développement) comme le réseau national de fibre optique.

Au Nigeria, les contraintes particulières sont liées au fait que tous les FAI (y compris les opérateurs de téléphonie mobile) n'ont pas encore pris d'engagement avec IXPN, la connectivité nationale restant dans certains cas plus chère que la connectivité à la capacité internationale. Au Kenya, une croissance supplémentaire est attendue lorsque le second PoP de Mombasa commencera à croître, alors qu'un vaste réseau CDN se prépare à fournir du contenu par le biais d'un serveur cache connecté à KIXP (d'une manière semblable au cache Google). En conséquence, les deux IXP sont bien placés pour une croissance et des bénéfices supplémentaires dans l'avenir proche.

Dans l'ensemble, KIXP et IXPN ont le potentiel de devenir des pôles Internet régionaux dans leurs pays respectifs comme le sont les échanges JINX et CINX en Afrique du Sud. On peut s'attendre à ce que dans quelques années seulement, ces IXP aient grandement contribué au développement de l'interconnexion régionale, et aidé à changer une situation non pérenne dans laquelle faire transiter du trafic local par l'étranger (effet trombone) est plus économique que l'échange local ou régional de ce trafic. Les exemples d'IXP plus avancés devraient encourager davantage les acteurs du marché à participer au succès des IXP que nous avons étudiés, ce dont bénéficie le marché des TIC dans son ensemble.

Finalement, nous notons que les facteurs mêmes qui ont mené à avoir un IXP de premier plan au Kenya et au Nigeria sont plus généralement bénéfiques pour l'écosystème Internet, à savoir les politiques et réglementations qui le favorisent et des protagonistes pleinement engagés dans le développement de l'Internet. Ceci suggère qu'il faudrait tenir compte des IXP dans tout effort pour développer l'accès à Internet au niveau national dans les marchés émergents. Par exemple, tout effort pour réduire le coût des liaisons secondaires internationales et nationales dans un pays devrait être entrepris pour réduire le coût de l'accès à Internet pour l'ensemble des utilisateurs, de façon générale, tandis que de telles actions sont également importantes parce qu'elles augmentent spécifiquement l'accès à l'IXP et son utilisation.

Annexe A : Données de repères

Le but de cette section est d'évaluer les succès du Kenya et du Nigeria exposés dans la section précédente, en les comparant à haut niveau aux pays de référence choisis, tout en tenant compte de l'évolution des environnements démographiques et TIC dans ces pays. Étant donné les situations similaires de leurs marchés et leur proximité géographique, les pays suivants ont été choisis comme repères :

- points de comparaison pour le Kenya : Tanzanie, Ouganda et Soudan
- points de comparaison pour le Nigeria : Côte d'Ivoire, Ghana et Sénégal.

Un aspect critique de la comparaison réside dans l'impact des niveaux démographique, politique et d'infrastructure des télécommunications, comme exposé ci-dessous.

A.1 Vue générale démographique

Le tableau ci-dessous fournit une comparaison à haut niveau des principaux indicateurs démographiques pour le Kenya et les pays repères choisis.

Figure 0.1 : Indicateurs principaux pour le Kenya et les pays comparables [Source : EUI, Banque Mondiale, Euromonitor, TeleGeography]

| Indicateur (en 2010) | Unité | Kenya | Tanzanie | Ouganda | Soudan |
|-----------------------|--------------------------|---------|----------|---------|-----------|
| Population (mi-année) | millions | 41 | 45 | 34 | 43 |
| PIB par habitant | dollars/an | 763 | 531 | 504 | 1 550 |
| Superficie | km ² | 582 650 | 945 087 | 236 040 | 2 505 810 |
| Densité de population | habitant/km ² | 70 | 50 | 144 | 1,7 |
| Population urbaine | % | 22,2 | 26,4 | 13,8 | 40,1 |

La population du Kenya est légèrement supérieure à 40 millions, ce qui place le pays au milieu des pays étudiés, lesquels comptaient de 34 millions à 45 millions d'habitants en 2010. Le PIB par habitant est aussi relativement comparable avec environ 760 dollars par an pour le Kenya en 2010. Au Soudan, le PIB a atteint environ 1 550 dollars en 2010, mais étant donné la grande disparité de revenu au Soudan, on peut dire que l'ensemble du marché peut dédier une part de revenu disponible comparable pour les services de télécommunications. Le Kenya est l'un des plus petits pays étudiés, avec une densité de population qui se situe dans la moyenne. Pour tous ces pays, la distribution de population entre les zones urbaines et rurales est à peu près la même.

De même, la Figure 0.2 ci-dessous fournit une comparaison à haut niveau des principaux indicateurs du Nigeria et des pays repères choisis.

Figure 0.2 : Indicateurs principaux pour le Nigeria et les pays comparables [Source : EUI, Banque Mondiale, Euromonitor, TeleGeography]

| Indicateur (en 2010) | Unité | Nigeria | Côte d'Ivoire | Ghana | Sénégal |
|-----------------------|--------------------------|---------|---------------|---------|---------|
| Population (mi-année) | millions | 152 | 22 | 24 | 13 |
| PIB par habitant | dollars/an | 1 290 | 1 030 | 1 330 | 947 |
| Superficie | km ² | 923 768 | 322 460 | 239 460 | 196 190 |
| Densité de population | habitant/km ² | 160 | 70 | 100 | 67 |
| Population urbaine | % | 49,8 | 50,6 | 51,5 | 42,4 |

Le Nigeria est le pays le plus peuplé d'Afrique sub-saharienne avec plus de 150 millions d'habitants, ce qui le place loin devant les pays étudiés dont la population était comprise entre 13 et 24 millions en 2010. Pour tous ces pays, la répartition de la population entre les zones rurales et urbaines est équivalente. Le PIB par habitant est également comparable et se situe aux environs de 1 290 dollars par an pour le Nigeria en 2010, alors qu'il est compris entre 950 et 1 330 dollars par an pour les pays étudiés.

