



BENCHMARK DES IXP ET CARRIER HOTELS EN AFRIQUE

Volet 1 : Etude de faisabilité

Mars 2015



Table des matières

Résumé	5
1 Benchmark des Internet Exchange Points en Afrique.....	7
1.1 Définition, rôle et raisons d'existence des IXP	7
1.1.1 Définition.....	7
1.1.2 Bénéfices d'un IXP pour les opérateurs télécoms et FAI	8
1.1.3 Les autres acteurs concernés	8
1.1.4 Services fournis par un IXP	9
1.1.5 Configuration type d'un IXP	10
1.2 Les différents statuts juridiques d'IXP	10
1.2.1 IXP à vocation commerciale	10
1.2.2 Association ou groupement d'opérateurs télécoms et FAI à but non lucratif ...	11
1.2.3 Institution publique	11
1.3 Le modèle économique des IXP	12
1.3.1 Coûts et revenus d'un IXP	12
1.3.2 Modèle gratuit.....	12
1.3.3 Modèle payant	13
1.4 Cartographie générale des IXP	13
1.4.1 Etat des lieux des IXP en activité dans le monde.....	13
1.4.2 Cartographie des IXP en Afrique.....	14
1.5 Définition et énumération des indicateurs utilisés	15
1.5.1 Indicateurs sur le pays.....	15
1.5.2 Identification de l'IXP	16
1.5.3 Indicateurs sur l'IXP	16
1.6 Études de cas d'IXP situés en Afrique	17
1.6.1 Nigeria (IXPN)	17
1.6.2 Rwanda (RINEX)	20
1.6.3 Afrique du Sud (JINX)	24
1.6.4 Kenya (KIXP).....	27
1.7 Etudes de cas d'IXP non situés en Afrique	31

1.7.1	France (France-IX).....	31
1.7.2	Pays-Bas (AMS-IX)	35
1.7.3	Canada (TorIX).....	39
2	Benchmark des <i>carrier hotels</i> en Afrique.....	42
2.1	Définition, configuration type et rôle d'un <i>carrier hotel</i>	42
2.1.1	Définitions : <i>datacenter</i> , centre de colocation et <i>carrier hotel</i>	42
2.1.2	Les composantes principales d'un <i>carrier hotel</i>	42
2.2	Classification des centres de colocation en Tier	45
2.2.1	Continuité de l'alimentation électrique et du refroidissement	45
2.2.2	Classifications TIA-942 et Uptime Institute.....	46
2.2.3	Un exemple de <i>carrier hotel</i>	50
2.3	Les types de client d'un <i>carrier hotel</i>	52
2.3.1	Intérêt pour les entreprises d'être présentes dans un <i>carrier hotel</i>	52
2.3.2	Les clients d'un <i>carrier hotel</i>	52
2.4	Le modèle économique des <i>carrier hotels</i>	53
2.4.1	Location d'espace et d'équipements	53
2.4.2	Vente de services liés à la connectivité.....	53
2.4.3	Vente de services complémentaires	54
2.5	Cartographie générale des centres de colocation et <i>carrier hotels</i> en Afrique	54
2.5.1	Les centres de colocation dans le monde.....	54
2.5.2	Cartographie des centres de colocation en activité en Afrique	56
2.5.3	Zoom par région en Afrique.....	57
2.6	Définition et énumération des indicateurs utilisés	59
2.6.1	Indicateurs sur le pays.....	59
2.6.2	Identification du <i>carrier hotel</i>	59
2.6.3	Indicateurs sur le <i>carrier hotel</i>	60
2.7	Étude de cas de <i>carrier hotels</i> situés en Afrique	61
2.7.1	RackAfrica (Ghana)	61
2.7.2	Teraco (Afrique du Sud).....	64
2.7.3	East Africa Data Centre (Kenya).....	67
2.8	Etude de cas de <i>carrier hotels</i> non situés en Afrique.....	70
2.8.1	Le cas général d'Equinix.....	70
2.8.2	Telehouse 2 (France).....	71
2.8.3	Telecity 3 (France).....	73
2.8.4	LuxConnect (Luxembourg).....	76
3	Recommandations pour le projet Togo IXP/Carrier Hotel	81

3.1	Le contexte extrinsèque à l'IXP	81
3.2	Aspects liés à l'IXP	81
3.2.1	Structure de gouvernance	82
3.2.2	Modalités de <i>peering</i>	83
3.2.3	Modèle économique	84
3.2.4	Hébergement et redondance	86
3.2.5	Services fournis par l'IXP	86
3.2.6	Echange de bonnes pratiques.....	89
3.3	Aspects liés au <i>carrier hotel</i>	89
3.3.1	Infrastructures, localisation et connectivité	90
3.3.2	Services et tarification	91
3.3.3	Fonctionnement	94
3.4	Mutualisation de certains aspects.....	95
	Annexes	97
	Annexe 1 : glossaire des termes techniques et abréviations courantes.....	97
	Annexe 2 : méthodologie	98
	Annexe 3 : nombre d'IXP par pays dans le monde en janvier 2015	99
	Annexe 4 : mise en place de KIXP et IXPN – bénéfices chiffrés.....	100
	Annexe 5 : lien entre trafic échangé dans l'IXP et bande passante internationale consommée par le pays	101
	Annexe 6 : tentatives de corrélation du prix annuel de location d'un port 1 Gbps dans un IXP avec d'autres facteurs	103

Résumé

Le rôle premier d'un IXP est de permettre une interconnexion directe entre fournisseurs d'accès Internet. Dans le cas des pays émergents, un IXP permet en outre d'**améliorer la connectivité Internet du pays** en facilitant le *peering* et en évitant l'achat couteux de bande passante internationale. Quant au rôle d'un *carrier hotel*, il s'agit d'**héberger de manière sécurisée les données** et serveurs d'un client tout en profitant de la présence d'opérateurs télécoms pour proposer des **services additionnels**. De fait, un IXP et un *carrier hotel* **visent de manière complémentaire des typologies de clients similaires** ; il est donc pertinent de les mettre en place de manière conjointe.

Plusieurs IXP ont été étudiés de manière détaillée de façon à **recenser les bonnes pratiques** et **fournir des recommandations** applicables dans le cas du Togo.

	IXPN Nigeria	RINEX Rwanda	JINX Af. du Sud	KIXP Kenya	France-IX France	AMS-IX Pays-Bas	TorIX Canada
Modèle opérationnel	Non lucratif	Non lucratif	Non lucratif	Non lucratif	Non lucratif	Non lucratif	Non lucratif
Statut juridique	Société privée	Association	Association	Association	Association + société	Association + société	Association
Conseil d'administration	7 membres	8 membres	9 membres	11 membres	8 membres	5 membres	7 membres
Mode de <i>peering</i>	Multilatéral	Multilatéral	Bilatéral	Multilatéral	Bilatéral	Bilatéral	Bilatéral
Ports proposés en location	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps 10 Gbps	100 Mbps 1 Gbps	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps 10 Gbps	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps	1 Gbps 10 Gbps	1 Gbps 10 Gbps 100 Gbps	1 Gbps 10 Gbps
Services additionnels	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Au regard des pays et IXP analysés, Polyconseil recommande notamment la création d'une **structure publique à but non lucratif**, dédiée à la gestion des opérations de l'IXP ainsi que la mise en place d'un **conseil d'administration** composé de **membres publics** et de **membres représentant les clients de l'IXP**.

De surcroît, Polyconseil recommande de mettre en œuvre une **politique de *peering* bilatérale** où les membres peuvent choisir avec qui ils s'interconnectent, tout en incitant (voire en obligeant) tous les opérateurs du pays à installer un point de présence dans l'IXP.

Pour assurer la croissance du besoin et des usages Internet du pays, l'IXP du Togo devra proposer des **ports jusqu'à une capacité au moins égale à 1 Gbps**. Pour améliorer l'attractivité de l'IXP du Togo, Polyconseil recommande également la fourniture gratuite de **services additionnels** comme la mise en place d'un portail intranet privé pour les membres, des services DNS, la présence de serveurs de cache ou encore des services de synchronisation NTP.

Résumé

Au-delà des services à proposer par l'IXP du Togo, son **attractivité** vis-à-vis des acteurs régionaux ou hors du continent africain sera fonction uniquement du **développement du trafic national**, et donc du développement de l'**accès Internet** haut et très haut débit dans la population togolaise.

Différents *carrier hotels* ont par ailleurs été analysés afin de pouvoir **recommander une configuration générale** pour le Togo. Cette configuration sera plus amplement spécifiée dans l'étude technique du *carrier hotel* prévue lors du volet 2.

	RackAfrica Ghana	Teraco Af. du Sud	EADC Kenya	Telehouse France	Telecity France	LuxConnect Luxembourg
Niveau de Tier	Tier III	Tier III	Tier III	Tier III	« Tier IV »	Tier IV
Neutralité opérateurs	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Meet Me Room</i>	NC	Oui	Oui	Non (prévu)	Oui	Oui
Hébergement d'un IXP	Non (prévu)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Services de connectivité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Services d'assistance	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Par rapport aux *carrier hotels* déjà existants, Polyconseil recommande de développer un *carrier hotel* **au moins de Tier III amélioré**, et ce d'autant plus que les ambitions régionales du *datacenter* togolais sont élevées. A ce titre, l'inclusion d'une **Meet Me Room** et l'obtention de **normes qualité** sont également recommandées par Polyconseil.

La classification en TIER est principalement basée sur la manière de gérer la disponibilité pour la **fourniture d'électricité**. Dans l'étude technique du *datacenter*, il sera nécessaire de considérer d'autres éléments comme la **redondance dans la chaîne du froid**, la **gestion de la sécurité** ou encore la **supervision** pour proposer une architecture exhaustive et adaptée au Togo.

Pour assurer une **connectivité** et une **attractivité optimales**, Polyconseil recommande le raccordement (de la façon la plus directe possible) du *carrier hotel* à tous les **opérateurs télécoms** du Togo, au **câble sous-marin WACS** ainsi qu'aux **dorsales locales et nationales de fibre optique**. Il est également recommandé que l'IXP soit hébergé au sein du *carrier hotel*.

Au-delà de la **location d'espace serveur**, cœur de métier d'un *datacenter*, le *carrier hotel* devra proposer des **services de connectivité** (a minima une interconnexion physique entre clients) ainsi que des **services d'assistance à distance** type « *Remote Hands* ».

1 Benchmark des Internet Exchange Points en Afrique

1.1 Définition, rôle et raisons d'existence des IXP

1.1.1 Définition

Un **Internet Exchange Point** (également appelé IXP ou Point d'Echange Internet) est une infrastructure qui permet aux Fournisseurs d'Accès Internet (FAI) et opérateurs télécoms d'échanger du trafic Internet par le biais d'accords de *peering*. En interconnectant directement leurs réseaux, les membres d'un IXP s'échangent du trafic **localement**, sans avoir à consommer (et donc acheter ou louer) de la bande passante internationale.

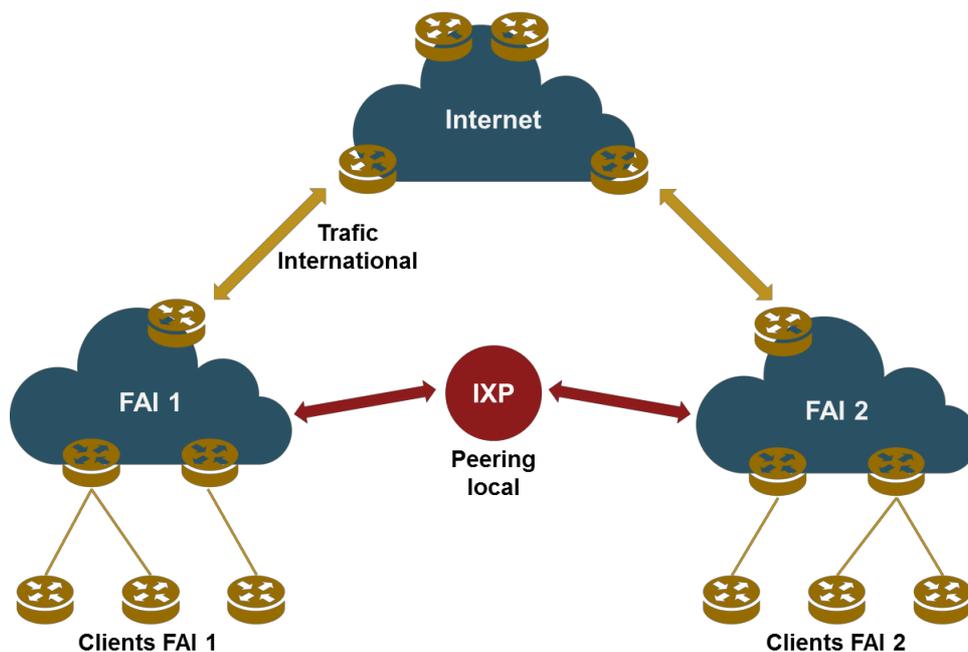


Figure 1 – Echange de trafic Internet dans un IXP

Lorsque les données échangées entre deux opérateurs locaux font un aller-retour en utilisant de la bande passante internationale, on parle de **tromboning**. Phénomène néfaste, le *tromboning* résulte des actions unilatérales de chaque FAI qui préfère utiliser la bande passante internationale plutôt qu'établir un point de *peering* avec tous ses homologues. A l'opposé, un IXP témoigne généralement d'une démarche **collaborative** entre les différents FAI, visant à éliminer le *tromboning* au travers de la création d'un point d'échange unique pour tous les opérateurs en présence.

Les prix du transit Internet international étant en **diminution** régulière (par exemple -66% pour l'achat de transit STM-1 pour la route Johannesburg-Londres entre fin 2010 et fin 2013), on pourrait au premier abord penser que le *peering* a de moins en moins de sens. Cependant, l'**explosion des usages** conduit à une augmentation du volume des données échangées plus rapide (+387% de bande passante internationale consommée par l'Afrique du Sud entre 2010 et 2013) que la baisse des prix du transit. En conclusion, malgré la baisse des tarifs, la **facture de transit continue d'augmenter** et le *peering* est plus que jamais essentiel.

De fait, les IXP sont désormais reconnus comme des **éléments vitaux** de l'écosystème Internet tant du point de vue des pouvoirs publics que des FAI. Aujourd'hui, il est en effet considéré qu'un FAI ne peut pas offrir une qualité de service élevée pour des tarifs attractifs s'il n'est pas connecté à un IXP¹.

¹ OCDE, *Internet Traffic Exchange – Market developments and policy challenges*, Janvier 2013, Disponible sur http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/internet-traffic-exchange_5k918gpt130q-en

1.1.2 Bénéfices d'un IXP pour les opérateurs télécoms et FAI

Pour les opérateurs télécoms et FAI, les avantages de se connecter à un IXP sont donc les suivants :

- **Réduction des coûts de transit** car le trafic passant par un point d'échange revient moins cher que par l'intermédiaire de bande passante nationale ou internationale. Cet avantage profite également aux utilisateurs puisqu'il peut amener les FAI à revoir leur politique tarifaire.
- **Réduction de la latence** pour les utilisateurs : en évitant aux données de transiter par un autre pays, voire un autre continent, les temps de latence sont considérablement réduits, d'autant plus que la bande passante internationale est souvent congestionnée dans certains pays.
- **Réduction de la dépendance à l'égard de la connectivité internationale** et meilleure interconnexion entre les réseaux locaux : dans le cas d'une panne sur la liaison internationale, les échanges entre fournisseurs d'accès Internet nationaux restent possibles (échanges d'emails, accès aux serveurs web hébergés sur le territoire national, etc.).
- **Stimulation du trafic Internet local** : en permettant de transférer des données en importantes quantités pour un moindre coût, une connexion à un IXP contribue à terme à augmenter le trafic Internet local, comme le montre le retour d'expérience des IXP mis en place dans un certain nombre de pays. Cela engendre un cercle vertueux et contribue en retour à augmenter les revenus des opérateurs télécoms.

Enfin, à plus long terme, la facilité d'accès au contenu hébergé par l'IXP incite à la création et à l'installation locale de nouveaux **fournisseurs de contenus**.

1.1.3 Les autres acteurs concernés

D'autres acteurs que les opérateurs télécoms peuvent également avoir un intérêt à se connecter à un IXP :

- Les **fournisseurs de contenus** (média, vidéos, cloud, éducatif, jeux vidéos) et **réseaux sociaux** (Facebook, Twitter, LinkedIn par exemple) : les grands fournisseurs de contenus (tels que Google) peuvent localiser des **serveurs de cache** hébergeant du contenu lourd (comme des vidéos YouTube). Google estime par exemple que son système Google Global Cache peut mettre en cache 70% à 90% du trafic Google². Cela permet d'améliorer l'**accessibilité du contenu** et de réduire la latence pour les usagers qui consomment donc davantage et apportent ainsi davantage de revenus au fournisseur de contenu concerné.
- Les acteurs du secteur **bancaire** : l'interconnexion entre plusieurs banques au niveau d'un IXP garantit la **sécurité des transactions** et évite que l'information ne passe par un tiers opérateur télécom. Certaines banques disposent déjà d'espaces dédiés dans des *datacenters* pour opérer leurs transactions. Pour ces banques, l'intérêt de se connecter à un IXP réside plutôt dans le fait d'optimiser (du point de vue du coût et de la latence pour les usagers) le **flux Internet** généré par les **salariés** ainsi que le flux vers le **portail en ligne** de la banque.
- De manière plus générale, les **hébergeurs de sites web locaux**³ bénéficiant d'une forte fréquentation : pour assurer une qualité de navigation optimale et pouvoir insérer du contenu haute définition, la connexion à un IXP permet aux sites web de maintenir voire d'étendre leur audience ainsi que les revenus associés.
- Les **grandes entreprises et groupes industriels**⁴ connectés à plusieurs FAI dans plusieurs endroits géographiquement distants et utilisant massivement des solutions cloud connectées à l'IXP : pour ces

² GOOGLE, *Google Caching Overview*, Disponible sur <https://peering.google.com/about/ggc.html>

³ Voir l'étude de cas jeuxvideo.com sur <https://www.franceix.net/fr/members-resellers/case-study/jeuxvideocom/>

⁴ Voir l'étude de cas Schneider Electric sur <https://www.franceix.net/fr/members-resellers/case-study/schneider-electric/>

entreprises, il s'agit d'assurer une meilleure connectivité mais surtout de réduire la facture liée au transit pour accéder aux applications hébergées en cloud.

- Les **revendeurs de capacité** dans les IXP générant un fort trafic. A l'image d'AMS-IX à Amsterdam ou de France-IX à Paris, certains IXP autorisent en effet des entités (les revendeurs de capacité) à se connecter à l'IXP et à sous-louer une partie du trafic passant par leur port au niveau de toutes leurs infrastructures connectés à l'IXP. Cela permet donc aux acheteurs (de plus petits acteurs) d'avoir accès à des capacités adaptées à leur besoin (non surdimensionnées) et de ne pas avoir l'obligation d'avoir un point de présence dans l'IXP en question.
- Les **gouvernements locaux** : la présence d'un IXP permet le développement de services publics en ligne, autrement appelés services de **e-gouvernement**. L'immense majorité des usagers de services d'administration électronique habitants en effet au sein du pays, il fait sens pour un gouvernement d'héberger des serveurs et de permettre des échanges avec les citoyens via un IXP : sécurité et accessibilité de l'information sont ainsi au rendez-vous.