Pour conclure, l'ensemble des pays étudiés sont à des niveaux démographiques relativement comparables, sauf le Nigeria qui détient, de loin, le taux de population le plus important.

A.1.1 Politiques et environnements réglementaires

La Figure 0.3 ci-dessous présente une vue d'ensemble de l'environnement politique au Kenya et au Nigeria, ainsi que dans les pays comparables sélectionnés.

Figure 0.3 : Principales variables de politique [Source : Analysys Mason, ITU, 2012]

| Pays | État de la privatisation du titulaire | Concurrence mobile | Portail international | Concurrence FAI |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kenya | Privatisé partiellement | Concurrentiel | Concurrentiel | Concurrentiel |
| Nigeria | Nationalisé | Concurrentiel | Concurrentiel | Concurrentiel |
| Tanzanie | Privatisé partiellement | Concurrentiel | Concurrentiel | Concurrentiel |
| Ouganda | Privatisé | Concurrentiel | Concurrentiel | Concurrentiel |
| Soudan | Privatisé partiellement | Concurrentiel | Concurrence partielle | Concurrence partielle |
| Côte d'Ivoire | Privatisé | Concurrentiel | Concurrence partielle | Concurrence partielle |
| Ghana | Privatisé partiellement | Concurrentiel | Concurrence partielle | Concurrence partielle |
| Sénégal | Privatisé | Concurrence | Concurrence | Concurrence |

| partiellement | partielle | partielle | partielle |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
|---------------|-----------|-----------|-----------|

Remarque : on entend par concurrence partielle une situation dans laquelle un acteur du marché semble détenir une position « dominante ».

Le Kenya fait partie des pays les plus libéralisés, exception faite de l'Ouganda qui dispose d'un opérateur historique totalement privatisé. Dans les autres cas, tous les pays disposent d'un secteur mobile concurrentiel, bien que le Soudan soit moins concurrentiel au niveau de l'ouverture internationale et de la concurrence FAI. Au Nigeria, l'opérateur historique fixe est encore nationalisé, mais doit affronter la concurrence représentée par de nombreux opérateurs de téléphonie fixe et mobile et ne détient aucun monopole sur l'ouverture internationale (alors que les autres pays repères sont moins libéralisés par rapport à l'accès international). Le marché des FAI tend à être plus concurrentiel mais aussi plus fragmenté au Nigeria par rapport aux autres pays repères, même si la plupart des marchés mobiles pris en compte offrent un niveau de concurrence comparable.

A.1.2 Infrastructure et environnement d'interconnexion

La figure ci-dessous souligne l'état de la concurrence sur les réseaux fixes et mobiles au Kenya, au Nigeria et dans les pays repères, de taille comparable.

*Figure 0.4 : Pénétration des infrastructures fixes et mobiles, 2010 [Source : TeleGeography, ITU, 2012]
(* = Statistiques 2011)*

| Pays | Pénétration de la téléphonie fixe (% des foyers) | Pénétration de la téléphonie mobile (% de la population) |
|---------------|---|---|
| Kenya | 4,3 | 60,1 |
| Nigeria | 3,5 | 57,4 |
| Tanzanie | 2,2 | 46,7 |
| Ouganda | 5,7 | 37,7 |
| Soudan | 9,7 | 55,4* |
| Côte d'Ivoire | 6,7 | 68,3 |
| Ghana | 6,0 | 79,3 |
| Sénégal | 22,4 | 64,2 |

Comme dans la plupart des pays sub-sahariens, l'absence d'infrastructure pour un accès fiable et étendu à la téléphonie fixe est, d'un point de vue historique, le principal défaut de l'environnement TIC et représente un obstacle au développement du haut débit. Le dégroupement local est rarement développé et les coûts de déploiement sont gigantesques. Dans tous les pays étudiés, la pénétration de la téléphonie fixe dans les foyers ne dépassait toujours pas les 10 %, sauf au Sénégal où les 22 % ont été atteints en 2010⁴⁶. De plus, ces niveaux de pénétration tendent à diminuer au fil du temps, en raison de l'effet de substitution de la téléphonie fixe par la téléphonie mobile, et parce que les marchés

⁴⁶ Source : TeleGeography

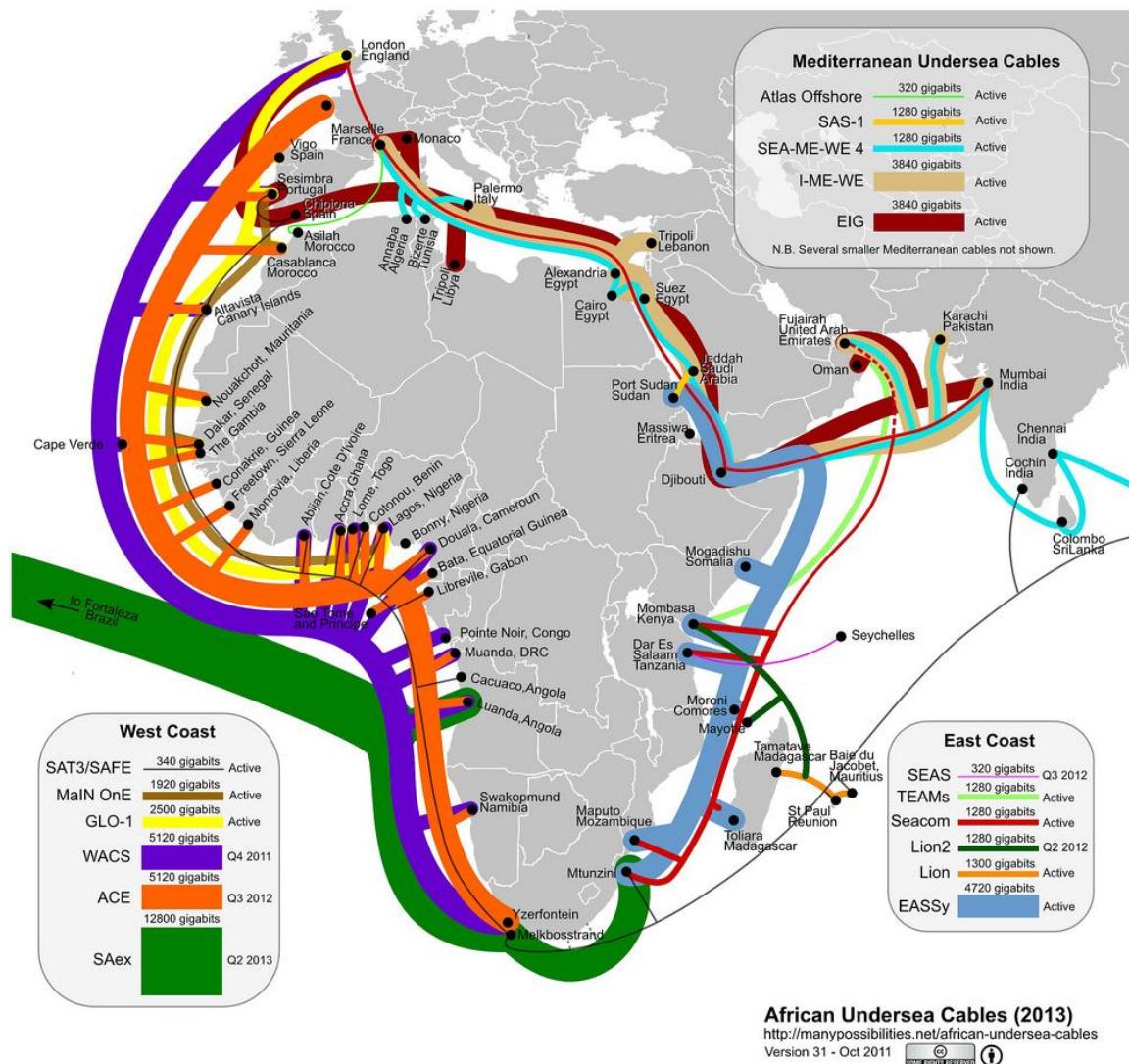
de la téléphonie fixe à haut débit ne suffisent pas, en général, à compenser la chute des bénéfices des réseaux de téléphonie fixe.

Cependant, les niveaux d'accès ont considérablement évolué grâce à l'avènement des technologies mobiles à haut débit pour l'accès au réseau. En 2010, le taux de pénétration de la téléphonie mobile se situait aux environs de 58 % en moyenne pour les pays étudiés. Le Kenya possède le taux de pénétration mobile le plus élevé de sa catégorie, alors que le Nigeria possède le taux le moins élevé de sa catégorie. L'adoption de la téléphonie mobile ouvre la voie au développement du haut débit sur réseau mobile grâce à l'adoption des technologies 3G dans ces pays, en particulier.

En matière de connectivité internationale, selon les estimations de l'ITU, la bande passante internationale pour l'Internet en Afrique, entre 2005 et 2010, est passée de 3 500 à 82 000 Mbit/s, avec le plus gros pic de croissance enregistré entre 2009 et 2010. Ceci est dû, en grande partie, à la mise en service de nouveaux câbles sous-marins concurrentiels en 2010, comme mentionné précédemment. On compte parmi ceux-ci les 10 500 km du câble EASSy, qui relie l'Afrique au reste du monde et qui s'étend de l'Afrique du Sud au Soudan, avec des points d'ancrage dans neuf pays et d'autres connexions dans une dizaine d'autres pays africains enclavés qui ne dépendent plus dorénavant du seul accès Internet par satellite.

La figure ci-dessous montre les points d'ancrage des câbles et les estimations d'ancrage pour la fin 2011.