La liste décrite ci-dessus présente de **manière générale** les acteurs ayant un intérêt à se connecter à IXP quelconque. Dans le cas du Togo, cette liste n'est pas applicable dans son intégralité et tous les acteurs mentionnés ci-dessus ne sont pas nécessairement pertinents pour se connecter à un IXP. En particulier, pour un IXP en développement, il convient d'inciter le plus de membres possibles à rejoindre l'IXP en proposant des ports de petite capacité (et donc en interdisant les revendeurs de capacité).

1.1.4 Services fournis par un IXP

Un IXP peut offrir un certain nombre de services (gratuits ou payants selon les IXP) utiles à ses membres :

- L'**interconnexion entre opérateurs télécoms** avec la fourniture de **statistiques de trafic** associées (par port, par membre et pour tout l'IXP) permettant aux membres de surveiller et de gérer de manière adéquate les capacités de transit louées. Ces statistiques de trafic sont parfois disponibles au travers d'un **portail intranet** accessible aux membres de l'IXP et qui leur permet également de suivre l'état de résolution des incidents ou d'effectuer des demandes.
- L'hébergement d'instances de **serveur racine DNS** de premier niveau (hébergeant des noms de domaine supranationaux de premier niveau, appelés TLD pour *Top Level Domain*, type .com ou .org) et/ou serveur DNS de premier niveau national (hébergeant des noms de domaines nationaux de premier niveau, également appelés ccTLD pour *country code TLD*, à l'image de .tg pour le Togo). La plupart des services Internet (navigation web, courrier électronique) dépendant du DNS, la présence d'instance de serveurs racines contribue à augmenter l'**autonomie** des membres en raison d'une dépendance réduite sur la bande passante internationale ainsi qu'à améliorer l'expérience utilisateur via un temps de réponse DNS réduit. Enfin, l'hébergement d'un ccTLD **améliore la résilience des sites web** utilisant le nom de domaine en question.
- Des services de synchronisation à travers l'hébergement de serveurs **Network Time Protocol (NTP)**, permettant de synchroniser les horloges locales de différents équipements sur une même **référence d'heure**. Les institutions gouvernementales, les opérateurs télécoms, les FAI et les banques peuvent notamment être intéressés par ce genre de services en vue de réduire les défaillances opérationnelles, les problèmes de cohérence dans les données échangées et les pertes de données associées à des **inconsistances temporelles**.
- La présence de serveurs **looking glass** pour obtenir des informations sur le routage de l'information et des paquets de données (routes BGP possibles depuis une adresse IP donnée, *trace route* pour une adresse IP, requêtes de *ping*). Ce service, très technique, peut faciliter d'éventuels dépannages de la part des FAI.
- La présence d'un **GPRS Roaming Exchange (GRX)** pour permettre aux opérateurs de téléphonie mobile d'effectuer du *roaming* avec des opérateurs télécoms d'autres pays ou continents. Le marché de l'interconnexion des opérateurs mobiles et de la fourniture de services de *roaming* est en effet très **consolidé** avec la présence de peu d'acteurs qui contrôlent une grande partie du marché. A cet égard,

la part de marché cumulée de Syniverse et Mach en termes de services de *roaming* mobile atteignait encore 65% en Europe en 2006. Qui plus est, Mach a entre-temps été racheté par Syniverse. Développer ce service peut ainsi renforcer l'attractivité de l'IXP, si certains GRX européens importants y assurent un point de présence.

1.1.5 Configuration type d'un IXP

Comme mentionné dans le paragraphe précédent, le service clé fourni par un IXP est l'interconnexion entre différents FAI et opérateurs télécoms. Pour assurer ce service de base, un IXP doit obligatoirement comprendre les fonctions suivantes :

- **Commutation réseau** (deux commutateurs peuvent parfois être envisagés pour assurer une redondance).
- **Espace d'adressage IP.**

Des **équipements informatiques** supplémentaires sont nécessaires au fonctionnement de l'IXP : serveurs, NAS, routeurs, connectique, système de virtualisation, pare-feux, matériel de *spare*, etc.

Deux modèles d'**architecture** d'IXP existent : *layer 2* (ou couche 2) et *layer 3* (ou couche 3). Dans un IXP de type **couche 3**, tout le trafic est échangé au niveau d'un seul routeur central auquel sont connectés tous les membres. Dans un IXP **couche 2**, chaque membre de l'IXP fournit son routeur et les échanges de trafic sont réalisés via un switch Ethernet. Si le modèle couche 3 est moins cher et facile à établir au lancement d'un IXP, il s'avère qu'il limite l'autonomie des membres qui ne peuvent pas établir leur propre politique de *peering* et dépendent d'un tiers pour la configuration des routes. C'est pourquoi, le modèle couche 2 est aujourd'hui le plus répandu.

Pour établir des liens de *peering* public entre les membres d'un IXP, deux **solutions techniques** existent : via des **routes serveurs BGP** ou un **VLAN**. Dans le cas d'une connexion VLAN, chaque acteur raccordé doit paramétrer (au niveau de ses routeurs) chacune de ses sessions BGP avec chacun des autres acteurs en présence. Dans le cas d'une connexion via un serveur BGP, les liens entre acteurs se font directement au niveau du serveur de l'IXP. Chaque acteur a donc seulement à prévoir une seule session BGP par point de présence et pour chaque routeur de l'IXP. Si la solution VLAN nécessite un investissement moindre de la part de l'IXP, elle est source de complexité. La **simplicité de mise en œuvre** étant un gage de performance et de fiabilité, la plupart des IXP utilisent ainsi des **routes serveurs BGP** pour établir des liens de *peering* publics et proposent optionnellement des VLAN pour établir des liens de *peering* privé.

Si l'IXP assure d'autres services que celui d'interconnexion entre opérateurs télécoms ou FAI (voir la liste définie au paragraphe précédente), des **équipements complémentaires** doivent être spécifiquement mis en œuvre afin d'adresser ces services.

1.2 Les différents statuts juridiques d'IXP

Une grande variété de modèles opérationnels de gestion d'IXP existe, parmi lesquels :

- Entreprise à vocation **commerciale** demeurant neutre vis-à-vis des opérateurs.
- **Association** (ou autre type de groupement) des Fournisseurs d'Accès Internet à but **non lucratif**.
- **Institution publique** (gouvernementale ou universitaire).

1.2.1 IXP à vocation commerciale

La plupart des IXP situés au Etats-Unis ainsi que quelques IXP implantés en Europe (par exemple les IXP déployés par Equinix) ont un statut **commercial**. Installés majoritairement dans des pays où l'accès Internet est très développé, les IXP commerciaux sont exploités par des opérateurs privés d'échange Internet et/ou de *datacenters*. Dans ces pays, les **bénéfices** avancés pour mettre en place une structure commerciale d'IXP sont les suivants :

- Il est plus aisé de pratiquer des **tarifs différenciés** en fonction des clients potentiels pour attirer les partenaires les plus intéressants.
- Comme la même entreprise gère l'IXP et les services de colocation, il y a possibilité de créer des **bouquets** (ou « *bundles* ») **tarifaires** pour compenser les pertes éventuelles d'un des services par les gains générés par l'autre.
- L'adhésion de nouveaux membres ne passe jamais par un vote comme cela peut être le cas dans certaines organisations : **il suffit de payer pour se connecter à l'IXP**.

Notons qu'il existe quelques IXP à but lucratif sur le continent africain, qui correspondent néanmoins à des **cas particuliers**. A titre d'exemple, Djibouti IXP (DJIX) a été lancé par une société privée : le Djibouti Data Centre (*joint-venture* entre Djibouti Telecom et un groupe d'investisseurs privés, Djibouti Data Center SARL). Dans ce cas précis, une opportunité de diversification a été saisie par un **opérateur de datacenter** déjà en place et profitant de la connexion à plusieurs câbles sous-marins. De manière assez similaire, les *datacenters* NAPAfrica ont été lancés en Afrique du Sud (un pays qui comptait déjà 3 IXP) par Teraco, également opérateur de *datacenters* dans le pays.

1.2.2 Association ou groupement d'opérateurs télécoms et FAI à but non lucratif

Il convient néanmoins de relativiser les avantages décrits ci-dessus puisque certains d'entre eux sont appliqués dans des IXP qui ne sont pas à vocation commerciale. En pratique, hormis le cas des Etats-Unis où les IXP sont majoritairement gérés par des sociétés (à but lucratif) et quelques autres exceptions, la plupart des IXP dans le monde sont exploités par des **associations ou groupements de FAI à but non lucratif**. En particulier, les IXP déployés dans les pays émergents répondent à un objectif initial **d'amélioration de la connectivité Internet**, ce qui justifie la prédominance du modèle non lucratif. Pour assurer leurs objectifs de rentabilité, des IXP commerciaux aux premiers stades de développement, possédant donc peu de membres, devraient en effet facturer des tarifs élevés, ce qui irait à l'encontre de l'incitation du *peering* entre opérateurs locaux.

Par ailleurs, un modèle non lucratif permet d'attirer plus facilement les entités non commerciales et/ou gouvernementales. Enfin, pour garantir le succès d'un IXP, la **neutralité** de sa gestion vis-à-vis des différents opérateurs et FAI doit être assurée de sorte qu'aucun acteur n'est favorisé ou au contraire mis à l'écart. Une association à but non lucrative est alors plus sensible à cette contrainte.

1.2.3 Institution publique

En raison de leur nature publique, les IXP exploités par des institutions gouvernementales ou universitaires sont à **but non lucratif**.

Parmi les IXP gérés par une institution publique, certains sont exploités par des **universités**. Dans ce cas, les IXP sont souvent liés à un **réseau national de la recherche et de l'enseignement** (NREN), organisation chargée de fournir et de gérer une infrastructure réseau pour les centres de recherche, les écoles et universités au sein d'un pays. Des **experts techniques** sont la plupart du temps en charge de la gestion de ce type d'IXP. Le Vienna Internet Exchange (VIX) et le Mozambique Internet Exchange (MOZ-IX) sont des exemples de points d'échange Internet exploités par une université.

D'**autres institutions** publiques ou gouvernementales peuvent être amenées à exploiter un IXP, comme au Rwanda où l'Autorité des Technologies de l'Information du Rwanda (RITA), organisme en charge d'implémenter les politiques TIC du pays, a longtemps été responsable de la gestion de l'IXP. Ce type de cas est cependant plus **rare** et parfois **transitoire** : les institutions gouvernementales accompagnent souvent le développement d'IXP mais se chargent ensuite d'inciter à la création d'une structure dédiée à l'exploitation de l'IXP, comme une association d'opérateurs télécoms.

1.3 Le modèle économique des IXP

1.3.1 Coûts et revenus d'un IXP

Pour les FAI, l'intérêt de rejoindre un IXP réside dans la différence entre le coût d'échange du trafic Internet local via l'IXP et le coût d'échange du trafic international.

Le lancement d'un IXP nécessite un certain nombre d'**investissements** (infrastructure bâtiment, serveurs, routeurs, matériel de *spare*, etc.) de même que son exploitation génère des **coûts opérationnels** (énergie, maintenance et support, sécurité des locaux, frais généraux).

Qu'elles soient à but lucratif ou non, les organisations gérant les IXP se doivent de couvrir leurs dépenses (CAPEX et OPEX) et donc généralement de facturer des frais à leurs membres. Pour un IXP à but **non lucratif**, les revenus sont directement orientés pour compenser les coûts opérationnels, ce qui conduit à des tarifs plus bas qu'un IXP (équivalent) commercial.

Pour un IXP, les différentes façons de se rémunérer sont les suivantes :

- **Donations** et **subventions** d'entreprises tierces, éventuellement opérateurs télécoms ou autres IXP.
- **Adhésion** à l'IXP pouvant être payante (paiement unique).
- Versement par les membres d'une **redevance récurrente** (mensuelle, trimestrielle ou semestrielle) pour couvrir les coûts opérationnels (par l'exemple au titre de la bande passante consommée par l'IXP pour mettre à jour des serveurs de cache Google).
- **Location des ports** permettant aux membres de s'interconnecter, en fonction de la capacité maximale de trafic à écouler.
- Facturation de **frais non récurrents** (exemple : installation d'un nouveau port).
- Vente de **services additionnels**.

Il est notable que la **facturation au volume de données** consommé est très **impopulaire** puisqu'elle n'incite pas à la croissance de l'IXP. A partir des modes de rémunération décrits ci-avant, plusieurs modèles économiques existent selon les pays et la maturité de l'IXP.

1.3.2 Modèle gratuit

Dans le cas du modèle gratuit, l'IXP finance ses activités grâce aux **donations**. Il s'agit de donations matérielles (y compris concernant le bâtiment utilisé) et en ressources humaines concédées par des sponsors volontaires ou membres de l'IXP. La connexion à l'IXP ne nécessite alors pas de payer de prix récurrents pour l'adhésion ou la location des ports.

Ce modèle possède l'avantage de générer un **coût d'interconnexion très faible** pour les opérateurs. Cependant, si un membre de l'IXP en est le principal donateur, la **neutralité** de l'IXP peut être remise en question. D'autre part, la **pérennité** et la **croissance** future d'un IXP basé sur ce modèle peut s'avérer difficile, les donations n'étant pas ni stables ni garanties.

Il est notable que certains IXP sont lancés sur la base d'un modèle gratuit avant de passer à un modèle payant après avoir atteint un certain nombre de membres et/ou un certains trafic. La gratuité est alors utilisée comme moyen pour **stimuler temporairement la croissance** de l'IXP.

Les IXP suivants ont par exemple mis en place un modèle gratuit :

- Uganda Internet Exchange Point (UIXP) : le matériel permettant le fonctionnement de l'IXP a été donné par différentes entités et les membres ne doivent pas s'acquitter de frais pour pouvoir faire du *peering*.
- Seattle Internet Exchange (SIX) : depuis 1997, l'IXP ne charge qu'un frais d'installation pour un port mais pas de frais récurrents.

- Point de présence de Marseille pour France Internet Exchange (France-IX) : afin d'atteindre rapidement une masse critique et de soutenir le développement de ce nouveau point de présence, France-IX n'applique aucun frais récurrent tant qu'il n'y aura pas au moins 12 membres connectés et un trafic local dépassant les 10 Gbps.

1.3.3 Modèle payant

Dans ce cas, la structure qui gère l'IXP est chargée d'établir un modèle d'affaires viable, c'est-à-dire avec un revenu lui permettant d'assurer ses charges et sa croissance. En fonction de l'IXP, plusieurs **combinaisons** sont possibles : adhésion gratuite ou payante, redevance mensuelle incluant ou non la location d'un port d'un débit donné, installation d'un port facturée ou non. Le modèle payant permet de soutenir plus facilement la croissance de l'IXP.

Le modèle payant peut même être accompagné de **subventions** (provenant généralement des gouvernements ou de fonds de développement), notamment au lancement de l'IXP. L'intérêt est de faire payer aux membres des frais minimaux tout en couvrant les coûts opérationnels. Ce modèle implique néanmoins de préparer en amont le retrait du sponsor.

1.4 Cartographie générale des IXP

1.4.1 Etat des lieux des IXP en activité dans le monde

Dans le monde, au début de l'année 2015, **115 pays** possèdent un IXP en activité et 9 pays possèdent plus de 10 IXP en activité (Etats-Unis, Brésil, Russie, France, Allemagne, Japon, Australie, Argentine, Pologne). Au total, il y a plus de 400 IXP en activité dans le monde (se référer à l'annexe 3 pour obtenir la liste des pays ayant des IXP en activité).

Région	Europe	Amérique du Nord	Asie-Pacifique	Amérique centrale / Sud	Afrique
Nombre d'IXP en activité	171	90	84	58	35

Tableau 1 – Répartition des IXP en activité par région dans le monde

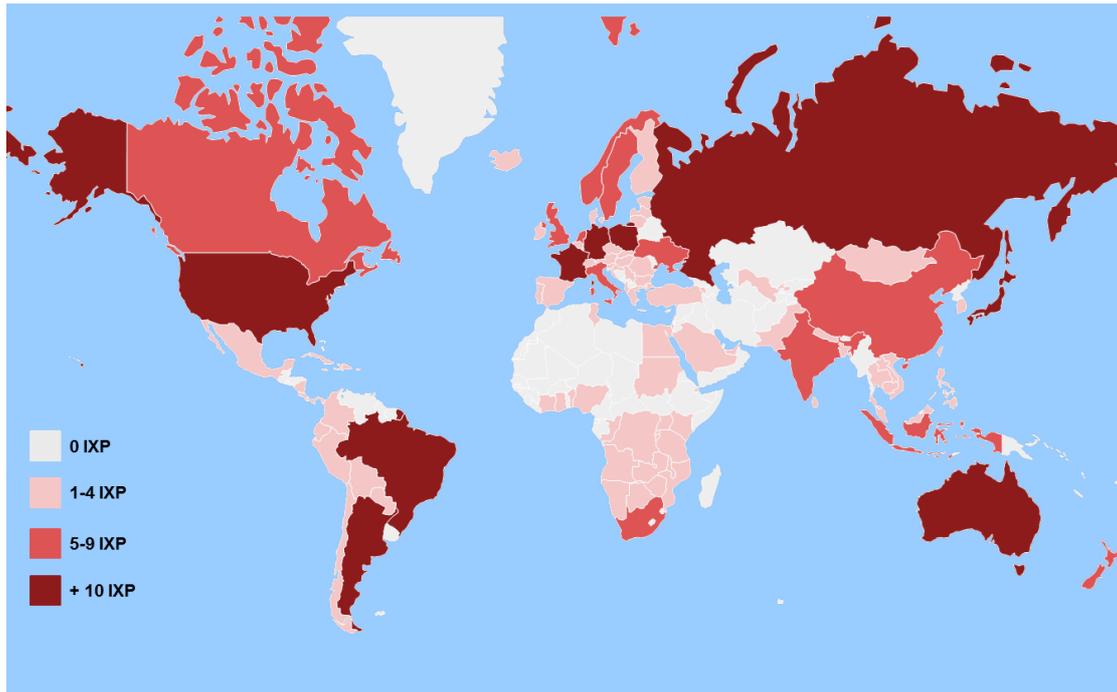


Figure 2 – Pays ayant des IXP en activité
Source : Polyconseil à partir de données issues de Packet Clearing House⁵

Le nombre de membres par IXP varie beaucoup selon les pays et les IXP. Beaucoup d'IXP dans le monde comptent cependant **entre 11 et 30 participants**.

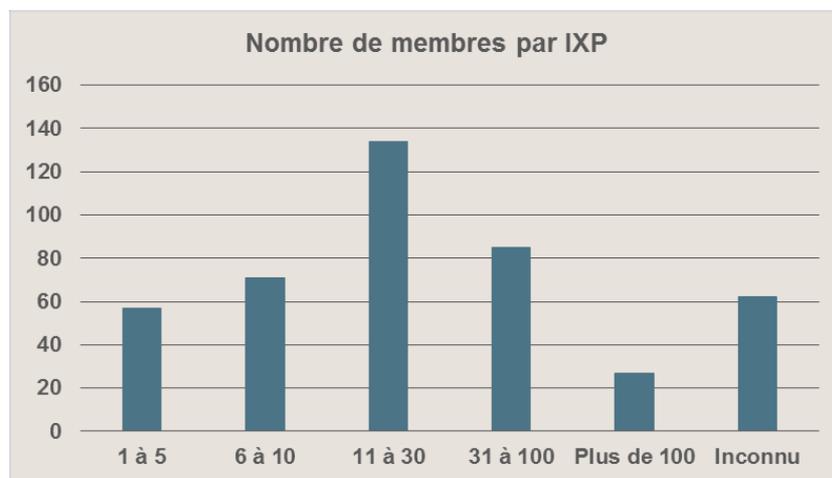


Figure 3 – Répartition des IXP en activité par nombre de participants
Source : Polyconseil à partir de données Packet Clearing House

1.4.2 Cartographie des IXP en Afrique

Alors que 23 pays d'Afrique ont déjà lancé un IXP, près d'un tiers des pays du monde qui ne possèdent pas d'IXP sont situés en Afrique. En particulier, l'Afrique sub-saharienne et la corne de l'Afrique ont lancé très peu d'IXP.