Figure 0.5 : Câbles de fibre optique sous-marins en Afrique [Source : <http://manypossibilities.net/african-undersea-cables/>, Octobre 2011]



Comme indiqué et illustré ci-dessus, tous les pays côtiers étudiés ont à présent accès à une connectivité internationale décente grâce aux différents câbles sous-marins. Un réseau de câble sous-marin d'une capacité totale de 20 Tbit/s, reliant les pays africains entre eux et le reste du monde, sera mis en place en 2012, et il existe une infrastructure de dorsale terrestre en fibre optique d'environ 350 000 km sur le continent⁴⁷. À titre d'exemple, l'Ouganda peut se connecter à trois câbles sous-marins : SEACOM, EASSy et TEAMS. TEAMS est le câble le plus long des trois qui a été relié à l'Ouganda en juin 2009. Il s'étend du Kenya aux EAU avec une capacité actuelle de 120 Gbit/s. Le Soudan est également bien connecté au reste du monde grâce à trois câbles sous-marins, à savoir SAS-1, Flag Falcon et EASSy.

Des infrastructures, dont le nombre ne cesse de croître, sont également en cours de développement en vue d'accroître la connectivité régionale entre les pays et avec les câbles sous-marins. Par exemple, l'East African Backhaul System (EAB) est un projet de coopération entre les opérateurs de Tanzanie, du Burundi, du Rwanda, de l'Ouganda et du Kenya. Le système de liaison secondaire relie les cinq pays de la Communauté africaine de l'est (CAE), et s'avère particulièrement important pour les trois pays enclavés de la CAE que sont le Burundi, le Rwanda et l'Ouganda. L'EAB comprend une trentaine d'opérateurs d'Afrique de l'Est et du Sud et se relie aux réseaux câblés qui ont été installés à Mombasa et Dar es Salaam. Lorsque son installation sera terminée, le réseau en fibre optique s'étendra sur une distance d'environ 16 000 km sur les cinq pays, ce qui en fera la région la plus interconnectée du continent. Le but est de créer une connexion entre le système terrestre en fibre optique et les câbles sous-marins en fibre optique sur la côte est-africaine.

À l'heure actuelle, le Burundi travaille à la mise en place de son câble de 1 300 km alors que la Tanzanie a achevé la liaison avec les principaux pays frontaliers et met actuellement en place son câble d'une longueur de 10 000 km. L'Ouganda est moins avancé que les autres pays et tente de tenir les délais de son projet en trois phases, la première ayant déjà été accomplie et la réalisation de la troisième étant prévue pour la fin de l'année. Par comparaison, le Kenya progresse de manière très efficace et a déjà achevé la pose de 5 000 km de câblage en fibre optique.⁴⁸ Cette infrastructure régionale permettra de maintenir le trafic dans la région, et de développer un IXP tel que KIXP en un relais régional pour l'échange de trafic.

En Afrique de l'Ouest, la phase 3 a commencé par l'implémentation du projet Wire Nigeria en partenariat avec ECOWAS, au mois de février 2012, en prévision de la liaison de son réseau au Nigeria en fibre optique aérienne, à d'autres pays d'Afrique de l'Ouest dont le Bénin, le Togo et le Niger, sans oublier les projets en cours pour étendre le réseau au Ghana, à la Côte d'Ivoire et au Sénégal. La Banque Mondiale finance également le WARCIP (West Africa Regional Communications

⁴⁷ Source : Forum de l'African Peering and Interconnection, *Unlocking Africa's regional interconnection* (Déverrouillage de l'interconnexion régionale en Afrique), Août 2010, AfPIF.

⁴⁸ Source : <http://www.intelligencecentre.net/2010/05/28/fixed-broadband-in-africa-is-finally-turning-the-corner/>.

Infrastructure Project) qui a démarré à la fin de l'année 2011 et qui contribuera largement à améliorer la connectivité en Gambie, en Guinée et au Burkina Faso.

A.2 Indicateurs sur l'usage de l'Internet

À l'exception notable du Sénégal, dont la pénétration du haut débit dans les foyers atteint les 6 % en raison d'un niveau de pénétration plus élevé de la téléphonie fixe, tous les pays évalués affichent, en date du mois de juin 2011, un taux de pénétration dans les foyers inférieur à 2 %, comme indiqué ci-dessous. Ceci est dû en grande partie au faible taux de pénétration de la téléphonie fixe, en général, et au nombre peu élevé de PC disponibles pour l'accès au réseau fixe.

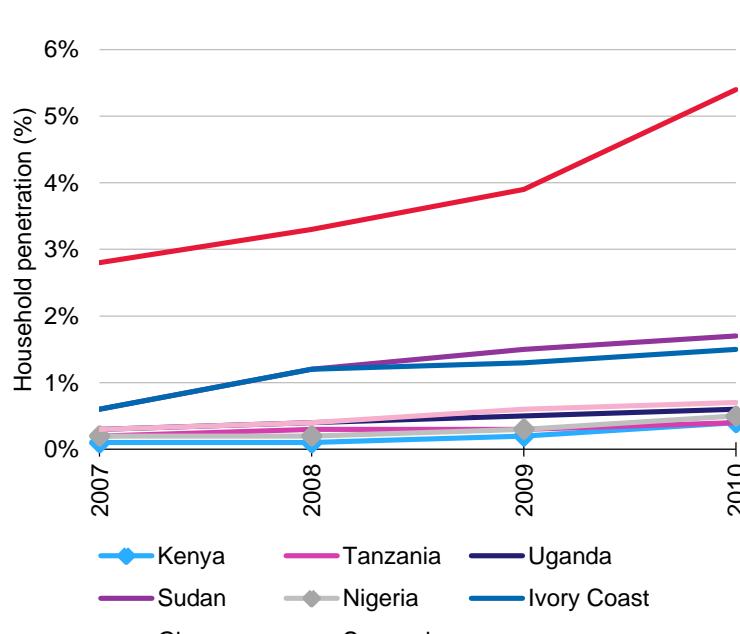


Figure 0.6 : Pénétration du haut débit dans les foyers [Source : Globalcomms, 2012]