⁵ PACKET CLEARING HOUSE, *Internet exchange point directory reports*, Consulté en janvier 2015, Disponible sur <https://prefix.pch.net/applications/ixpdir/summary/>

Au sein du continent africain, 5 pays possèdent **plus d'un IXP** en activité : l'Afrique du Sud, l'Egypte, le Kenya, la Tanzanie et la Tunisie.

Le développement d'un IXP dans un pays est lié au niveau de **développement des infrastructures télécoms et usages Internet** de ce pays. En particulier et sans présager du lien de cause à effet d'un facteur à l'autre, il est notable que les pays africains disposant d'un IXP se situent parmi ceux qui consomment le plus de bande passante internationale. Par ailleurs, mis à part au Sénégal et à Maurice, tous les pays africains abritant une instance de serveur racine DNS ont également déployé au moins un IXP.

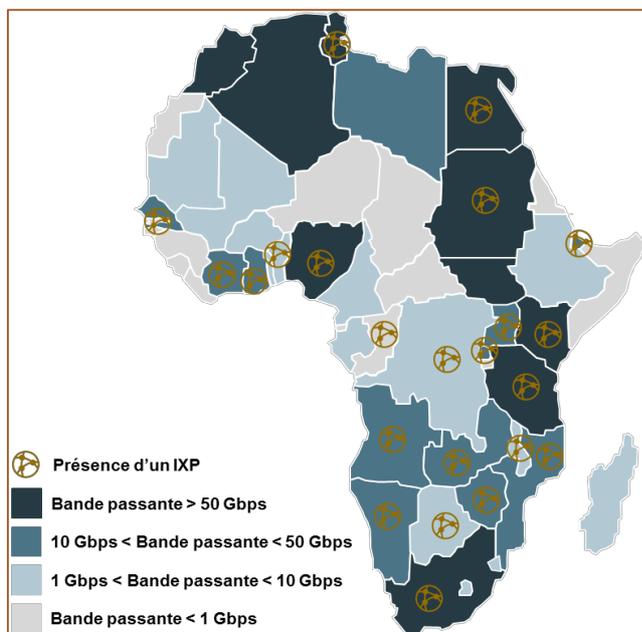


Figure 4 – Consommation 2013 de bande passante internationale et IXP en activité par pays
 Source : Polyconseil, à partir de données Telegeography

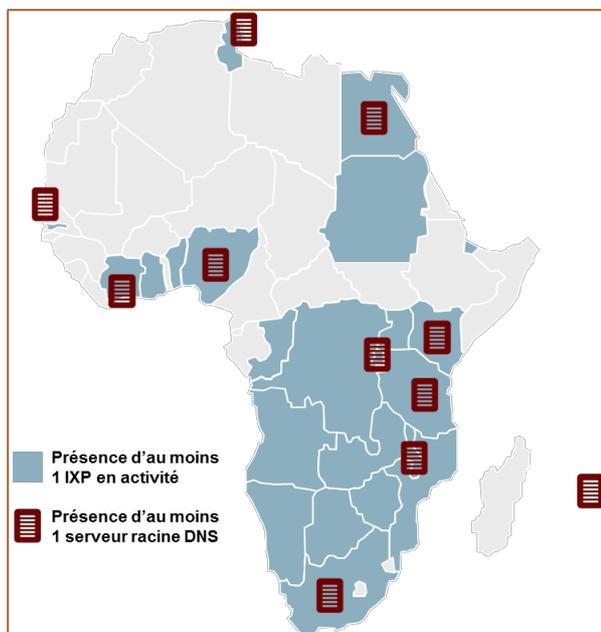


Figure 5 – Hébergement de serveur racine DNS et IXP en activité par pays
 Source : Polyconseil à partir de données www.root-servers.org/

1.5 Définition et énumération des indicateurs utilisés

Dans les pays étudiés, en vue d'une comparaison simple entre les IXP, les indicateurs décrits ci-après ont été recherchés.

1.5.1 Indicateurs sur le pays

Catégorie	Indicateur	Définition / Précisions
Macro-économie	PIB	Données 2013 exprimées en milliards US\$
	Nombre d'habitants	Données 2013 exprimées en millions
	Nombre de foyers	Données 2013 exprimées en millions
Marché des télécoms	Opérateurs mobiles présents	Données 2014, parts de marché associées
	Opérateurs fixes présents	Données 2014, parts de marché associées
	Taux de pénétration mobile	Données 2014, rapport entre le nombre de clients « mobile » et le nombre d'habitants
	Taux de pénétration 3G/4G et croissance 2013-2014	Données 2014, rapport entre le nombre de clients 3G ou 4G et le nombre d'habitants

	Taux de pénétration fixe	Données 2014, rapport entre le nombre de clients « fixe » et le nombre de foyers
	Licences 3G, 4G et WiMAX	Données 2014
Connectivité télécom	Nombre de câbles sous-marins connectés au pays	Données 2014
	Liaisons terrestres internationales en fibre optique	Données 2014, seuls les pays frontaliers sont recensés
	Liaisons terrestres nationales	Longueur de fibre optique déployée, en fonction de l'information disponible
	Prix liaison sous-marine	En fonction de l'information disponible, exprimée en US\$/Mbps/an
	Bande passante internationale consommée	Données 2013 exprimées en Gbps
	Nombre d'IXP dans le pays	En activité

1.5.2 Identification de l'IXP

Catégorie	Indicateur	Définition / Précisions
Désignation	Nom complet	
	Abréviation	
Localisation	Pays	
	Ville	
	Adresse	Au moins du premier point de présence lorsque plusieurs existent
	Site web	URL
Ouverture	Date d'ouverture	Date à laquelle l'IXP est devenu opérationnel

1.5.3 Indicateurs sur l'IXP

Catégorie	Indicateur	Définition / Précisions
Configuration	Clients télécoms	Nombre d'opérateurs et de FAI connectés
	Clients non télécoms	Autres membres connectés
	Forme juridique	Association, société de droit privé, autre
	Board de direction / Conseil d'administration	Nombre de participants au <i>board</i> et typographie (administrateurs, opérateurs, etc.)
	Partenariat	Liaison éventuelle avec un autre IXP
	Hébergement	Bâtiment dédié, opérateur, <i>carrier hotel</i>
	Redondance	Existence d'autres points de présence à des vocations de redondance physique
Modalités de <i>peering</i>	Mode de <i>peering</i>	Multilatéral, bilatéral, autre
Services	Capacités de liaison	Ports disponibles
	IPv6	Compatibilité de l'IXP avec l'IPv6
	Routage BGP	Services BGP et <i>AS number</i>

	Services additionnels	Serveurs NTP, raccordements des réseaux 2G/3G, autre
Grille tarifaire	Adhésion à l'IXP (paiement unique)	Tarifs exprimés en US\$, convertis selon les taux de change en vigueur au 31/12/2014
	Cotisation mensuelle pour l'adhésion	
	Prix location annuelle pour chaque port disponible	
	Autres frais et remises éventuelles	

1.6 Études de cas d'IXP situés en Afrique

1.6.1 Nigeria (IXPN)

Contexte du pays



Pays d'Afrique de l'Ouest, le Nigeria se situe dans le golfe de Guinée entre le Cameroun et le Bénin. Il s'agit du pays africain le plus peuplé et compte plus de 250 groupes ethniques différents. Historiquement très dépendant des revenus pétroliers, le Nigeria est une des plus importantes économies d'Afrique et bénéficie d'une croissance soutenue (+ 4,9% par an en moyenne ces trois dernières années).

Le système parlementaire est bicaméral, les deux chambres étant le Sénat (109 sièges) et la chambre des représentants (360 sièges). De la même façon que les membres de ces chambres, le président du Nigeria est élu par la population pour une durée de 4 ans.

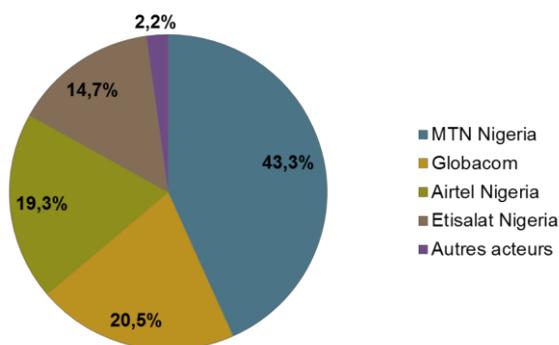
Données clés - Nigeria

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Abuja	 283,7 Md \$	 169,3 M	 36,3 M

Aperçu du marché des télécoms au Nigeria

Le **marché mobile** du Nigeria est le plus important d'Afrique en termes de nombre d'abonnés avec près de **135 millions de lignes** en septembre 2014 et une **augmentation de 11%** depuis septembre 2013. Plus de **95%** du marché est réparti entre 4 opérateurs. En ce qui concerne la 3G, **8 opérateurs** proposent des services **3G** (sur la base de la technologie CDMA) à leurs clients : Airtel Nigeria, Etisalat Nigeria, Globacom, MTN Nigeria, Visafone Communications, Starcomms, Multi-links, Reliance Telecom. Le seul opérateur fournissant des services **4G** est Smile Communications (20 000 clients en septembre 2014), fondé en 2008 par Smile Telecoms Holdings.

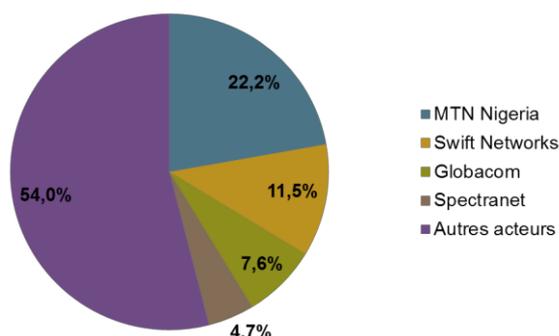
Part de marché par opérateur mobile (septembre 2014)



Taux de pénétration mobile	78,1%
Croissance abonnés mobile	+ 11,2%
Taux de pénétration 3G/4G	9,8%
Croissance abonnés 3G/4G	+ 54,2%

En comparaison du marché mobile qui continue à croître rapidement, le **marché de l'Internet fixe** du Nigeria reste relativement peu développé. L'infrastructure n'étant pas très développée (en particulier en matière de desserte du dernier kilomètre), beaucoup de FAI utilisent des **technologies sans fil** (satellite, WiMAX et plus récemment TD-LTE) pour connecter leurs clients à Internet. Avec respectivement 22,2% et 11,5% de parts de marché pour les deux plus gros FAI (MTN Nigeria et Swift Networks), le marché fixe est beaucoup plus **fragmenté** que le marché mobile.

Part de marché par opérateur fixe (septembre 2014)



Taux de pénétration fixe	0,4%
Croissance abonnés fixe	+ 14,1%

D'un point de vue de la connectivité internationale, il y a **5 câbles sous-marins** connectés au Nigeria (ACE, GLO-1, Main One, SAT-3 et WACS). La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 124,8 Gbps en 2013. Par ailleurs, le Nigeria est connecté en fibre optique terrestre aux pays limitrophes suivants : Bénin, Cameroun, Niger.

Le Nigeria possède un seul IXP en activité (IXPN), l'IBIX ayant été fermé près de 6 mois après son lancement.

Contexte de l'Internet Exchange Point of Nigeria (IXPN)

La création de l'Internet Exchange Point of Nigeria (IXPN) fut abordée par l'**association des FAI nigériens** (ISPAN pour *ISP Association of Nigeria*) en 2005, c'est-à-dire deux années après la fermeture de l'Ibadan Internet Exchange (IBIX) qui constituait la première tentative de lancement d'un IXP au Nigeria.

Un lieu d'hébergement de l'IXP et un accord pour financer le lancement de l'IXPN furent trouvés en **2006**, si bien que le *board* de l'IXPN fut inauguré en 2007. Cependant, ce n'est qu'en **2010** que l'IXPN fut lancé de manière opérationnelle avec les premiers échanges de trafic entre membres.

Dès l'inauguration de l'IXP, **8 autres points de présence** étaient prévus : Victoria Island (Lagos), Ikeja, Ibadan, Port Harcourt, Abuja, Enugu, Kano, et Maiduguri. En janvier 2015, seuls les points de présence de Victoria Island, Port-Harcourt et Abuja ont été ouverts. En février 2015, l'IXPN a annoncé le prochain hébergement d'un nouveau point de présence au sein du centre de colocation Rack Centre à Lagos.

IXPN		
<p>Ouverture</p>  <p>2010</p>	<p>Adresse</p>  <p>6 Broad Street, Marina, Lagos</p>	<p>Site web</p>  <p>http://ixp.net.ng</p>

Les adresses des autres points de présence en activité sont les suivantes :

- **Abuja** : 23 Kolda Street, Wuse 2, Abuja.
- **Port Harcourt** : 7A Choba Street, River State, Port Harcourt.
- **Victoria Island** : 8A Saka Tinubu Street, Victoria Island, Eti Osa, Lagos.

IXPN en détails

Clients

Début 2015, l'IXPN regroupe **33 membres** parmi lesquels :

- **23 clients issus du secteur télécom** avec par exemple : des fournisseurs d'accès Internet (Cyberspace, Globacom, MTN Nigeria, Simbanet, Swift Networks, VDT Communications, etc.), les principaux opérateurs mobiles (Airtel Nigeria, Etisalat Nigeria, Globacom, MTN Nigeria), des opérateurs de réseau (Broadbased Communications, Layer 3 Telecoms, Phase 3 Telecoms).
- **10 clients non télécoms** avec par exemple : Eko-Konnect, Google, Nigeria Internet Registration Association (gestionnaire du ccTLD .ng), Pan-Atlantic University, University of Lagos.

Structure et gouvernance

D'un point de vue juridique, la structure qui gère l'IXPN est une « *company limited by guarantee* », ce qui correspond en droit britannique à un type d'organisation utilisé pour des sociétés privées à **but non lucratif**. Le conseil d'administration de l'IXPN est constitué d'un Directeur Général et de 6 administrateurs. Les membres du *board* sont à la fois des **administrateurs neutres** (universitaires ou issus d'institutions gouvernementales) et à la fois des **membres de l'IXP**. Historiquement, le lancement de l'IXP du Nigeria a été financé par des institutions publiques, ce qui explique la présence de tels membres au conseil d'administration. A terme, les différentes places tendent toutefois à être occupées par des membres de l'IXP.

L'IXPN possède 4 points de présence répartis sur 3 villes, l'existence de ces points de présence n'étant pas à vocation de redondance. L'existence de deux points de présence à Lagos est en effet plutôt imputable à des problèmes de **capacité**. D'autre part, des points de présence ont été ouverts localement à Port Harcourt et Abuja dans une logique d'**économie du transit** via le backbone national (qui est parfois même plus cher que la bande passante internationale).

En matière d'**hébergement**, un des points de présence de Lagos est situé dans un **bâtiment dédié** et va prochainement être hébergé dans un *datacenter* construit pour l'occasion alors que l'autre est situé dans un **carrier hotel** (Medallion Colo). Les points de présence d'Abuja et de Port Harcourt sont également hébergés dans des *carrier hotels*, respectivement Medallion Colo et Interconnect Clearinghouse.

Concernant le mode de *peering*, un **mode multilatéral obligatoire** est en vigueur : tous les clients potentiels désirant se connecter à l'IXP ont l'obligation d'ouvrir leurs ports aux membres existants.

Services et tarifs

L'IXPN offre les services suivants à ses membres :

- **Statistiques** de trafic.
- Services DNS avec la présence de serveurs racines DNS (F-Root) et du ccTLD.
- Hébergement de serveurs **Network Time Protocol** (NTP).
- Présence de serveurs **looking glass**.

L'IXPN n'est pas encore compatible IPv6 mais son support est prévu pour le troisième trimestre 2015.

La **grille tarifaire** de l'IXPN est la suivante :

Catégorie de prix	Indicateur	Tarif (en US\$)
Prix non récurrents	Adhésion à l'IXP	1 365
Prix récurrents	Cotisation annuelle à l'IXP	1 420
	Location annuelle port 10 Mbps	1 310
	Location annuelle port 100 Mbps	3 276
	Location annuelle port 1 Gbps	9 828
	Location annuelle port 10 Gbps	32 760

D'autres frais sont également facturés : frais d'installation, frais d'interconnexion privée, location d'espace serveur. Pour encourager les membres de l'IXPN à louer des ports les deux points de présence de Lagos, des **remises** sont effectuées en cas de location de plusieurs ports (par exemple -25% sur la location d'un deuxième port 1 Gbps). Enfin, pour un membre, si le trafic moyen d'un port loué dépasse 80% de sa capacité, un **frais de « port congestionné »** (égal au tarif de base du port en question) est applicable.

L'annexe 4 présente des bénéfices chiffrés liés à la mise en œuvre de l'IXPN.

1.6.2 Rwanda (RINEX)

Contexte du pays



La République du Rwanda est un pays enclavé (sans accès à la mer) d'Afrique Centrale entouré par l'Ouganda, le Burundi, la République Démocratique du Congo et la Tanzanie. L'économie du Rwanda, pays peu industrialisé, repose fortement sur l'agriculture mais connaît une forte croissance (+ 7,1% en moyenne ces trois dernières années) notamment sous l'impulsion du développement des secteurs des services, du tourisme et des minerais.

Le système parlementaire est constitué d'un Sénat de 26 membres (certains étant élus et d'autres nommés par le président ou les universitaires locaux) et d'une chambre des députés de 80 membres. Le président du Rwanda est élu pour un mandat de 7 ans.

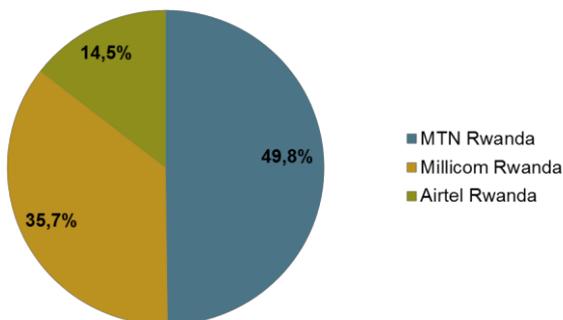
Données clés - Rwanda

<p>Capitale</p>  <p>Kigali</p>	<p>PIB</p>  <p>7,8 Md \$</p>	<p>Habitants</p>  <p>10,6 M</p>	<p>Foyers</p>  <p>2,8 M</p>
---	---	---	--

Aperçu du marché des télécoms au Rwanda

Les guerres civiles des années 90 et la structure monopolistique du **marché mobile** jusqu'en 2006 ont pesé lourd sur le développement du secteur par rapport à d'autres pays de la région. Néanmoins, la croissance du secteur mobile s'est véritablement accélérée ces dernières années jusqu'à l'annulation par le gouvernement de la licence Rwandatel en 2011 et le **report** de l'attribution d'une quatrième licence. **Trois opérateurs** se partagent donc le marché mobile qui bénéficie d'un taux de pénétration près de 10 points en dessous de la moyenne régionale. Les trois opérateurs en présence proposent des services **3G** à leurs clients. En septembre 2014, aucun opérateur ne proposait d'accès **4G** mais 3 acteurs ont d'ores et déjà annoncé le développement de réseaux 4G : Airtel Rwanda, MTN Rwanda et le nouvel entrant Olleh Rwanda Networks (issu d'un partenariat public privé entre le gouvernement et une société sud-coréenne).

Part de marché par opérateur mobile (septembre 2014)

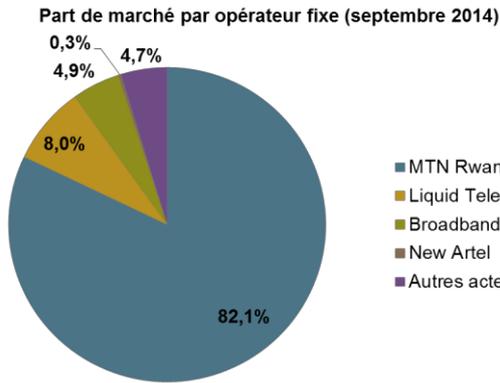


Taux de pénétration mobile	69,6%
Croissance abonnés mobile	+ 12,1%
Taux de pénétration 3G/4G	9,5%
Croissance abonnés 3G/4G	+ 65,6%

Malgré une croissance soutenue depuis 2013, le **marché du haut-débit** demeure fortement sous-développé au Rwanda avec seulement 14 000 abonnés en septembre 2014 et un taux de pénétration de 0,5% plaçant le pays dans les derniers rangs mondiaux. Etant **enclavé**, le Rwanda n'a en effet pas pu autant profiter que certains pays africains de l'explosion du trafic engendrée par la connexion récente de nombreux câbles sous-marins dans les pays côtiers, et doit compter sur des **accords** avec des opérateurs télécoms des **pays limitrophes** pour se connecter à la bande passante internationale.

Il existe **peu de FAI** au Rwanda, le marché étant largement dominé par MTN Rwanda. Le WiMAX (MTN Rwanda, Liquid Telecom, Stream Rwanda), les connexions satellitaires (New Artel) et la 4G (4G Networks) sont notamment utilisés pour fournir une connexion Internet. Pour l'immense majorité des rwandais, se connecter à Internet n'est simplement pas envisageable à cause du prix très élevé de la connectivité (près de 720 US\$ par mois pour une connexion 1 Mbps chez Liquid Telecom en 2014) et de l'instabilité de la fourniture en électricité. Par conséquent, la majeure partie des abonnés est constituée d'**entreprises** ou d'**agences gouvernementales**.

Le gouvernement a pris des mesures pour augmenter le taux de pénétration haut-débit du Rwanda avec la signature d'un contrat en 2008 avec la société sud-coréenne KT Corp pour construire un réseau national (finalement opérationnel en 2011) de fibre optique de **2300 km**. Plus récemment, le gouvernement a signé un contrat de 10 ans avec la Tanzanie concernant la provision de 1.244 Gbps de bande passante internationale.



Taux de pénétration fixe

0,5%

Croissance abonnés fixe

+ 389,3%

Ne pouvant être directement relié à un câble sous-marin, le Rwanda s'est **interconnecté avec le Burundi, l'Ouganda et la Tanzanie**. La fibre optique terrestre déployée au Rwanda atteint également la frontière avec la République Démocratique du Congo bien que les deux pays ne soient pas interconnectés.

Le Rwanda possède un seul IXP en activité : RINEX.

Contexte du Rwanda Internet Exchange (RINEX)

Dès 2002, les fournisseurs d'accès Internet au Rwanda discutaient du besoin d'un IXP. Avec le support d'une agence de développement suédoise (*Swedish International Development and cooperation Agency*), RINEX fut lancé en 2004 par l'institution gouvernementale RITA (pour *Rwanda Information Technology Authority*). Cette institution fut remplacée par l'agence RDB-IT (pour *Rwanda Development Board*) à la fin des années 2000 et l'IXP fut alors géré par des bénévoles. En février 2014, l'association à but non lucratif RICTA (*Rwanda Information & Communication Technology Association*) qui gère notamment le nom de domaine national du Rwanda (.rw) a finalement pris en charge la gestion de RINEX.

Un des premiers défis fut de trouver une **infrastructure adéquate** pour héberger l'IXP. D'une part, les opérateurs privés ne disposaient pas de capacité physique suffisante pour héberger l'IXP. D'autre part, obtenir un bâtiment **neutre** avec une alimentation en électricité redondante, des systèmes de climatisation, un certain niveau de sécurité et de l'espace bureautique s'avéra être une tâche irréalisable. Il fut donc finalement décidé d'héberger l'IXP chez l'opérateur **Rwandatel** qui était déjà connecté à différents FAI présents au Rwanda. En raison de questions liées à la neutralité de l'IXP, depuis la prise en charge de l'IXP par RICTA, le point d'échange a été déménagé au sein d'un **bâtiment dédié** et non contrôlé par un opérateur télécom.



RINEX en détails

Clients

Jusqu'au début de l'année 2015, l'IXP du Rwanda n'était pas ouvert aux membres non issus du secteur télécom : pour devenir membre du RINEX, il fallait nécessairement être en possession d'une **licence valide**

pour opérer au Rwanda en tant que **FAI** (ou *a minima* fournisseur de services data). Début 2015, RINEX regroupe donc seulement **9 membres** parmi lesquels :

- Des **fournisseurs d'accès Internet** : Axiom Networks, Broadband Systems Corporation, ISPA, Liquid Telecom, MTN Rwanda, New Artel.
- Des **opérateurs mobiles** : Airtel Rwanda, Millicom Rwanda (Tigo), MTN Rwanda.
- L'**autorité de régulation** : Rwanda Utilities Regulatory Authority.

En février 2015, la décision d'**ouvrir le RINEX** aux opérateurs télécoms étrangers ainsi qu'à des membres non opérateurs a été prise. Une croissance du nombre de membres est donc attendue prochainement.

Enfin, sans qu'ils soient membres de l'IXP, **Google** et **Akamai** (un des leaders en matière de fourniture de contenus) sont présents dans l'IXP via la localisation de serveurs de cache.

Structure et gouvernance

En l'absence d'une quelconque association des FAI locaux et d'une structure dédiée, RINEX a longtemps été géré par l'**Autorité des Technologies de l'Information du Rwanda** (RITA). Dès la création de l'IXP, il était prévu que les membres de l'IXP établissent une structure dédiée, sous forme d'association à **but non lucratif**. En attendant, les prises de décision étaient assurées par le conseil du RINEX (*RINEX Council*) constitué d'un représentant de chaque membre connecté à l'IXP et d'un président. La présidence du Conseil était alors conduite (de manière **rotationnelle**) par un membre de l'IXP.

Comme précisé dans un paragraphe précédent, c'est aujourd'hui l'organisation RICTA qui gère l'IXP du Rwanda. RICTA est une **association à but non lucratif** dont la mission est de contribuer au développement de l'Internet local via la gestion d'infrastructures clefs : nom de domaine national de premier niveau (ccTLD) et IXP du Rwanda. Le conseil d'administration de RICTA est composé de **8 membres**, dont à ce jour aucun n'est issu des FAI locaux.

RINEX ne possède qu'un seul point de présence à Kigali, désormais **hébergé** dans un **bâtiment dédié et neutre**.

Au RINEX, la politique d'interconnexion est **multilatérale** : tous les membres connectés à l'IXP ont l'obligation d'échanger du trafic avec leurs pairs sans biais aucun.

Services et tarifs

L'IXP fournit à ses membres les services suivants :

- **Statistiques** globales de trafic.
- Services **DNS** : hébergement de serveurs racines DNS (I-Root), du nom de domaine national (.rw) et d'autres noms de domaine africains via le programme AfDSP de l'Afrinic.

RINEX n'est pas compatible avec l'IPv6.

Concernant la politique tarifaire du RINEX, **aucun frais** n'a été facturé aux membres depuis la création de l'IXP en 2004. Les différents opérateurs devaient néanmoins se charger (à leurs frais) de se raccorder au bâtiment du RINEX avec un lien d'une capacité supérieure à 10 Mbps. Cependant, une **nouvelle politique tarifaire** qui prévoit le paiement de frais en contrepartie de la location de ports sera mise en place en mars/avril 2015.

Des ports 100 Mbps et 1 Gbps sont disponibles à la location et des ports 10 Gbps seront bientôt disponibles pour inciter les membres à échanger d'avantage de trafic.

1.6.3 Afrique du Sud (JINX)

Contexte du pays



Pays le plus méridional du continent, l'Afrique du Sud est la plus importante économie en Afrique et fait partie des puissances émergentes actuelles (BRICS). Bénéficiant de ressources naturelles en abondance et du fort développement des secteurs de finance, du commerce et des télécommunications, la croissance du pays a tout de même ralenti ces dernières années (moins de 3% par an en 2012 et 2013).

L'Afrique du Sud est une république avec un parlement bicaméral constitué d'une Assemblée Nationale (400 membres élus) et d'un Sénat (90 membres nommés par les 9 provinces du pays). Le président est élu par l'Assemblée Nationale pour une durée de 5 ans.

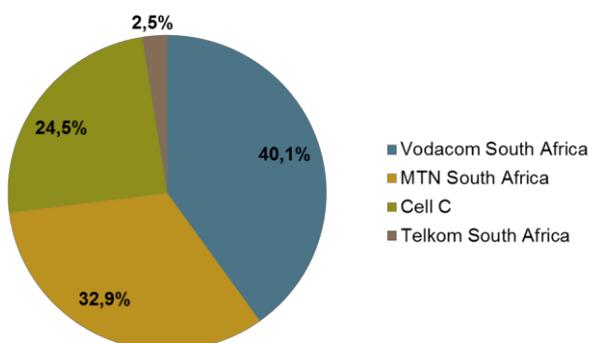
Données clés - Afrique du Sud

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Pretoria	 376 Md \$	 51,8 M	 14,7 M

Aperçu du marché des télécoms en Afrique du Sud

En Afrique du Sud, le marché du mobile est **très développé** avec un taux de pénétration supérieur à 150%. Malgré sa taille déjà importante et une probable saturation à terme, le secteur reste **dynamique** (plus de 10 millions de nouveaux abonnés entre septembre 2013 et septembre 2014), notamment sous l'impulsion du développement des réseaux 3G et 4G. Le secteur est relativement consolidé avec la présence de seulement **4 opérateurs mobiles**, possédant tous des licences **3G** et **4G** (excepté le cas de Cell C pour lequel le réseau 4G est en cours de déploiement et sera lancé courant 2015).

Part de marché par opérateur mobile (septembre 2014)



Taux de pénétration mobile	155,4%
Croissance abonnés mobile	+ 17,3%
Taux de pénétration 3G/4G	68,6%
Croissance abonnés 3G/4G	+ 22,2%

A la différence du marché mobile et comme dans de nombreux autres pays du continent, le **marché de l'Internet fixe** est moins développé et plus fragmenté. Le sous-développement du secteur est souvent imputé à l'opérateur historique Telkom South Africa, accusé d'avoir longtemps maintenu une situation **quasi-monopolistique** en facturant à des prix abusifs le transit du dernier kilomètre. Le réseau de fibre optique du

pays est malgré tout assez dense (comparativement à d'autres pays du continent) avec plusieurs opérateurs ayant déployé des **infrastructures de grande ampleur** : 147 000 km pour Telkom South Africa, plus de 13 612 km pour Broadband Infraco ou encore 5 000 km par MTN et Neotel.



Connecté avec l'Europe, le Moyen-Orient et l'Asie, l'Afrique du Sud compense son éloignement des centres névralgiques du trafic Internet par la connexion à **6 câbles sous-marins** (ACE, EASSy, SAFE, SAT-3, SEACOM, WACS). La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 231,7 Gbps en 2013. Par ailleurs, l'Afrique du Sud est connectée en fibre optique terrestre avec **tous ses pays frontaliers** : Botswana, Lesotho, Mozambique, Namibie, Swaziland, Zimbabwe.

L'Afrique du Sud compte **6 IXP** en activité :

- Johannesburg Internet Exchange (JINX).
- Cape Town Internet Exchange (CINX).
- Durban Internet Exchange (DINX).
- NAPAfrica Johannesburg.
- NAPAfrica Durban.
- NAPAfrica Cape Town.

Contexte du Johannesburg Internet Exchange (JINX)

Situé dans la plus grande ville d'Afrique du Sud, le JINX est un IXP important en Afrique tant en termes d'**ancienneté** que du nombre de **membres** ou encore du **trafic** échangé. L'IXP a en effet été lancé en 1996 par le groupement local des FAI : l'ISPA (*ISP Association*).

En plus d'opérer des IXP, l'ISPA s'implique dans la libéralisation de l'accès Internet en Afrique du Sud et facilite le dialogue entre les FAI, le ministère des télécommunications local et le régulateur.

JINX

Ouverture	Adresse	Site web
 1996	 158 Jan Smuts Avenue Rosebank, Johannesburg	 http://ispa.org.za

Le JINX vient d'ouvrir un second point de présence à Johannesburg, dont l'adresse est la suivante :

- IS Parklands, Keye Drive, Rosebank, Johannesburg.

JINX en détails

Clients

Au début de l'année 2015, le JINX regroupe **45 membres** et **12 entités connectées** à l'IXP n'étant pas des membres de l'ISPA :

- De nombreux **membres télécoms** : des FAI (iBurst, MTN Business, MWEB, Neotel, Vox Telecom), des opérateurs mobiles (Cell C, MTN), des fournisseurs de contenu (VoIP pour Bitco, hébergement de serveurs pour Platformity) qui fournissent également un accès Internet.
- Quelques **membres non télécoms**, principalement des fournisseurs de contenu et/ou d'hébergement comme Mimecast South Africa (gestion et archivage des e-mails dans une plateforme SaaS). On y retrouve également ZACR, le gestionnaire du DNS de premier niveau national (.za).
- Des entités **non membres de l'ISPA** dont un opérateur mobile (Vodacom) et d'autres acteurs : Afrinic (registre régional d'adresses IP desservant l'Afrique), Clickatell (services SMS professionnels), ISC F-Root Servers (serveur racine DNS), NAPAfrica, Packet Clearing House.

Structure et gouvernance

Le JINX est géré par l'**ISPA**, qui est une association à **but non lucratif** regroupant des entreprises fournissant des services d'accès à Internet (FAI, hébergement de serveurs et fournisseurs d'infrastructures). L'ISPA regroupe plus de 150 membres et gère 3 IXP : JINX, CINX et DINX. Le **comité de management** de l'ISPA est constitué d'un président, d'un trésorier et de 7 autres membres. La plupart d'entre eux sont issus des FAI membres de l'ISPA et élus pour une durée de un an.

Comme l'ISPA gère 3 IXP situés dans 3 villes d'Afrique du Sud et que l'objectif principal de l'association est de **promouvoir et de développer l'accès à Internet** en Afrique du Sud, les prix et services proposés dans ces 3 IXP sont consistants (dans la mesure du possible). A terme, les frais d'adhésion pourraient n'être payés qu'une seule fois pour les 3 IXP.

Pour revenir au JINX, deux points de présence existent à Johannesburg mais pas pour des raisons de redondance : le premier bâtiment de Rosebank était simplement arrivé à **pleine capacité**. Les points de présence actuels sont hébergés dans un **carrier hotel** Internet Solutions. Pour accompagner la croissance de l'IXP, l'**ouverture d'un troisième point de présence** à Johannesburg est envisagée. Ce nouveau point de présence devrait également être hébergé dans un *carrier hotel*.

En matière de *peering*, le mode de *peering* du JINX est **bilatéral** c'est-à-dire que les différents membres de l'IXP sont **libres d'établir leur propre politique d'interconnexion** (éventuellement payante) avec les membres avec lesquels ils souhaitent échanger du trafic. Le *peering* privé est interdit sauf pour les membres louant un port 10 Gbps.

Services et tarifs

Le JINX offre les services suivants à ses membres :

- **Statistiques de trafic** pour chaque port et données agrégées.
- **Services DNS** avec la présence de serveurs racines DNS (F-Root) et du ccTLD.
- Hébergement de serveurs **Network Time Protocol (NTP)**.
- Présence de serveurs **looking glass**.
- Compatibilité avec l'**IPv6**.

Aucun contenu (type Google Cache) n'est hébergé dans l'IXP, l'ISPA laissant le soin aux intéressés d'héberger du contenu chez un membre connecté et promouvant une différence de performance négligeable par rapport à un hébergement centralisé au sein de l'IXP.

La **grille tarifaire** du JINX est la suivante :

Catégorie de prix	Indicateur	Tarif (en US\$)
Prix non récurrents	Adhésion à l'IXP	0
Prix récurrents	Cotisation annuelle à l'IXP	41 530
	Location annuelle port 10 Mbps	646
	Location annuelle port 100 Mbps	1 293
	Location annuelle port 1 Gbps	2 585
	Location annuelle port 10 Gbps	5 170

Il n'y a pas de frais d'adhésion pour l'IXP à proprement parler. En revanche, des **frais d'adhésion** sont exigés pour adhérer à l'ISPA selon la « **classe** » (*Affiliate, Small, Medium* ou *Large*) à laquelle un membre adhère. Les classes déterminent notamment les **pouvoirs de vote** des membres dans l'association ainsi que le **type de ports** auxquels ils ont droit d'avoir accès : par exemple, pour avoir accès à des ports 100 Mbps il faut au moins être membre « *Medium* ».

Catégorie de prix	Classe d'un membre	Tarif (en US\$)
Adhésion annuelle à l'ISPA	<i>Affiliate et Small</i>	454
	<i>Medium</i>	2 180
	<i>Large</i>	8 176

Par ailleurs, la location annuelle des ports est entre **2,5 et 4 fois plus chère** (selon le débit permis par le port) pour les clients désirant se connecter à l'IXP sans être membre de l'ISPA.

Enfin, en fonction du dimensionnement du port loué, les membres du JINX ont le droit à un espace d'**hébergement gratuit** : de 2U pour un port 10 Mbps jusqu'à 8U pour un port 10 Gbps.

1.6.4 Kenya (KIXP)

Contexte du pays



Situé au niveau de l'équateur, le Kenya est historiquement considéré comme un hub de la finance et du commerce en Afrique de l'Est. L'agriculture, la pêche, l'industrie du bois et le tourisme (en plein développement) constituent d'importantes sources de revenus dans ce pays où la croissance économique annuelle moyenne de ces dernières années dépasse les 5%.

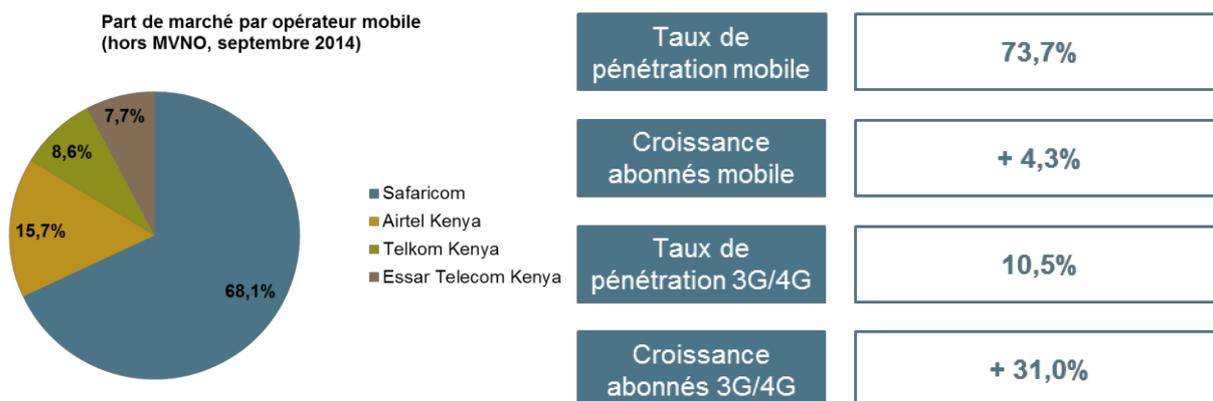
Le parlement kenyan se constitue d'un Sénat (67 membres dont 47 élus) et d'une Assemblée Nationale (349 membres dont 290 élus) dont les représentants effectuent des mandats de 5 ans. Le président du Kenya est également élu pour une durée de 5 ans.