Si l'on s'intéresse plus largement à l'usage d'Internet, le pourcentage d'internautes au Kenya et au Nigeria est plus élevé, comme indiqué ci-dessous. À cet égard, le Nigeria possède le plus fort taux d'utilisation d'Internet avec un taux de pénétration dans les foyers estimé à 28 % au mois de décembre 2010, selon l'ITU. Au sein de sa catégorie, le Kenya est proche du Nigeria et dépasse le Sénégal et l'Ouganda en termes d'utilisation. Ces données démontrent que le Nigeria et le Kenya jouent un rôle dominant dans l'accès à Internet dans leurs régions respectives.

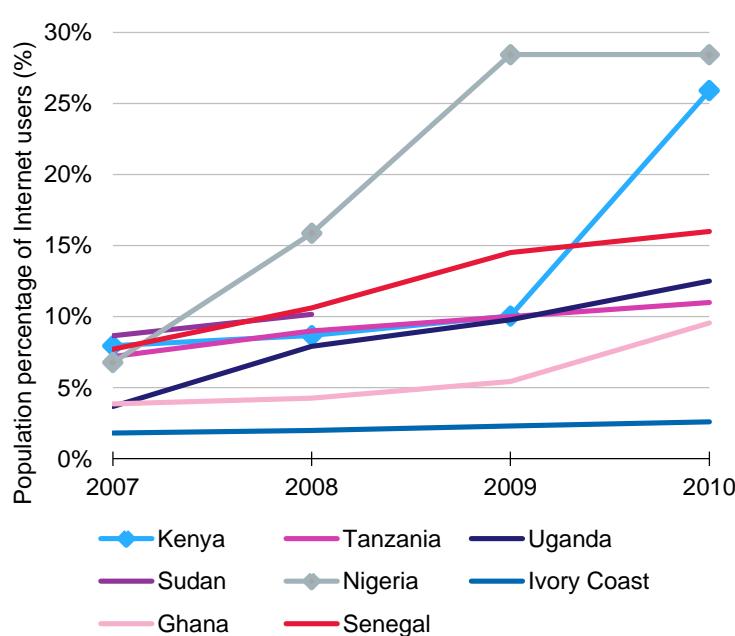


Figure 0.7 : Pénétration de l'Internet dans les foyers, 2007–2010
[Source : ITU, 2011]

A.3 Conclusion

Comparés aux pays de taille similaire, les avantages de l'IXP que nous avons examinés sont importants, mais la présence de l'IXP n'explique pas totalement les différences majeures en termes d'accès à l'Internet entre les pays. Les facteurs macro-économiques, les développements de l'infrastructure, la réglementation et les politiques nationales sont tous des éléments-clés qui peuvent altérer significativement les perspectives des réseaux de télécommunications et le développement de l'Internet en particulier. Par conséquent, il serait erroné d'attribuer tout impact sur l'accès à l'Internet au seul IXP. D'autre part, il est probable que les facteurs qui ont abouti à l'obtention d'un IXP dominant sont exactement les mêmes facteurs qui ont abouti à un niveau élevé d'accès à l'Internet, à savoir : les politiques et les réglementations accommodantes, les partenaires engagés à développer l'écosystème, et une population qui, par voie de conséquence, a envie d'accéder à l'Internet et de l'utiliser.

Annexe B: Entretiens menés dans le cadre de cette étude

Ce rapport s'appuie, en partie, sur des données quantitatives et qualitatives fournies par KIXP (Kenya Internet Exchange Point/Point d'échange Internet du Kenya) et par IXPN (Internet Exchange Point of Nigeria/Point d'échange Internet du Nigeria).

Les données citées dans ce rapport ont également été recueillies auprès de différents partenaires locaux par le biais de questionnaires, d'appels de suivi et de réunions, sous couvert de confidentialité des données sensibles promise en échange du partage de données commerciales sensibles. On compte parmi ces partenaires :

- Au Kenya : CCK, Google, Internet Solutions, JTL, KDN, Kenet, Kenic, KRA, Orange Kenya, Safaricom, Telkom Kenya, Wananchi.
- Au Nigeria : 21stCentury, Cyberspace, Gateway, Google, Internet Solutions, KKON, Linkserve Limited, Netcom, Phase3telecom, Simbanet, Swift, Tara systems, Unilag.