Données clés - Kenya

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Nairobi	 46,5 Md \$	 43,3 M	 11,5 M

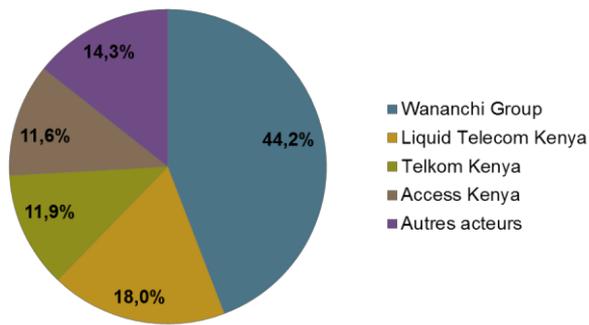
Aperçu du marché des télécoms au Kenya

Jusqu'à la **libéralisation** du **marché mobile** en 2000, Safaricom bénéficiait du monopole de fournitures de services mobiles. L'ouverture de la concurrence a permis d'impulser une forte croissance du nombre d'abonnés pendant plus d'une décennie en démocratisant l'accès à la téléphonie mobile (tarifs abordables, avancées technologiques). En avril 2014, les trois premières **licences MVNO** ont été attribuées à Finserve Africa, Zioncell Kenya et Mobile Pay pour stimuler un marché dont la croissance a récemment ralenti (notamment à cause des campagnes de déconnexions des SIM non utilisées). Utilisant l'infrastructure réseau d'Airtel Kenya, ces MVNO devaient être opérationnels en 2015. En novembre 2014, le nombre d'opérateurs mobiles a été **réduit de 4 à 3**, après l'approbation des autorités de la concurrence en ce qui concerne l'absorption d'Essar Telecom Kenya par Safaricom. Les opérateurs restants, Safaricom, Airtel et Telkom Kenya exploitent tous trois des licences **3G** mais Safaricom est pour l'instant de seul opérateur mobile à avoir lancé des services **4G** (à Nairobi et Mombasa).



Bien que le **marché de l'Internet fixe** et du **haut-débit** du Kenya en soit encore à ses **premières étapes de développement**, il exerce déjà une certaine influence sur l'industrie des télécoms au sens large puisque de nombreux acteurs internationaux possèdent des parts dans les FAI kenyans. Dans un marché **peu fragmenté**, les 5 principaux FAI concentrent plus de 93% des parts de marché. Si le développement de l'accès Internet est historiquement passé par des connexions satellitaires (iWay Kenya, Jamii Telecommunications, MTN Kenya) ou encore le WiMAX (AccessKenya, Jamii Telecommunications, Liquid Telecom, MTN Kenya, Safaricom, Wananchi), près de **70% des abonnés haut-débit sont aujourd'hui connectés à Internet en fibre (FTTx)**. Plusieurs projets fibre optique d'envergure ont en effet été déployés : Liquid Telecom (6 250 km), Safaricom (1 500 km), Wananchi (combinaison entre réseau câblé et FFTH).

Part de marché par opérateur fixe (septembre 2014)



Taux de pénétration fixe

0,8%

Croissance abonnés fixe

+ 9,7%

Le Kenya est connecté à **4 câbles sous-marins** (EASSy, LION2, SEACOM, TEAMS) et directement relié par une connexion terrestre à l'Ouganda et la Tanzanie. Un projet pour connecter le Kenya à l'Ethiopie en fibre optique terrestre est à l'ordre du jour mais pas encore déployé. La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 122,1 Gbps en 2013.

Le pays compte **2 IXP en activité** :

- Kenya Internet Exchange Point (KIXP) situé à Nairobi.
- East Africa Exchange Point situé à Mombasa (créé et géré par l'AMS-IX qui opère un IXP à Amsterdam).

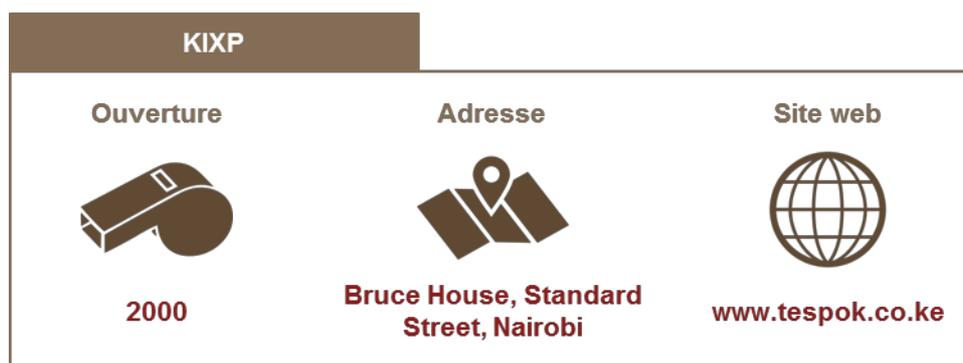
Contexte du Kenya Internet Exchange Point (KIXP)

A la suite d'un workshop réalisé par l'Internet Society en Californie en 1999, un ingénieur kenyan fut sensibilisé aux processus à mettre en œuvre pour lancer et exploiter un IXP. Après une année de préparation avec les opérateurs, le Kenya Internet Exchange Point (KIXP) fut lancé dès **2000** à Nairobi.

Presque immédiatement après le lancement de KIXP, l'opérateur Telkom Kenya déposa une **plainte** auprès du régulateur prétendant que le point d'échange KIXP violait le **monopole** de Telkom concernant le transport de trafic Internet international. La Commission des Communications du Kenya conclut alors que pour opérer KIXP, une licence d'opérateur de télécommunication était nécessaire. Déclaré **illégal**, KIXP fut rapidement fermé.

Un **dossier d'appel** fut monté pour prouver qu'un IXP était une infrastructure standard et que si elle était vraiment illégale, il faudrait déclarer la même chose de tout réseau d'ordinateurs interconnectés dans le pays. Craignant une diminution de ses revenus, Telkom Kenya continua à s'opposer au projet. Cependant, l'affaire fut rendue publique si bien qu'une solution « politiquement correcte » pour toutes les parties fut trouvée : l'association des FAI kenyans TESPOK (*Telecommunication Service Providers Association of Kenya*) demanda une licence d'opérateur et l'obtint.

KIXP redevint opérationnel en **2002**, faisant du Kenya le seul pays au monde requérant une **licence pour opérer un IXP**.



KIXP en détails

Clients

Au début de l'année 2015, KIXP compte **27 membres** :

- **15 clients télécoms** parmi lesquels : des FAI (Access Kenya, Airtel Kenya, Jamii Telecommunications, Liquid Telecom, MTN Business, Safaricom, Telkom Kenya, Wananchi Group), des opérateurs mobiles (Airtel Kenya, Safaricom, Telkom Kenya) et des opérateurs de réseau/infrastructure (Seacom).
- **12 clients non télécoms** dont : Angani (fournisseur de solutions cloud), KENET (réseau d'éducation du Kenya), KENIC (gestionnaire du ccTLD .ke), Kenya Revenue Authority (institution gouvernementale notamment chargée de collecter certains impôts), National Bank of Kenya.

Google n'est pas membre de l'IXP mais des **serveurs de cache** sont toutefois hébergés dans l'infrastructure.

Structure et gouvernance

Le point d'échange KIXP ne bénéficie **pas de structure dédiée** : sa gouvernance est établie au travers des comités du TESPOK, qui est une association à **but non lucratif** qui a pour objectif d'être représentative de l'industrie Internet du Kenya dans son ensemble. La direction de TESPOK est assurée par un président du conseil d'administration, un vice-président, un directeur général et 8 « directeurs ».

KIXP bénéficie de **deux points de présence** non interconnectés :

- Le point de présence de Nairobi, hébergé dans un **carrier hotel** (chez East Africa Data Centre).
- Le point de présence de Mombasa, ouvert en 2010 et relancé en 2014, hébergé dans la station de câble sous-marin (*landing station*) de Seacom.

S'agissant du mode de *peering*, un mode **multilatéral obligatoire** est en vigueur (comme au Nigéria) : tous les clients potentiels désirant se connecter à l'IXP ont l'obligation d'ouvrir leurs ports aux membres existants.

Services et tarifs

KIXP offre les services suivants à ses membres :

- **Statistiques** de trafic.
- **Services DNS** avec la présence de serveurs racines DNS (F-Root & J-Root) et du ccTLD.
- Hébergement de serveurs **Network Time Protocol** (NTP).
- Présence de serveurs **looking glass**.
- Support **IPv6**.
- Possibilité d'échanger des **données sécurisées** et de les stocker dans une base de *peering*.

KIXP ne fournit pas de manière publique de grille tarifaire détaillée car les tarifs sont variables selon :

- La **nature du membre** : FAI / fournisseur de contenu.
- La **nationalité du membre** (pour stimuler le trafic local) : kenyan / non kenyan.

La **grille tarifaire** de KIXP en vigueur début 2015 pour les FAI kenyans est la suivante :

Catégorie de prix	Indicateur	Tarif (en US\$)
Prix non récurrents	Adhésion à l'IXP	331
	Cotisation annuelle à l'IXP	NC
Prix récurrents	Location annuelle port 10 Mbps	0
	Location annuelle port 100 Mbps	4 637

	Location annuelle port 1 Gbps	5 962
	Location annuelle port 10 Gbps	13 248

Hormis le *joining fee*, KIXP ne facture pas d'autres frais non récurrents (par l'exemple pour l'installation des ports).

L'annexe 4 présente des bénéfices chiffrés liés à la mise en œuvre de KIXP.

1.7 Etudes de cas d'IXP non situés en Afrique

1.7.1 France (France-IX)

Contexte du pays



Deuxième puissance économique d'Europe en 2013, la France possède une économie diversifiée : banque et assurance, distribution, énergie, industrie, luxe, transport, etc. Alors qu'elle a connu un rebond de croissance après la crise financière de 2008, la France connaît depuis 2012 une période de stagnation économique (+ 0,3% en 2012 et en 2013).

Le système parlementaire du pays se compose d'un Sénat (348 membres élus pour 6 ans) et d'une Assemblée Nationale (577 membres élus pour 5 ans). Le président de la République française est élu au suffrage universel direct pour une durée de 5 années.

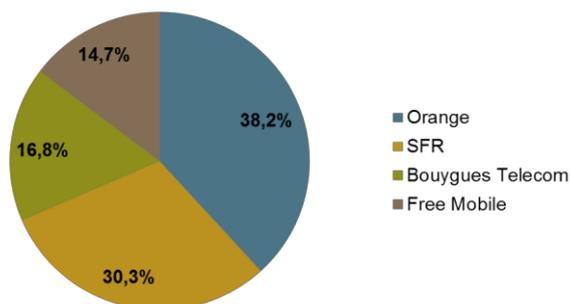
Données clés - France

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Paris	 2 739,3 Md \$	 63,7 M	 28 M

Aperçu du marché des télécoms en France

Le **marché mobile** français est très développé avec un taux de pénétration supérieur à 100% et un nombre d'abonnés qui continue de croître. La majorité des usagers utilise des **abonnements post-payés**, les clients pré-payés étant incités à migrer vers une formule d'abonnement permettant d'accéder à Internet plus facilement. Avec l'arrivée de Free Mobile en 2012, il y a **4 opérateurs** mobiles (hors MVNO) qui possèdent tous des **licences 3G et 4G**. Il existe cependant près d'une cinquantaine de MVNO qui se partagent de l'ordre de 11% du marché mobile fin 2013. L'arrivée de Free Mobile et de ses forfaits à bas coût a lancé une guerre des prix entre les opérateurs mobiles, dont les revenus sont actuellement en décroissance.

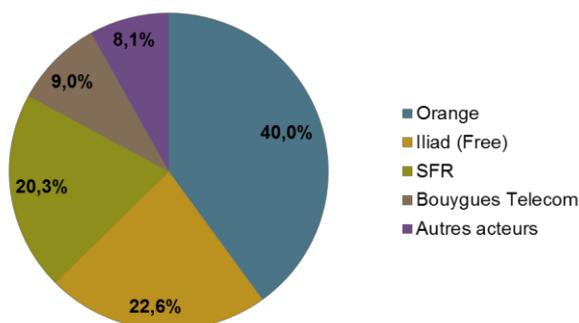
Part de marché par opérateur mobile
(hors MVNO, septembre 2014)



Taux de pénétration mobile	101,8%
Croissance abonnés mobile	+ 3,0%
Taux de pénétration 3G/4G	68,9%
Croissance abonnés 3G/4G	+ 27,5%

Dès le début des années 2000, le gouvernement français a joué un rôle important dans le développement du **marché du haut-débit** en encourageant le dégroupement et en incitant les FAI à déployer leur propre réseau. En 2013, le Plan Très Haut Débit a été lancé avec l'objectif de **couvrir intégralement le territoire en très haut-débit** (majoritairement via la fibre optique) d'ici 2022. En septembre 2014, près de 10% des abonnés sont connectés en très haut débit. Le marché compte davantage de FAI que d'opérateurs mobiles et les 4 FAI regroupant le plus d'abonnés sont également les 4 opérateurs mobiles, suivis par le câblo-opérateur Numericable qui vient de racheter SFR.

Part de marché par opérateur fixe (septembre 2014)



Taux de pénétration fixe	91,1%
Croissance abonnés fixe	+ 4,1%

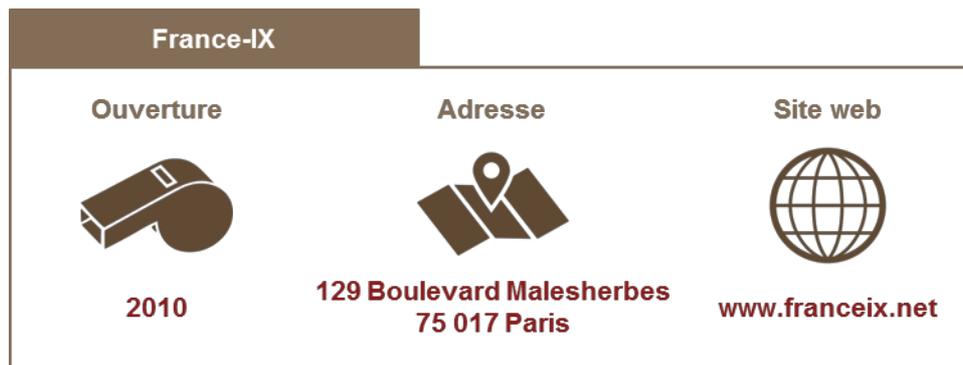
La France est connectée à **22 câbles sous-marins** : ACE, Apollo, AAE-1, Atlas, Circe South, CC4, CC5, FastnetConnect, FA-1, Hawk, HUGO, IMEWE, INGRID, Med, SeaMeWe-3, SeaMeWe-4, SeaMeWe-5, TAGIDE-2, TAT-14, TE North, UK-France-3, Ulysses. La France est également connectée en fibre optique terrestre à tous ses pays frontaliers : Belgique, Luxembourg, Suisse, Allemagne, Italie, Espagne. La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 26 130,8 Gbps en 2013.

La France possède **20 IXP en activité** et répartis sur une grande partie du territoire.

Contexte du France Internet Exchange (France-IX)

France Internet Exchange fut lancé en 2010 dans un pays où **de nombreux IXP existaient déjà**. C'est précisément en raison de la présence d'une multitude d'acteurs que le groupe de travail Pheon-IX fut initié en 2008. Les membres de ce groupe de travail (Neo Telecoms devenu Zayo France entre temps, Google, Jaguar Network, Akamai) établirent en effet que le marché français était en forte attente d'un point d'échange **fédérateur et indépendant** sur Paris ayant une **masse critique** et capable d'attirer des **acteurs étrangers**.

Lancé en 2010 par les membres du groupe de travail Pheon-IX, France-IX est devenu en 4 ans le **plus important IXP en France** aussi bien en termes du nombre de membres que de trafic échangé.



Début 2015, France-IX possède **10 points de présence** répartis dans des **datacenters** :

- **9 en région parisienne** : Digital Realty, Iliad-Datacenter 2, Iliad-Datacenter 3, Interxion 1, Interxion 2, Interxion 5, Telecitigroup 2, Telecitigroup 3, Telehouse 2.
- 1 à Marseille : Interxion MRS 1.

France-IX en détails

Clients

Au début de l'année 2015, France-IX compte **263 membres** comprenant :

- Des **clients télécoms** (opérateurs et FAI) parmi lesquels : Bouygues Telecom, British Telecom, Colt, Etisalat, Monaco Telecom, Numericable, Telecom Luxembourg, Verizon, Wifirst.
- Des **clients non télécoms** : des **fournisseurs de contenu** (Akamai, Amazon, Cloudwatt, Dailymotion, Facebook, Google, LinkedIn), des **compagnies d'assurances** (Axa), des **sites web et/ou de e-commerce** (jeuxvideos.com, Le Figaro, Rue du Commerce), des **industriels** (Schneider Electric) ou encore l'Afnic (gestionnaire du ccTLD .fr).

Structure et gouvernance

L'IXP est construit sur un **modèle associatif** à laquelle tous les membres sont adhérents. L'association France-IX est actionnaire à 100% de la **société commerciale** SAS France-IX Services qui gère les aspects opérationnels (facturation, supervision, support technique) liés à France-IX. Le modèle associatif permet de garantir la poursuite des objectifs initiaux de l'IXP écrits dans les statuts de l'association et garantit la **neutralité**. Même si la structure est entièrement sous contrôle de l'association, le fait France-IX Services soit une structure commerciale lui confère certaines libertés (comme le fait de pouvoir dégager des bénéfices).

Le conseil d'administration de l'association est constitué de 8 membres : 6 élus parmi les membres de l'association et **2 élus à titre individuel**. Reconnus pour leur expérience, les membres élus à titre individuel ont été introduits afin de proposer des alternatives innovantes pour le développement de l'IXP. Tous les membres du conseil d'administration sont élus pour une durée de 3 ans. Les membres du conseil d'administration de l'association sont également chargés de nommer (pour une durée de 3 ans) le directeur général de la SAS France-IX Services.

Les 10 points de présence de l'IXP sont tous hébergés dans des *datacenters*. Il est à signaler que France-IX a mis en place des **partenariats** avec d'autres IXP sous forme de **services de passerelle** (dans une limite de 100 Mbps par membre). Tous les membres de France-IX qui en font la demande peuvent donc demander à s'interconnecter avec un membre des points d'échange suivants : SFINX à Paris, LYONIX à Lyon, LU-CIX au Luxembourg, le Top-IX à Turin et le ToulX à Toulouse.

Un **mode de peering bilatéral** est en vigueur à France-IX : les membres peuvent choisir avec qui ils veulent s'interconnecter et éventuellement choisir d'établir des contrats payants de *peering* entre eux (même si France-IX promeut la gratuité du *peering* entre membres).

France-IX dispose par ailleurs d'un programme de **revente de connexion**. Le revendeur dispose d'un ou plusieurs ports 10 Gbps qu'il divise en différents circuits de 200 Mbps, 1 Gbps ou 2 Gbps au choix par client connecté. Seul le revendeur est facturé par France IX de sorte que cela permet à France-IX d'attirer des **clients étrangers** qui achètent généralement au revendeur un tarif sous forme de bundle pour le transit longue distance et la connexion à l'IXP.

Services et tarifs

France-IX propose gratuitement les services suivants à ses membres :

- Mise à disposition d'un **portail intranet privé** donnant accès à des **statistiques détaillées** de trafic, ou au suivi des incidents.
- Présence de serveurs **looking glass**.
- **Services DNS** avec la présence de serveurs racines et du ccTLD.
- Hébergement de serveurs **Network Time Protocol (NTP)**.
- Compatibilité **IPv6**.
- Supervision via un **NOC** 24 heures sur 24, 7 jours sur 7.

La **grille tarifaire** de France-IX est la suivante :

Catégorie de prix	Indicateur	Tarif (en US\$)
Prix non récurrents	Adhésion à l'IXP	0
	Installation port 1 Gbps	1 210
	Installation port 10 Gbps	1 815
Prix récurrents	Cotisation annuelle à l'IXP	0
	Location annuelle port 1 Gbps (trafic inférieur à 100 Mbps)	0
	Location annuelle port 1 Gbps (trafic inférieur à 200 Mbps)	1 452
	Location annuelle port 1 Gbps (plein débit)	7 259
	Location annuelle port 10 Gbps (trafic inférieur à 1 Gbps)	7 259
	Location annuelle port 10 Gbps (trafic inférieur à 2 Gbps)	11 615
	Location annuelle port 10 Gbps (plein débit)	21 777

Il est également possible de louer les ports 10 Gbps par 2, 4, 6, 8 ou 10 ; auquel cas les frais d'installation sont proportionnels au nombre de ports mais les frais mensuels sont réduits. A titre d'exemple, louer 4 ports 10 Gbps à plein débit donne lieu à une économie de 10% sur le tarif mensuel de base décrit dans le tableau ci-dessus.

1.7.2 Pays-Bas (AMS-IX)

Contexte du pays



Pays parmi les plus densément peuplés d'Europe et même du monde, les Pays-Bas sont également un des pays les plus riches du monde. Suite aux conséquences de la crise financière de 2008 et de la crise de la dette dans la zone Euro, la croissance économique du pays a été négative en 2012 et en 2013, synonyme de récession.

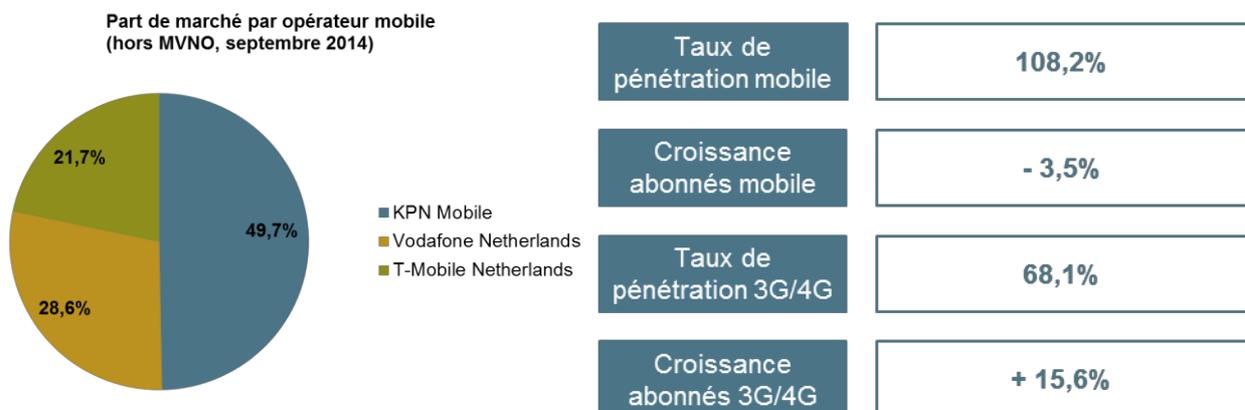
Les Pays-Bas sont une monarchie constitutionnelle gouvernée par un parlement composée de deux chambres : la première est composée de 75 membres élus par des conseillers provinciaux alors que la seconde est composée de 150 membres élus par la population. Les membres des deux chambres sont élus pour une durée de 4 ans.

Données clés – Pays-Bas

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Amsterdam	 808,9 Md \$	 16,8 M	 7,5 M

Aperçu du marché des télécoms au Pays-Bas

Le marché mobile hollandais est **concentré autour de 3 opérateurs** de réseau mobile : KPN Mobile, T-Mobile Netherlands et Vodafone Netherlands. Ces trois opérateurs louent leurs réseaux respectifs à plus de **50 MVNO**. Avec un **taux de pénétration supérieur à 100%**, le marché mobile des Pays-Bas est en faible **décroissance** depuis quelques années, le nombre de nouveaux clients post-payés ne suffisant pas à compenser le **déclin des formules pré-payées**. L'actualité de ces dernières années a donc surtout été marquée par le lancement commercial de la **4G** par les 3 opérateurs mobiles, la vente aux enchères des licences 4G ayant rapporté près de 4 milliards d'euros à l'Etat. La croissance soutenue des abonnements 4G se fait quelque peu au détriment des abonnements 3G.



Le marché de l'**Internet fixe** est également très développé aux Pays-Bas, avec un taux de pénétration par foyer supérieur à 90%. Près de 50% des abonnés Internet sont connectés par une technologie **câble**. Mi 2013, 10% du marché était connecté en fibre optique, un chiffre qui devrait augmenter dans les années à venir puisque

d'ici 2017, environ 3,5 millions de foyers devraient être connectés en FTTH. Les 3 principaux FAI du pays se partagent près de 85% du marché.



Les Pays-Bas sont reliés à **10 câbles sous-marins** : Amerigo Vespucci, AC-1, Circe North, Concerto, Farland North, Germany-Netherlands, Jerry Newton, TAT-14, UK-Netherlands 14, Ulysses. Le pays est interconnecté en fibre optique terrestre avec la Belgique et l'Allemagne. La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 21 635,3 Gbps en 2013.

Les Pays-Bas possèdent **6 IXP** en activité.

Contexte du Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX)

Etabli en 1997 par un regroupement de FAI et d'opérateurs de réseau, l'Amsterdam Internet Exchange est le plus gros IXP des Pays-Bas mais surtout un des plus **importants IXP au monde**, tant en termes de membres connectés que de trafic échangé.

La stratégie d'AMS-IX est tournée vers la **croissance**, les objectifs de l'IXP⁶ étant les suivants :

- Etre le leader mondial de l'échange Internet.
- Avoir une réputation d'excellence.
- Exporter le modèle dans d'autres pays du monde à l'aide de partenariats.
- Augmenter en permanence la valeur ajoutée pour toutes les parties prenantes.



L'AMS-IX possède **11 points de présence** répartis dans différents *carrier hotels* :

⁶ AMS-IX, *Strategy*, Disponible sur <https://ams-ix.net/about/strategy--2>

- 3 chez TelecityGroup : AMS2 - Amsterdam Southeast, AMS4 - Amsterdam Amstel Business Park, AMS5 - Amsterdam Southeast.
- 2 chez Equinix : AM1/2 - Southeast, AM3 - Science Park.
- 1 chez Nikhef : Amsterdam Science Park.
- 1 chez Interxion : Schiphol-Rijk.
- 1 chez Vancis : Amsterdam Science Park.
- 1 chez Evoswitch : Haarlem.
- 1 chez Global Switch : Amsterdam Slotervaart.
- 1 chez Eunetworks : Amsterdam Amstel Business Park.

AMS-IX en détails

Clients

Au début de l'année 2015, AMS-IX compte environ **700 membres** :

- Des **clients télécoms** (opérateurs et FAI) parmi lesquels : AdamoTelecom, AOL, Bouygues, Cable & Wireless, China Mobile, Jazztel, KPN, Liquid Telecom, Orange, T-mobile, Tele2, Vodafone, Ziggo.
- Des **clients non télécoms** : des **fournisseurs de contenu** (Facebook, Google, Twitter), des fournisseurs de solutions et/ou d'hébergement **cloud** (Adobe Systems, Cisco Systems, Oracle, OVH), des éditeurs de **jeux vidéo**s (Blizzard, Riot Games), des **gestionnaires de TLD DNS** (Russian Institute for Public Networks), des **équipementiers** ou **industriels** (Nokia, Schneider Electric).

Structure et gouvernance

Tout comme France-IX, AMS-IX est une **association à but non lucratif** (regroupant des opérateurs télécoms et FAI), qui est le seul actionnaire de **la société commerciale** AMS-IX Company. C'est la société commerciale qui est en charge de la gestion quotidienne de l'IXP.

Le conseil d'administration d'AMS-IX est composé de **5 membres**, représentant des membres de l'IXP (Level3 Communications, Google, Verisign, Turk Telecom, BIT en janvier 2015). En charge du management de la société AMS-IX Company et de l'approbation des budgets, les membres du conseil d'administration sont élus pour une durée minimale de 1 an : chaque année des élections ont lieu sur une base rotationnelle et au moins un membre doit être remplacé ou réélu.

Le mode de *peering* en vigueur à l'AMS-IX est **bilatéral** : chaque membre est libre d'échanger du trafic Internet avec qui il veut, de manière gratuite ou payante. Par ailleurs, il est possible de constituer ou de rejoindre des **groupes fermés** (à partir de 3 membres) au sein desquels tous les membres se sont mis d'accord pour réaliser du *peering* de manière multilatérale.

Tous les points de présence d'AMS-IX sont hébergés dans des **carrier hotels**. Il est possible de rejoindre l'IXP tout en s'y **connectant à distance**. En effet, la plupart des opérateurs de *datacenter* qui hébergent l'AMS-IX possèdent des *datacenters* ailleurs en Europe, interconnectés les uns aux autres en fibre optique. A titre d'exemple, un client français pourrait rejoindre l'AM-SIX en se connectant à un *datacenter* TelecityGroup situé en France, lui-même interconnecté avec un *datacenter* du TelecityGroup à Amsterdam.

L'AMS-IX dispose d'un programme de **revente de connexion**. Ce programme autorise une tierce partie à revendre la bande passante achetée à AMS-IX (au travers de la location d'un port), à partir de n'importe quelle infrastructure connectée à un des centres de colocation d'AMS-IX à Amsterdam et où la tierce partie est présente. En plus d'inciter au raccordement de membres ayant besoin d'un faible débit, ce programme facilite notamment la connexion à distance à l'IXP de certains membres (initiative mentionnée ci-dessus).

Conformément à sa stratégie de croissance, l'AMS-IX a ouvert et exploite d'**autres IXP** dans le monde :

- AMS-IX Hong Kong.

- AMS-IX East Africa Exchange Point à Mombasa, au Kenya.
- AMS-IX Caribbean : dans ce cas, il s'agit plutôt du changement de nom et de propriétaire d'un IXP qui existait déjà (Caribbean Internet Exchange ou CAR-IX).

L'AMS-IX met en avant un **accès plus facile à l'Europe** pour les membres de ces IXP, notamment au travers de son programme de revente de connexion.

Services et tarifs

L'AMS-IX propose les services suivants à ses membres :

- Mise à disposition d'un **portail intranet** pour chaque membre permettant notamment d'accéder à des statistiques et aux tickets de résolution des incidents.
- Services **DNS**.
- Compatibilité **IPv6**.
- **Roaming** mobile : ce service payant (500 euros par mois pour la location d'un port 1 Gbps Ethernet) permet aux opérateurs mobiles d'échanger du trafic.
- **Service Level Agreement** (SLA) : ce service payant (par port loué et par mois) garanti aux membres qui le souscrivent des niveaux de qualité et de sécurité supérieurs. Traduites en des indicateurs concrets (taux de disponibilité, taux de perte de paquet, latence), ces exigences sont répertoriées dans un contrat.
- Supervision via un **NOC** 24 heures sur 24, 7 jours sur 7.

La **grille tarifaire** de l'AMS-IX est la suivante :

Catégorie de prix	Indicateur	Tarif (en US\$)
Prix non récurrents	Adhésion à l'IXP	0
	Cotisation annuelle à l'IXP	0
	Location annuelle port 100 Mbps	N/A
Prix récurrents	Location annuelle port 1 Gbps (sans SLA)	7 259
	Location annuelle port 1 Gbps (avec SLA)	8 711
	Location annuelle port 10 Gbps (sans SLA)	14 518
	Location annuelle port 10 Gbps (avec SLA)	18 148
	Location annuelle port 100 Gbps (sans SLA)	72 591
	Location annuelle port 100 Gbps (avec SLA)	83 480

L'AMS-IX ne propose pas de port inférieur au Gbps. Les membres potentiels ayant des besoins moindres sont invités à se connecter à l'IXP via le programme de revente de connexion.

1.7.3 Canada (TorIX)

Contexte du pays



Deuxième pays le plus vaste du monde, le Canada possède une économie très liée à celle des États-Unis qui représentent environ 75% des exportations et 65% des importations. Ces dernières années la croissance économique du pays se situe autour des 2%. La découverte d'immenses gisements de sables bitumineux et leur exploitation progressive devraient augmenter l'importance des hydrocarbures pour l'économie du pays.

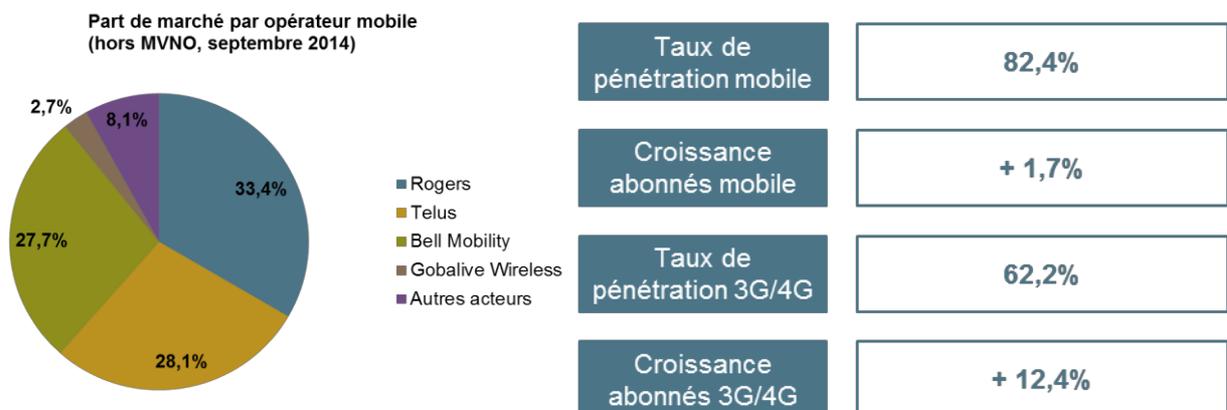
Le Canada est une monarchie constitutionnelle dans laquelle la Chambre des communes (contenant 308 membres du parlement élus pour une durée de 4 ans) est l'entité gouvernant le pays.

Données clés - Canada

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Ottawa	 1 843,8 Md \$	 35,2 M	 13,7 M

Aperçu du marché des télécoms au Canada

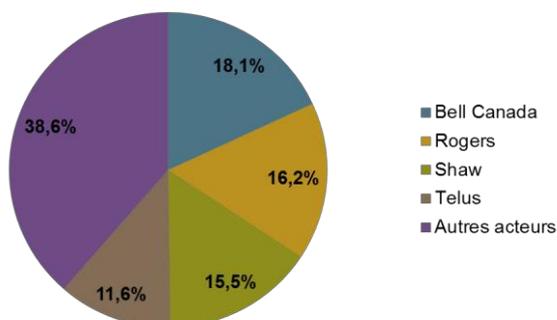
Le Canada étant un pays très vaste, la **couverture mobile** combinée de tous les réseaux ne dépasse pas 20% de la surface du territoire, bien que 99% de la population soit couverte. Par rapport à son statut de développement, le Canada possède un **taux de pénétration relativement bas**. Il existe plus de 10 opérateurs mobiles au Canada (sans compter la présence de près d'une trentaine de MVNO) mais le marché demeure relativement **concentré**, les 3 opérateurs les plus importants cumulant près de 90% des parts de marché. En ce qui concerne les données mobiles, 9 opérateurs ont déployé un **réseau 3G** et 7 ont déployé un **réseau 4G**.



Le taux de pénétration de l'**Internet fixe** du Canada est plus élevé que le taux de pénétration mobile, fait assez rare pour être mentionné. Le marché est très développé si bien que le régulateur a fixé la date de décembre 2015 pour couvrir 100% de la population avec des vitesses de connexion supérieures à 5 Mbps en *download* et 1 Mbps en *upload*. Plus de la moitié des canadiens sont connectés à Internet via une technologie **câble** et

les autres abonnés sont majoritairement connectés via une technologie **DSL**, la fibre (700 000 abonnés) et le **WiMAX** (près de 450 000 abonnés) complétant le mix technologique. Le marché canadien est assez **fragmenté**, 5 FAI possédant plus de 10% de de parts de marché.

Part de marché par opérateur fixe (septembre 2014)



Taux de pénétration fixe

90,5%

Croissance abonnés fixe

+ 4,3%

Le Canada est relié à **8 câbles sous-marins** : Arctic Fibre, CANUS1, Greenland Connect, Hibernia Atlantic, Hibernia Express, Ivaluk, Persona, Polaris. Le pays est interconnecté en fibre optique terrestre avec son seul voisin, les Etats-Unis. La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 4 257,7 Gbps en 2013.

Il existe aujourd'hui **9 IXP** en activité au Canada alors que le pays n'en comptait que 2 en 2012.

Contexte du Toronto Internet Exchange (TorIX)

Le Toronto Internet Exchange (TorIX) est le plus **important** point d'échange Internet du Canada et un des plus importants du monde en termes de nombre de membres. TorIX met l'accent sur son caractère neutre et **non lucratif**, tout en soulignant que l'IXP est géré par des volontaires représentant les membres connectés à l'IXP.



TorIX possède **5 points de présence**, tous localisés dans des *carrier hotels* :

- Le point de présence initial situé chez 151 Front Street West.
- Cologix Toronto.
- Equinix TR1.
- Neutral Data Centers.
- Accelerated Connections Inc.

TorIX en détails

Clients

Au début de l'année 2015, TorIX compte **185 membres** :

- Des **clients télécoms** (opérateurs et FAI) parmi lesquels : 295.ca, AT&T, Axia, Bell, Rogers, Shaw, Wind Mobile.
- Des **clients non télécoms** : des **fournisseurs de contenu** (Google, LinkedIn), des fournisseurs et/ou hébergeurs de solutions **cloud** (Akamai, Cisco, Cloudflare, Microsoft, OVH), des **gestionnaires de TLD DNS** (Canadian Internet Registration Authority), des institutions publiques (Ontario Research & Innovation Optical Network).

Structure et gouvernance

TorIX est une **organisation à but non lucratif** représentée par un conseil d'administration de **7 membres**, élus parmi les membres de l'IXP. Chaque membre est élu pour une durée de deux ans et des élections sont tenues chaque année pour remplacer (ou éventuellement réélire) environ la moitié du conseil d'administration.

TorIX a mis en place un mode de **peering bilatéral** laissant la liberté aux membres de réaliser du **peering** avec qui ils le souhaitent et pour quel tarif ils ont choisi de contractualiser mutuellement. Malgré tout, près de 75% des membres de TorIX utilisent les serveurs route de TorIX qui permettent un échange multilatéral de trafic Internet.