Annexe C : Glossaire

- **Autonomous System Number (ASN)** : ensemble de préfixes de routage IP connectés, contrôlés par un ou plusieurs opérateurs de réseau, qui présente une politique commune de routage vers l'Internet.
- **Caching (de fichiers Web)** : technique utilisée pour réduire l'utilisation de la bande passante, et la latence perçue par les internautes. Cette technique consiste à stocker des copies de fichiers de contenus reçus par les internautes à partir des serveurs d'hébergement au moment où elles transitent vers le réseau Internet. Ces copies sont stockées dans des serveurs cache dédiés qui répondront aux demandes à venir de contenus similaires (à la place des serveurs-hébergeurs originaux).
- **Content Delivery Network (CDN)** : un CDN se compose généralement d'un réseau de serveurs cache répartis géographiquement, connectés par fibre optique, qui transmettent les copies de contenus (fournis par leurs clients) directement vers les FAI auxquels ils sont connectés. Le rôle d'un CDN est de s'assurer que le contenu de ses clients est distribué aux utilisateurs finaux de manière performante, indépendamment de l'emplacement de l'utilisateur final.
- **Fournisseur de contenu** : un fournisseur de contenu (et agrégateur) crée du contenu pour l'Internet et/ou agrège ce contenu pour le rendre accessible aux internautes ou aux clients.
- **Fournisseur de dorsale Internet** : opérateur qui permet d'assurer le trafic à partir de réseaux tiers, ou vers ces derniers, par le biais de son infrastructure de réseaux nationaux ou internationaux en fibre optique pour le haut débit.
- **Internet Exchange Point/Point d'échange Internet (IXP)** : infrastructure physique permettant aux fournisseurs de dorsale Internet, FAI et fournisseurs de contenu d'échanger du trafic entre leurs réseaux en utilisant le peering ou le transit.
- **Internet Service Provider/Fournisseur d'accès Internet (FAI)** : opérateur qui offre à ses clients un accès à l'Internet grâce à une technologie de transmission de données telle que le bas débit, l'ADSL, le câble, le sans-fil ou une connexion dédiée à haut débit.
- **Latence**: la latence est un délai qui intervient dans un système de communication. Dans ce rapport, la latence renvoie à la latence « en boucle », c'est-à-dire à la durée qui s'écoule depuis l'envoi d'un « paquet » de trafic IP à la source jusqu'à son destinataire, puis son renvoi à la source.

- **Peering** : typiquement, une relation entre deux fournisseurs de dorsale Internet grâce à laquelle chaque réseau échange du trafic entre ses propres clients et ceux de l'autre réseau. Souvent, mais pas systématiquement, ces relations sont sans contrepartie financière pour livrer le trafic échangé dans un sens ou dans l'autre.
- **Point of Presence (PoP)** : point d'un réseau auquel les clients d'un fournisseur de réseau de base Internet peuvent interconnecter leurs réseaux au réseau de base de l'Internet.
- **Transit** : typiquement, relation entre un FAI et un fournisseur de dorsale Internet grâce à laquelle ce dernier fournit au FAI un accès au reste de ses clients en transit ainsi qu'aux clients d'autres structures auxquelles il se lie, en échange d'une contrepartie financière calculée sur le volume du trafic.
- **Tromboning (effet trombone)** : un phénomène de « tromboning », ou effet trombone, se produit quand le trafic à l'intérieur d'un pays passe par un autre pays pour être échangé et redirigé vers le pays d'origine. Voir la Section 2.1.2 pour de plus amples détails.

Annexe D : Nos organisations

A.4 À propos de l'ISOC

L'Internet Society est un des principaux défenseurs d'un Internet libre et ouvert, et promeut le développement, l'évolution et l'utilisation ouverts de l'Internet au bénéfice des peuples du monde entier. Nous sommes la source d'information et de leadership indépendante et fiable sur les questions liées à l'Internet. L'Internet Society travaille depuis plus de 20 ans pour assurer la croissance et l'évolution continues de l'Internet comme plateforme d'innovation, de développement économique et de progrès social.

L'Internet Society éduque, informe et communique avec les partenaires technologiques, commerciaux et gouvernementaux ainsi qu'avec le grand public afin de promouvoir un Internet ouvert à tous. Nous défendons le développement continu de l'Internet comme plateforme ouverte qui donne aux personnes les moyens de partager des idées et de se connecter d'une manière innovante et inédite en servant les besoins économiques, sociaux et éducatifs des gens partout dans le monde. Pour accomplir cette mission, l'Internet Society :

- Facilite le développement ouvert des normes, des protocoles, de l'administration et de l'infrastructure technique de l'Internet.
- Soutient l'éducation, notamment dans les pays en développement et partout où le besoin existe.
- Favorise le développement professionnel et construit une communauté pour encourager la participation et le leadership dans des domaines importants pour l'évolution de l'Internet.
- Fournit des informations fiables sur l'Internet.
- Organise des forums de discussions sur des questions touchant à l'évolution, au développement et à l'utilisation de l'Internet dans les domaines technique, commercial, social et autres.
- Encourage un environnement propice à la coopération internationale, au communautarisme et à une culture qui permet à l'auto-gouvernance de fonctionner.
- Sert de support aux efforts de coopération visant à promouvoir l'Internet comme un outil positif profitant à tous les peuples à travers le monde.
- Gère et coordonne les initiatives stratégiques et les efforts de sensibilisation dans les domaines humanitaire, éducatif, social et autres.

L'Internet Society est au cœur du plus grand réseau mondial de particuliers et d'organisations veillant en priorité à s'assurer que l'Internet continue à croître et à évoluer en tant que plateforme pour l'innovation, la collaboration et le développement économique. En nous attaquant aux problèmes situés aux carrefours de la technologie, des politiques et de l'éducation, nous travaillons de manière collaborative à la préservation et à la protection d'un modèle de développement et de gestion en partenariats multiples qui est la clé de la réussite de l'Internet. Avec plus de 120 membres organisationnels et plus de 55 000 membres individuels dans plus de 90 chapitres, répartis dans 72 pays, l'Internet Society représente un réseau mondial de sociétés, d'organismes à but non lucratif, d'entrepreneurs et d'individus intéressés par un travail d'identification et de traitement des défis et des opportunités qui existent en ligne.