Les 5 points de présence de TorIX sont hébergés dans des **carrier hotels**.

Services et tarifs

TorIX propose les **services** suivants à ses membres :

- Fourniture de **statistiques** globales de trafic.
- Services **DNS**.
- Hébergement de serveurs **NTP**.
- Compatibilité **IPv6**.

La **grille tarifaire** de TorIX est la suivante :

Catégorie de prix	Indicateur	Tarif (en US\$)
Prix non récurrents	Adhésion à l'IXP	NC
	Installation port 1 Gbps	861
	Installation port 10 Gbps	2 152
Prix récurrents	Cotisation annuelle à l'IXP	NC
	Location annuelle port 1 Gbps	1 033
	Location annuelle port 10 Gbps (trafic inférieur à 4 Gbps)	2 066
	Location annuelle port 10 Gbps (plein débit)	8 607

Des réductions sur le tarif mensuel sont accordées en cas de location de ports agrégés 1 Gbps (par exemple - 7,5% pour la location de 4 ports 10 Gbps par rapport au tarif unitaire de base). Par ailleurs, des ports 100 Gbps seront proposés à la location par TorIX en 2015.

2 Benchmark des *carrier hotels* en Afrique

2.1 Définition, configuration type et rôle d'un *carrier hotel*

2.1.1 Définitions : *datacenter*, centre de colocation et *carrier hotel*

Un ***datacenter*** désigne une infrastructure (site physique) qui regroupe des éléments (notamment des serveurs) constituant le système d'information d'une entreprise ou institution.

Un **centre de colocation** est une entreprise possédant un ou des *datacenters* où l'espace et la bande passante sont disponibles pour les tiers « locataires ». Les clients peuvent y déposer des serveurs informatiques et/ou des équipements de télécommunications pour un usage qui leur est propre.

Comme son nom l'indique, un « ***carrier hotel*** » est un centre de colocation où un grand nombre d'opérateurs est présent. Les *carrier hotels* sont en effet des centres de colocation **neutres** (en anglais : *carrier-neutral* ou *network-neutral colocation*) dans lesquels, en plus des services d'hébergement, des interconnexions sont possibles avec un grand nombre d'opérateurs. C'est précisément cette pluralité d'opérateurs qui permet une neutralité du *datacenter* vis-à-vis de chaque opérateur. Plusieurs fournisseurs de réseaux sont donc présents dans un *carrier hotel* et peuvent ainsi **échanger du trafic** Internet entre eux (services de *peering* caractéristiques des IXP) ainsi que **vendre des services** à des entreprises qui hébergent leurs serveurs dans le même *datacenter*. De leur côté, les locataires peuvent librement choisir leurs fournisseurs de solution de connectivité.

2.1.2 Les composantes principales d'un *carrier hotel*

Un *carrier hotel* est avant tout un ***datacenter***. Il inclut donc les éléments de base d'un *datacenter* standard : espace, alimentation d'électricité, système de refroidissement, sécurité d'accès et protection anti-incendie. En outre, il peut favoriser l'interconnexion entre les opérateurs.

Espace (y compris les équipements pour installer les serveurs)

- Un *datacenter* dispose de **baies**, qui sont des armoires pouvant accueillir les serveurs des clients. Les baies ont une largeur normalisée de 19 pouces (48,26 cm) et une hauteur mesurée en U (*rack unit*, définie comme étant de 1,75 pouce, soit 4,445 cm). Une baie peut posséder jusqu'à 52U. Les baies peuvent comporter des portes verrouillées à clé, permettant ainsi une protection de l'accès aux serveurs qui y sont disposés.
- Les **suites** ou **cages** privées sont des espaces réservés à un seul client, permettant à celui-ci de protéger d'avantage l'accès à ses équipements.



Figure 6 - Exemple de baie (ici de taille 42 U)

Alimentation d'électricité

- La question de la disponibilité permanente de l'**alimentation en électricité** est cruciale pour un *datacenter*.
- La source principale d'électricité pour le *datacenter* provient du **réseau de distribution public**. Certains *datacenters* sont reliés à deux postes de transformation électrique différents, permettant ainsi deux accès au réseau public au lieu d'un seul, et idéalement avec deux fournisseurs d'électricité différents lorsque c'est possible.
- Les **groupes électrogènes** assurent l'alimentation en cas de coupure de la source d'électricité principale. Les réservoirs de diesel doivent être de capacité suffisante pour assurer une autonomie de plusieurs jours.
- Des **batteries** font le relais entre la source principale d'alimentation et les sources secondaires (deuxième accès au réseau de distribution ou groupes électrogènes). Les batteries doivent avoir une autonomie suffisante correspondant au temps d'intervention nécessaire, pour permettre le rétablissement du courant en cas d'indisponibilité totale et simultanée de tous les groupes électrogènes.

Système de refroidissement (climatisation)

- Les serveurs informatiques et équipements télécoms produisent de la **chaleur**. La dissipation thermique (mesurée en Watt) est quasiment égale à la puissance consommée par les équipements (également en Watt).
- Un **système de climatisation** est absolument essentiel pour refroidir l'espace clos du *datacenter*, de manière à conserver les serveurs dans une température et une hygrométrie compatibles avec les conditions de fonctionnement requises par les constructeurs de ces équipements. La haute **disponibilité** du système de refroidissement est donc tout aussi critique que la disponibilité de l'énergie.
- Les équipements informatiques et télécoms (serveurs, routeurs, etc.) expulsent l'air chaud vers l'arrière. Tous les *datacenters* organisent dorénavant un agencement des serveurs en « face à face », créant ainsi des couloirs où seules les faces avant des serveurs sont visibles, et, en alternance, des couloirs où les faces arrière des serveurs sont visibles. L'air froid est alors soufflé depuis les couloirs « face avant », ce qui en fait des couloirs froids. Par comparaison, les couloirs des « face arrière » sont alors appelés des couloirs chauds. Le schéma ci-dessous montre le circuit de l'air imposé dans ce système appelé allée chaude / allée froide (*hot aisle / cold aisle* en anglais) ou éventuellement « *cold corridor* » lorsque notamment les couloirs froids sont hermétiquement clos pour garantir une efficacité maximale du refroidissement.

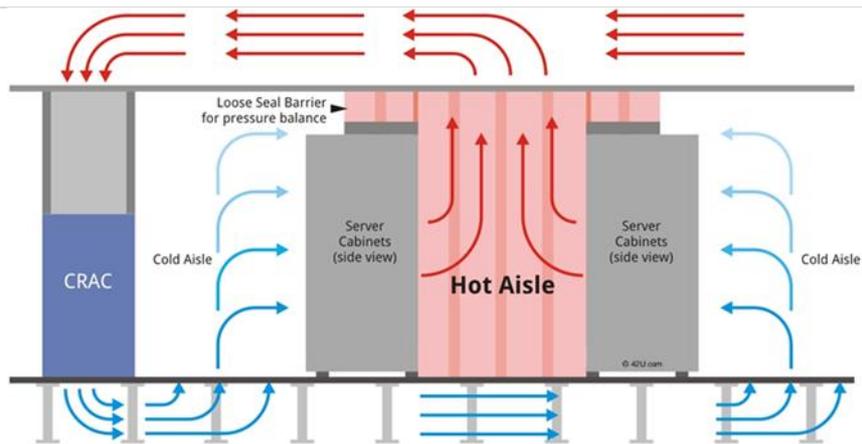


Figure 7 - Illustration de la circulation d'air dans le système d'agencement « allée chaude / allée froide »
 Source : <http://www.42u.com/cooling/hot-aisle-containment.htm>



Figure 8 - Vue d'un couloir « froid » hermétiquement clos dans un système « cold corridor »

Systèmes de sécurité

- Tout *datacenter* se doit de mettre en œuvre des solutions de sécurisation *a minima* sur deux points particuliers : **protection incendie** et **contrôle des accès** du personnel.
- Le **système de protection contre les incendies** inclut non seulement la détection des fumées et de la chaleur, mais également un système d'alerte à distance, des murs coupe-feu et un système de suppression d'incendie (par exemple étouffement du départ de feu au moyen d'un gaz spécial).
- La **sécurité d'accès** peut inclure l'accès par badge ou par reconnaissance biométrique, la présence de caméras de surveillance (CCTV), des procédures de demande d'accès, etc. L'objectif est d'identifier toute personne entrant dans le *datacenter*, et bien sûr de ne laisser entrer que les personnes habilitées.

Meet Me Room (optionnel)

Un *carrier hotel* est un lieu où se concentrent plusieurs acteurs, qui peuvent avoir besoin d'interconnecter leurs serveurs entre eux. En particulier, des opérateurs de télécommunication sont présents au sein d'un *carrier hotel* (son caractère « neutre » nécessite que plusieurs opérateurs soient présents et non pas un seul), et proposent des services de connectivité. Afin de faciliter le câblage, des zones du *carrier hotel* sont dédiées à ces raccordements, et sont appelées « *Meet Me Rooms* ». Leur présence n'est pas nécessaire, mais fortement recommandée.



Figure 9 - Photo d'une Meet Me Room câblée en fibre optique

Autres infrastructures (optionnelles)

- Les espaces de travail permettant aux personnes présentes sur site pour l'installation d'équipements de trouver tables, chaises pour travailler ainsi qu'une connexion Internet par Wi-Fi.
- Les zones de transit, où sont déballés et stockés les équipements des clients de façon temporaire, avant leur installation dans la salle machine.

2.2 Classification des centres de colocation en Tier

2.2.1 Continuité de l'alimentation électrique et du refroidissement

Que faut-il pour que des équipements informatiques (serveurs) ou télécom (switch, routeurs) fonctionnent correctement ? Deux choses :

- Une **alimentation électrique** sans faille (aucune interruption, pics ou baisses de tension).
- Une **température ambiante** en permanence dans un intervalle réduit de valeurs.

Double alimentation sur les serveurs

Fondamentalement, les serveurs informatiques ont une **double alimentation** (on parle de *dual feed* en anglais). Prévoir **deux chaînes d'alimentation distinctes** permet donc de garantir une alimentation sans faille : en cas de problème sur l'une des chaînes électriques, le serveur reste alimenté par l'autre.

En revanche, certains équipements de télécom n'ont pas de double alimentation : certains **switchs** en particulier, car les routeurs disposent en général de cette double alimentation. Il convient donc de rassembler ces équipements dans une **zone spécifique**, catégorisée « sensible » où les opérations de maintenance et

d'exploitation sont à faire avec précaution et selon un protocole approprié pour ne pas interrompre l'alimentation de ces équipements et donc leur fonctionnement.

Les baies informatiques intègrent cette capacité de double alimentation en prévoyant des bandeaux de prises électriques de chaque côté (gauche et droit).

Des batteries pour absorber les irrégularités de l'alimentation électrique

Le seul moyen technique de résorber les interruptions momentanées dans l'alimentation électrique, ainsi que les pics ou baisses subites de tension est d'utiliser des **batteries**, qui stockent l'électricité reçue, et alimentent les équipements. Les batteries doivent disposer d'une certaine **autonomie** permettant de pallier à tout dysfonctionnement. En particulier, les batteries assurent la **jonction entre l'alimentation par le réseau électrique et les groupes électrogènes** : il peut se passer jusqu'à plusieurs minutes entre l'arrêt de la fourniture d'énergie sur le réseau et le moment où les groupes électrogènes sont opérationnels, même si leur démarrage est immédiat après la coupure. La durée de l'autonomie des batteries est donc un point important à considérer.

Les batteries doivent être alimentées en **courant continu**, et délivrent du courant continu. Or, l'énergie fournie par les réseaux de distribution ou les groupes électrogènes est de nature alternative, et non pas continue. Il faut donc convertir le courant délivré en entrée des batteries (d'alternatif vers continu) par des « **redresseurs** », et la convertir également en sortie (de continu vers alternatif) par des « **onduleurs** ». Le terme **ASI** (Alimentation Sans Interruption⁷) fait référence à l'ensemble des composants de cette chaîne : redresseurs, batteries, onduleurs.

Maintien de la température

En ce qui concerne la température, une interruption momentanée du système de climatisation ne fait pas forcément monter brutalement celle-ci au-delà des valeurs de fonctionnement admises par les serveurs. Mais un phénomène de réchauffement est difficilement contrôlable, car une **inertie importante** empêche parfois la température de redescendre tout de suite après rétablissement du système de climatisation. Une température élevée peut causer des **dommages** irréparables sur les équipements, et donc causer une interruption de service prolongée puisqu'il obligeant à remplacer certains équipements.

Les classifications que nous allons voir par la suite considèrent ces deux paramètres principaux : redondance dans l'alimentation électrique et maintien en température des salles informatiques.

2.2.2 Classifications TIA-942 et Uptime Institute

Une classification en quatre catégories a été définie en fonction de la **qualité** et la **fiabilité** des infrastructures des *datacenters* : Tier I, Tier II, Tier III et Tier IV. Les deux grands **standards** pour cette classification sont **TIA-942**⁸, créé par l'ANSI (*American National Standards Institute*) en 2005 puis amélioré en 2008 et 2010, et **Uptime Institute**⁹, défini par le consortium du même nom. Même si certaines différences existent entre les deux standards, ils convergent dans le sens d'une **redondance** sur l'énergie pour garantir une disponibilité maximale des *datacenters*.

⁷ En anglais UPS (*Uninterruptible Power Supply*)

⁸ ADC, *TIA-942 - Data Center Standards Overview*, 2006, Disponible sur <http://www.accu-tech.com/Portals/54495/docs/102264ae.pdf>

⁹ UPTIME INSTITUTE, *Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology*, 2012, Disponible sur http://www.gpxglobal.net/wp-content/uploads/2012/10/TIERSTANDARD_Topology_120801.pdf

Définitions

Avant tout, il est important de préciser quelques notions concernant les termes utilisés dans la définition des critères :

- **Réserves de carburant** : ce terme désigne les réserves de fuel disponibles sur site et permettant d'alimenter le *datacenter* à pleine charge à l'aide des groupes électrogènes venant en secours du réseau de distribution électrique.
- **Redondance de l'alimentation en énergie** : le niveau nécessaire et suffisant d'unités d'équipement pour assurer le fonctionnement normal d'un système est désigné comme N. Les unités au-delà de ce niveau requis sont considérées comme des composants redondants.
 - N+1 : un élément supplémentaire est ajouté en secours des éléments (N) fournissant l'énergie habituellement.
 - 2N : les éléments pour fournir l'énergie nécessaire sont dupliqués.
 - 2N+1 : les éléments pour fournir l'énergie nécessaire sont dupliqués, et à un des deux blocs délivrant l'énergie, un secours est ajouté.
 - 2N+2 : les éléments pour fournir l'énergie nécessaire sont dupliqués, et à chacun des deux blocs délivrant l'énergie, un secours est ajouté.
 - A titre d'exemple, pour assurer le secours d'un *datacenter* de 10 MW avec des générateurs de 2,5 MW, il faudrait 4 générateurs et dans ce cas $N = 4$, Si le *datacenter* s'équipe avec 5 générateurs, le niveau de redondance (au niveau des générateurs) est de N+1 ($5 = 4+1$). Si le *datacenter* dispose de 8 générateurs de cette puissance, le niveau de redondance au niveau des générateurs est alors de 2N ($8 = 2*4$).
- **Chemin de distribution électrique** : avant d'arriver au serveur, l'électricité passe par plusieurs câbles électriques et composants (batteries, tableaux électriques, etc.) disposés dans le *datacenter*. Le « chemin » est la suite ordonnée de câbles et composant depuis chaque source d'énergie jusqu'à la baie. Partant du principe que tout composant ou chemin du *datacenter* peut tomber en panne, le principe de tolérance à l'erreur prévoit ainsi la résilience du système en cas de défaillance quelconque d'un composant ou d'un câble.
- **Maintenance réalisable sans interruption** : l'objectif est de pouvoir réaliser la maintenance sur l'une des chaînes sans impacter aucunement l'alimentation des serveurs. Pour tous les équipements informatiques (serveurs) ayant une capacité d'alimentation double, c'est-à-dire pouvant être alimentés par deux sources différentes, mettre en œuvre deux chaînes de distribution électrique permet de pratiquer cette double alimentation. Ainsi, une des deux chaînes peut être interrompue pour des raisons de maintenance sans dommage pour les équipements informatiques. En revanche, certains équipements (en particulier certains switches) n'ont pas cette capacité de double alimentation. Il convient alors de les installer dans un endroit spécifique, où la maintenance et l'exploitation devront être réalisées avec prudence.
- **Tolérance à l'erreur** : si le chemin de distribution électrique est unique, la moindre erreur humaine sur un des composants de cette chaîne entraîne une rupture dans l'alimentation des serveurs en énergie.
- **Compartmentation** : selon ce principe, les systèmes de redondance et chemins de distribution alternatifs doivent être physiquement isolés les uns des autres.
- **Continuité du refroidissement** : il s'agit ici d'assurer une redondance dans les équipements permettant de contrôler la température des salles informatiques.

- **Taux de disponibilité** : il s'agit du pourcentage de temps où l'alimentation en énergie des serveurs est effective.
- **Densité de puissance par baie** : les serveurs informatiques ont tendance à consommer de plus en plus, au fur et à mesure que leurs puissances de calcul augmentent. Il est donc primordial de définir a priori le niveau maximal de densité de puissance par baie. Le risque est de ne pas pouvoir remplir complètement les baies si l'énergie n'est pas suffisante. Dans ce cas, l'espace est en partie perdu, ce qui crée une perte de revenus.

Classification Uptime Institute

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux **critères de définition des niveaux de Tier** selon le standard de l'Uptime Institute.

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Réserves de carburant	12 heures	12 heures	12 heures	12 heures
Redondance de l'alimentation en énergie	N	N+1	2N+1	2N+2 ou N après n'importe quelle défaillance
Chemins de distribution électrique	1	1	1 actif + 1 inactif	2 actifs simultanément
Maintenance réalisable sans interruption du <i>datacenter</i>	Non	Non	Oui	Oui
Tolérance à l'erreur	Non	Non	Non	Oui
Compartimentation	Non	Non	Non	Oui
Continuité du refroidissement	Non	Non	Non	Oui

Tableau 2 – Principaux critères définissant les niveaux de Tier selon l'Uptime Institute

Les éléments présentés dans le tableau ci-dessous ne sont pas des critères de certification d'un niveau de Tier mais des **caractéristiques généralement constatées** par l'Uptime Institute en fonction des différents niveaux de Tier.

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Taux de disponibilité garanti / indisponibilité maximale	99,671% 28,8 heures/an	99,741% 22 heures/an	99,982% 1,6 heures/an	99,995% 0,8 heures/an
Densité de puissance par baie	< 1 kW	1 – 2 kW	> 3 kW	> 4 kW
Durée de construction	3 mois	3 – 6 mois	15 – 20 mois	15 – 30 mois

Tableau 3 – Caractéristiques généralement constatées dans les datacenters d'un niveau de Tier donné

Les schémas ci-dessous fournissent un aperçu global de l'**architecture électrique d'un datacenter** selon les 4 classes définies. Les composants en marron sont ceux ajoutés par rapport au niveau de Tier précédent. Le lien en pointillé entre les deux tableaux électriques pour le Tier III et le Tier IV indique qu'il y a bascule manuelle : dans le cas où un problème en amont d'un de ces tableaux empêche l'arrivée de l'énergie (ou qu'il faut la

couper pour effectuer une maintenance), une liaison est établie manuellement depuis l'autre tableau électrique pour retrouver une alimentation double.