Parmi ses nombreuses initiatives, l'Internet Society s'est lancée dans un programme pluriannuel afin d'aider les économies émergentes à développer des environnements d'échange de trafic et d'interconnexion à l'Internet à la fois solides, économiques et efficaces. Notre travail comprend diverses activités, parmi lesquelles :

- L'assistance aux universités, opérateurs de réseau gouvernementaux et FAI afin de leur permettre d'acquérir un savoir de niveau international et les compétences requises pour construire des réseaux interconnectés, économiques et fiables,
- L'encouragement au développement de nouveaux IXP (Internet Exchange Points) et l'aide aux partenaires afin qu'ils optimisent leur utilisation des IXP déjà mis en place,
- L'assistance aux concepteurs de politiques et aux régulateurs lors de la mise en œuvre d'approches visant à étendre la couverture Internet, à construire un environnement d'échange de trafic et d'interconnexion bénéfique, et
- L'encouragement à des collaborations multi-partenaires sur ces questions, notamment l'AfPIF (African Peering and Interconnection Forum), et le soutien à l'association Lac-IX (Latin American and Caribbean IXP).

Pour plus d'informations sur l'Internet Society, y compris sur notre travail visant à améliorer l'interconnexion à l'Internet et l'environnement d'échange de trafic dans les économies émergentes, veuillez consulter notre site Web à l'adresse suivante : <http://www.internetsociety.org>

A.5 A propos d'Analysys Mason

La seule constante, c'est le changement. Ce qui fonctionnait hier ne marche pas forcément bien aujourd'hui. C'est la raison pour laquelle nous regardons par-delà les évidences, et nous observons les situations en adoptant le point de vue du client, de sorte qu'une solution efficace peut être apportée à

chaque fois. Un élément-clé de cette approche est notre point de vue international. Le marché ne dort jamais, et grâce à ses bureaux répartis sur six fuseaux horaires, Analysys Mason ne dort pas non plus.

Les secteurs des télécoms, des médias et des technologies sont notre monde ; nous vivons et nous respirons au rythme des TMT. Cette immersion totale dans notre cœur de métier sous-tend et nourrit toutes nos activités ; qu'il s'agisse de la force et de la fiabilité de notre analyse de marché ou de l'amélioration des performances commerciales pour nos clients dans plus de 100 pays à travers le monde.

Nous sommes des experts du secteur des télécommunications, des médias et des technologies (TMT). Ce savoir sous-tend toutes nos activités et permet à nos clients de faire évoluer leurs activités commerciales vers ce qu'il y a de mieux.

Une idée simple, mais extrêmement forte, guide notre approche : l'intelligence appliquée. Grâce à la maîtrise de notre intelligence collective, nous parvenons à résoudre des problèmes réels et à obtenir des résultats tangibles pour nos clients. Comme le dit un proverbe japonais : « Nous sommes plus intelligents ensemble qu'individuellement ».

Nous avons la passion de notre métier et nous sommes concentrés et déterminés pour prendre à bras le corps et résoudre les problèmes les plus difficiles pour aider nos clients. Nous nous élevons face aux défis et c'est ce qui nous plaît. En fait, quand il s'agit de résoudre un problème, nous avons le sentiment que « plus c'est difficile et mieux c'est ». C'est cette alliance unique de notre intelligence appliquée, de notre manière efficace de résoudre les problèmes et de notre capacité à examiner de plus près les situations et de voir au-delà qui donne sa spécificité à Analysys Mason.

A.5.1 Conseil d'Analysys Mason

Depuis plus de 25 ans, nos consultants partagent les bénéfices de l'intelligence appliquée afin de donner les moyens à nos clients du monde entier de tirer le meilleur profit de leurs opportunités.

Contrairement à certains cabinets de conseil, nous accordons la priorité exclusivement aux TMT. Nous conseillons nos clients sur des questions de réglementation, nous soutenons des investissements s'élevant à plusieurs milliards de dollars, nous offrons des conseils en matière de performance de réseau et nous proposons des recommandations sur des options de partenariats commerciaux et sur de nouvelles stratégies commerciales. Des projets de ce type sont le fruit de connaissances approfondies et d'un éventail de compétences qui nous différencient.

Nous savons voir par-delà les évidences afin de comprendre une situation en adoptant le point de vue du client. Plus important encore, nous ne perdons jamais de vue que le but du conseil est d'apporter des solutions pratiques et adaptées. Nous aidons les clients à résoudre leurs problèmes les plus urgents, et nous leur permettons d'aller plus loin, plus vite et d'atteindre leurs objectifs commerciaux.

Nous taillons sur mesure notre éventail de compétences au quotidien, jour après jour, afin d'apporter une solution aux défis les plus complexes de nos clients

Pour plus d'informations sur nos services de conseil, veuillez consulter notre site web à l'adresse suivante : www.analysysmason.com/consulting.

A.5.2 Recherche d'Analysys Mason

Nos programmes de recherche par abonnement répondent aux dynamiques-clés du secteur afin d'aider les clients à interpréter le marché en évolution.

Les programmes accordent la priorité à cinq domaines :

- Les services clients
- Les services d'entreprise
- Les technologies de réseau
- Les logiciels pour les télécommunications
- Les données de marché.

Nous analysons, suivons et anticipons les différents services utilisés par les consommateurs et les entreprises, ainsi que les logiciels, l'infrastructure et la technologie qui sous-tend la livraison de ces services. L'abonnement à nos programmes de recherche vous apporte une intelligence commerciale à un rythme régulier et en temps opportun. Il vous apporte également un accès direct à notre équipe d'analystes ; c'est-à-dire à la possibilité de participer à des face-à-face avec nos experts thématiques pour obtenir les avis, les opinions et les conseils pratiques relatifs à vos décisions commerciales les plus critiques.

Tirez profit de ce service et vous serez en bonne compagnie. Nombreux sont les grands opérateurs de réseau, les vendeurs, les régulateurs et les investisseurs qui s'abonnent à nos programmes et qui s'appuient sur nos avis au quotidien afin de prendre leurs décisions.

Nos services de recherche personnalisés offrent des analyses personnalisées et approfondies qui répondent à des questions spécifiques afin de satisfaire exactement vos exigences.

Notre équipe de recherche expérimentée et flexible peut entreprendre une estimation de la taille du marché, et son étude, la recherche du profil des partenaires et des concurrents qui s'appuient sur toutes les analyses et les avis dont vous avez besoin. De surcroît, nous pouvons mener des entretiens d'experts et des enquêtes quantitatives afin d'obtenir des avis nouveaux et authentiques, et nous pouvons fournir des données d'évaluation fiables ainsi qu'une interprétation de premier ordre et des conseils sur la manière de tirer le meilleur profit de ce genre de données.

Les clients font appel à nos services en raison de nos prévisions de marchés, qui font autorité, qui s'appuient sur notre connaissance exhaustive du secteur des TMT, et qui proviennent d'une large base de données recueillies depuis de nombreuses années et mises à jour au fil de recherches permanentes. Nos experts thématiques produisent également des documents de travail qui s'avèrent très précieux pour les ventes et les campagnes marketing ; ils effectuent des présentations et mettent en place des ateliers qui permettent à votre équipe d'être tenue informée des dernières tendances et technologies émergentes.

Pour plus d'informations sur nos programmes de recherche par abonnement et nos services de recherche personnalisés, veuillez consulter notre site web à l'adresse suivante :www.analysysmason.com/research.

A.6 À propos des auteurs

Michael Kende est directeur chez Analysys Mason et co-directeur du groupe des réglementations et des politiques internationales. Avant de rejoindre Analysys Mason, M. Kende était Directeur de l'analyse des politiques de l'Internet à la FCC (Federal Communications Commission), où il était en charge d'un large éventail d'analyses des politiques et des décisions relatives à la réglementation en matière de politiques sur l'Internet. M. Kende a dirigé l'évaluation de plusieurs fusions regroupant des réseaux de base Internet et a rédigé un document de travail FCC intitulé *The Digital Handshake: Connecting Internet Backbones (La poignée de main numérique : relier les réseaux de dorsale Internet)*. Chez Analysys Mason, M. Kende a travaillé avec des opérateurs et des régulateurs sur six continents et les a conseillés sur un grand nombre de sujets relatifs à l'Internet. En particulier, il a apporté son expérience de consultant sur les questions liées à l'interconnexion IP à des entreprises ou des gouvernements situés à Singapour, en Arabie Saoudite, au Sri Lanka, aux États-Unis et dans l'Union Européenne. Il est le principal auteur du rapport intitulé *Overview of recent changes in the IP interconnection ecosystem (Vue d'ensemble des évolutions récentes de l'écosystème d'interconnexion IP - Janvier 2011)*. Il a également dirigé l'équipe qui a travaillé avec l'IDA (Infocomm Development Authority) à Singapour afin d'établir le SGIX (Singapore Internet Exchange) et remplit actuellement la même mission pour un autre gouvernement au Moyen-Orient.

Charles Hurpy est consultant au bureau américain d'Analysys Mason et possède une solide expertise en matière d'interconnexion IP. M. Hurpy a participé intensément à la production de notre rapport *Vue d'ensemble des évolutions récentes de l'écosystème de l'interconnexion IP* (Janvier 2011) et gère actuellement un projet qui vise à établir un point d'échange Internet international pour un gouvernement du Moyen-Orient. M. Hurpy s'est impliqué dans de nombreux projets avec Analysys Mason, qu'il s'agisse de l'analyse de la concurrence et de marchés pour les régulateurs, du conseil au service de réglementations des opérateurs alternatifs en matière de taux de terminaison ou de différends juridiques, de l'évaluation des marchés des télécommunications et de l'évaluation des services de ventes en gros et de détail.

A.7 Remerciements

Les auteurs aimeraient remercier l'Internet Society pour son soutien, en particulier Karen Rose, Directeur principal du développement stratégique et de la planification commerciale, pour son leadership ainsi que Michuki Mwangi, Manager principal du développement pour l'Afrique et le Moyen-Orient pour ses avis techniques sur les marchés. De plus, nous souhaiterions remercier Fiona Asonga et Barry Macharia de KIXP et Muhammed Rudman et Anibe Onuche d'IXPN ainsi que les membres des IXP avec lesquels nous nous sommes entretenus pour le temps et les efforts qu'ils nous ont consacrés pour répondre à nos questions. Toutes les données et les analyses présentées ici relèvent de la seule responsabilité des auteurs.