Il faut noter que la seconde chaîne d'alimentation dans une architecture Tier III n'est pas filtrée par un système ASI. Les équipements, dans le cas où ils sont alimentés par cette seconde chaîne subissent les **aléas du courant** délivré, incluant les pics ou baisses de tension et les chutes de fréquence. Dans le contexte du Togo, une telle situation n'est pas recommandée car peut endommager les équipements. C'est pourquoi il sera proposé dans l'étude technique et économique un scénario intermédiaire, appelé **Tier III transitoire**, non normalisé mais permettant de pallier au problème qui vient d'être décrit. L'étude fera la comparaison (investissement et coûts opérationnels) des deux scénarios Tier III transitoire (donc Tier III amélioré) et Tier IV.

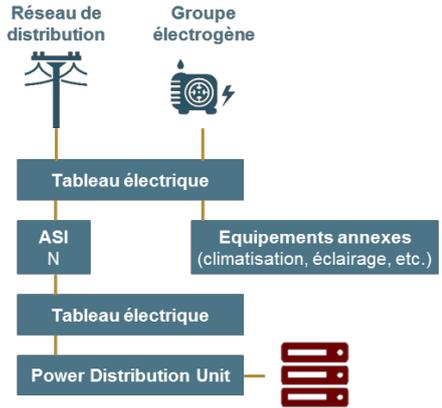


Figure 10 - Architecture électrique type d'un datacenter Tier I

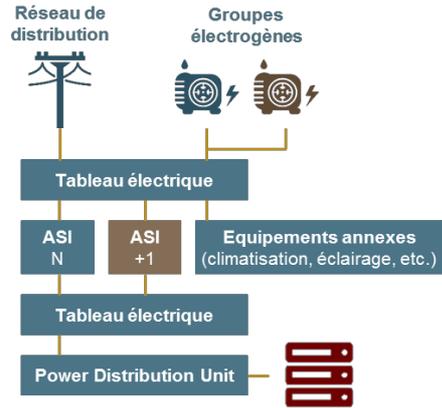


Figure 11 – Architecture électrique type d'un datacenter Tier II

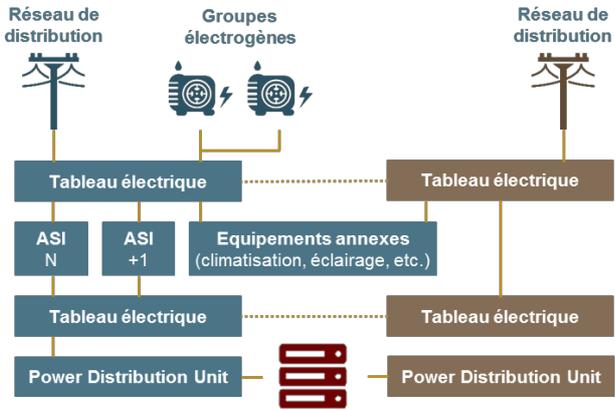


Figure 12 - Architecture électrique type d'un datacenter Tier III

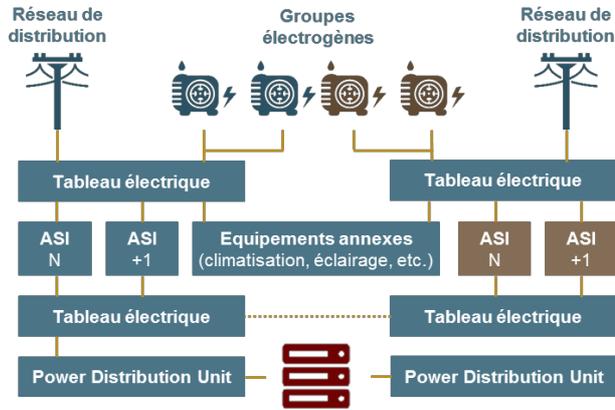


Figure 13 - Architecture électrique type d'un datacenter Tier IV

Même si les critères de définition de Tier présentés dans le tableau ci-dessus se concentrent pour la plupart sur l'alimentation électrique et le système de refroidissement, d'autres prérequis techniques concernant d'autres

systèmes existents¹⁰, surtout pour les *datacenters* de Tier III/IV : appoint en eau, redondance des systèmes de communication, etc.

Classification TIA-942

La classification TIA-942 s'appuie intégralement sur la classification Uptime Institute à quelques détails près :

- Le niveau de disponibilité pour Tier IV est de 0,4 heures d'interruption par année et non pas 0,8h.
- L'obligation d'utiliser des **faux planchers** est introduite pour les *datacenters* de Tier II, Tier III et Tier IV.

2.2.3 Un exemple de *carrier hotel*

L'**architecture** d'un *carrier hotel* varie fortement en fonction de l'emplacement, du design, des contraintes locales d'intégration dans l'environnement urbain, etc. Le plan partiel du ***carrier hotel TC3 Condorcet de TelecityGroup*** (un *datacenter* assimilé Tier IV), est présenté dans les paragraphes et figures suivants à titre d'exemple. Ces plans n'incluent pas les 2 *Meet Me Rooms* indépendantes, les deux « *carrier rooms* » (points d'entrée des fibres depuis l'extérieur, également appelés points de pénétration) et les éléments externes (stockage de carburant, arrivée d'énergie EDF).

Outre les espaces de colocation, les zones de livraison, de déballage et de stockage, l'entrée, on note par ailleurs une alimentation d'énergie et un système de refroidissement avec une redondance telle que le *datacenter* peut être assimilé Tier IV, quoiqu'il ne soit pas certifié en tant que tel.

Alimentation en énergie

- Pour le *datacenter* :
 - 2 sources redondantes et indépendantes d'énergie de 14 MW chacune, tirées à partir des deux postes sources différents d'EDF (non présentés sur le plan).
 - 10 groupes électrogènes de 2,75 MW chacun assurent une redondance 2N pour l'alimentation d'énergie de tout le data center.
- Pour les clients :
 - 6,4 MW disponible.
 - 6 locaux techniques dédiés aux 6 chaînes d'alimentation électriques, assurant une redondance de 2(N+1).
- Pour le système de refroidissement :
 - 2 locaux techniques dédiés à l'alimentation du système de refroidissement.

Système de refroidissement

- 4 pôles de refroidissement dédiés à la climatisation des salles d'hébergement, assurant une redondance de N+1.

¹⁰ UPTIME INSTITUTE, *Data center site infrastructure Tier standard: topology*, 2014, Disponible sur https://uptimeinstitute.com/uptime_assets/d60e4b92ffa912e586a68d76617c4f12c3700681477064382a03207927a1ee96-00001A.pdf

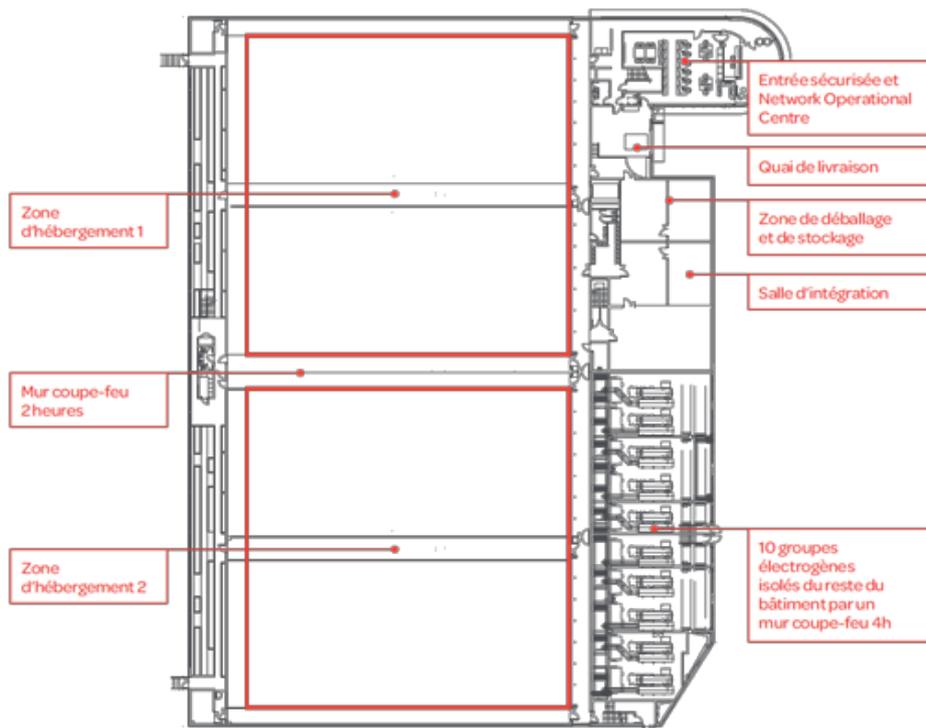


Figure 14 - Plan du Rez-De-Chaussée du carrier hotel TC3 Condorcet de TelecityGroup

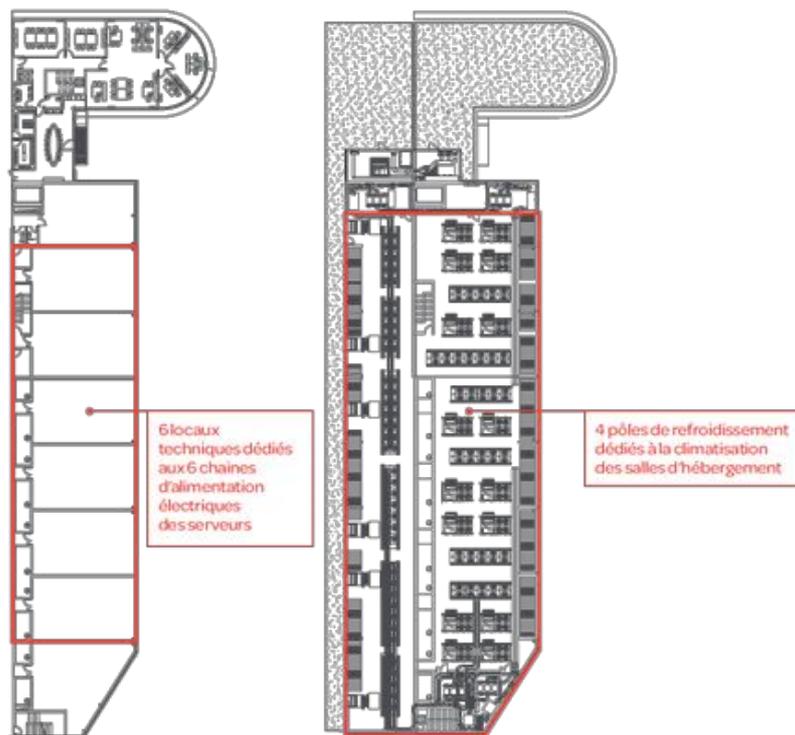


Figure 15 - Plan de terrasse technique du carrier hotel TC3 Condorcet de TelecityGroup

2.3 Les types de client d'un *carrier hotel*

2.3.1 Intérêt pour les entreprises d'être présentes dans un *carrier hotel*

Les *carrier hotels*, par leur nature, offrent aux entreprises des **infrastructures d'hébergement** d'équipements informatiques ou télécom, et de la **connectivité**. En résumé, ils présentent trois bénéfices majeurs pour les entreprises, décrits dans le tableau ci-dessous.

Bénéfice	Justification
Réduction des coûts opérationnels	Suppression des coûts d'investissement et de maintenance dans les infrastructures équivalentes (surface immobilière, énergie, systèmes de refroidissement, sécurité).
	Possibilité de déléguer la gestion de premier niveau des équipements informatiques et télécoms (redémarrage des équipements, surveillance, câblage, etc.).
Réduction des coûts de connectivité	Large choix de fournisseurs (opérateurs et FAI).
	Connexion directe entre locataires présents dans le même <i>datacenter</i> , ce qui permet de réduire le trafic qui transiterait sur les réseaux des opérateurs tiers.
Performance d'échange de trafic	Echange sécurisé et en grande quantité à travers les connexions directes entre locataires du <i>datacenter</i> .
	Réduction du temps de latence car les serveurs des fournisseurs de contenus sont directement reliés au réseau des FAI. Ce dernier point n'est pertinent que si l'interconnexion ne peut se faire par ailleurs que sur une longue distance.

2.3.2 Les clients d'un *carrier hotel*

Les clients des *carrier hotels* sont :

- Les **IXP**.
- Les **opérateurs télécoms** et **Fournisseurs d'Accès Internet (FAI)**. Ils peuvent échanger du trafic (Internet, voix) avec les autres opérateurs et leurs clients peuvent s'interconnecter à eux au même endroit, grâce en particulier à l'IXP présent dans le *carrier hotel*, ou bien à travers des interconnexions directes (« *cross-connect* »).
- Les **fournisseurs de contenus**. Le *carrier hotel* répond à leur besoin de placer leurs serveurs au plus près des opérateurs et FAI pour réduire le coût de transfert de données et la latence pour les usagers.
- Les **fournisseurs de services cloud** et de **services d'hébergement**. L'intérêt d'un cloud est de pouvoir accéder aux données qui y sont stockées par différents réseaux ou opérateurs. Placer les serveurs supportant le service cloud dans un *carrier hotel* où il y a une forte concentration d'opérateurs permet donc d'améliorer son accessibilité.
- Les **fournisseurs de services IT et d'applications** (*systems integrators*). Ces entreprises recourent aux *carrier hotels* pour héberger les infrastructures critiques de leurs clients. Les *carrier hotels* leur permettent en effet de se concentrer sur leur cœur de métier sans se préoccuper de l'hébergement des serveurs ni de l'accès à la connectivité. La présence dans un *carrier hotel* leur permet également une montée en puissance facile et rapide de leurs infrastructures pour accompagner la croissance de leur *business*.
- Toute **entreprise** ayant besoin d'une salle machine de taille conséquente pour héberger un système d'information développé peut préférer un hébergement dans un *datacenter*. Par exemple :

- Les acteurs du **secteur bancaire et financier** (banques, assurance, bourses, etc.). Ces entreprises déploient une grande variété de services bancaires et d'assurances, des plateformes de trading ou encore des systèmes d'information internes pour lesquels la latence est un critère critique. La présence dans un *carrier hotel* leur confère alors plusieurs avantages : possibilité d'avoir des échanges de données rapides et sécurisés, proximité avec les fournisseurs de connectivité, proximité avec les fournisseurs de solutions IT et cloud.
- Les acteurs du secteur de la **santé** doivent gérer ou stocker une grande quantité de données et qui ont donc besoin d'infrastructures facilement adaptables, supportant facilement une croissance rapide du nombre de serveurs.
- Toute autre institution ou entreprise qui souhaite d'**externaliser la gestion de ses serveurs** et les placer dans un écosystème comprenant à la fois des fournisseurs de réseau (pour les questions de connectivité) et des fournisseurs de solutions IT.
- Une **multinationale** peut avoir besoin de déposer des serveurs d'applications dans un pays pour y développer ses affaires, et préférera louer de l'espace dans un *datacenter* plutôt qu'en construire un pour elle seule.

2.4 Le modèle économique des *carrier hotels*

Les **3 sources de revenu principales** d'un *carrier hotel* sont :

- La location d'espace et d'équipements.
- La vente de services liés à la connectivité.
- La vente de services de gestion d'infrastructures et d'assistance.

2.4.1 Location d'espace et d'équipements

Par essence, la **location d'espace** constitue le cœur du business des *carrier hotels*. Plusieurs types de location d'espace sont disponibles :

- Baie ou cabinet (location des baies/cabinets entiers ou location d'une partie de baie/cabinet).
- Suite privée.

Les locations de **baies** (complètes ou partielles) sont souvent considérées comme étant de type « **mutualisé** » ou SFM (pour *Shared Facilities Management*), alors que les **cages** et **suites** font référence aux locations de type « **dédié** » ou DFM (pour *Dedicated Facilities Management*). En effet, si l'accès à la baie elle-même est protégé par une porte fermée à clé (ou parfois avec code d'accès) et donc garantit déjà une sécurité quant à l'accès aux serveurs qui y sont disposés, certains clients de *datacenters* préfèrent augmenter encore la sécurité en se réservant entièrement toute une zone, protégée par une paroi (souvent simplement une grille). On parle alors dans ce cas également d'**espace privé**.

Certains grands centres de colocation proposent également des services complémentaires, comme la location de bureaux, ou de salles de conférence.

2.4.2 Vente de services liés à la connectivité

Le *carrier hotel* peut tirer des revenus à travers les solutions de connectivité, parmi les suivantes :

- **Marge de connexion Internet** : au lieu d'avoir un contrat avec un ou plusieurs Fournisseurs d'Accès Internet, un client peut demander de la connectivité directement auprès du *carrier hotel*. Le *carrier hotel* joue alors un rôle d'intermédiaire entre le client et les fournisseurs de réseaux, et assure une garantie en ce qui concerne la disponibilité de la bande passante. En contrepartie de ces engagements, le *carrier hotel* se rémunère avec une marge ajoutée au tarif pratiqué par les opérateurs. Le client s'interface alors uniquement avec le *carrier hotel* et n'a qu'une seule facture consolidée pour l'hébergement de ses équipements et sa bande passante.

Dans ce modèle, le client peut demander une connexion Internet dédiée ou partagée. S'il s'agit d'une **connexion dédiée**, il sera facturé en fonction de la bande passante demandée. Dans le cas d'une **connexion partagée**, deux méthodes de facturation existent : en fonction de volume de données transféré (par exemple 20 Gb par mois) ou en fonction de la taille de la bande passante allouée (par exemple 10 Mbps). Pour ce deuxième type de facturation, la méthode dite du « **95th percentile** » est souvent utilisée. Dans le cadre de cette méthode, la bande passante utilisée est mesurée toutes les 5 minutes. A la fin du mois, les échantillons sont triés dans l'ordre décroissant et les 5% valeurs les plus élevées sont écartées. La valeur suivante détermine alors le prix facturé.

- **Interconnexion** (également appelée *cross-connect*) : le *carrier hotel* peut offrir aux locataires la possibilité de s'interconnecter directement entre eux (un à un) par les liaisons physiques (par exemple en fibre optique) au sein du *carrier hotel*. L'avantage pour les locataires est d'obtenir un **échange privé dédié** et particulièrement **sécurisé** puisque totalement à l'intérieur de l'enceinte du *datacenter*. La facturation pour ce type de service inclut souvent un coût d'installation initial ainsi que des frais mensuels.
- Service de **connexion entre datacenters** : généralement proposé par les grands centres de colocation qui possèdent beaucoup de *datacenters* à divers lieux (comme Equinix, Telehouse ou TelecityGroup), ce service permet aux locataires hébergés dans deux *datacenters* appartenant au même groupe de s'interconnecter.

2.4.3 Vente de services complémentaires

Le *carrier hotel* peut offrir aux clients la possibilité d'utiliser à distance le personnel du *carrier hotel* pour la réalisation de certaines tâches sur leurs infrastructures hébergées, comme :

- La supervision 24/7 des serveurs.
- La correction de problèmes identifiés.
- Le redémarrage des équipements, etc.

Le périmètre de ces services varie en fonction du *carrier hotel*, de la demande client ainsi que le contrat établi entre les deux parties.

Le *carrier hotel* peut également proposer des offres d'**assistance technique** plus poussées, comme des services de conseil, l'installation de serveurs, des prestations d'assistance à la migration d'équipements, etc.

2.5 Cartographie générale des centres de colocation et *carrier hotels* en Afrique

2.5.1 Les centres de colocation dans le monde

Il existe **entre 3100 et 3800 centres de colocation** dans le monde :

- Selon la base de données de datacentermap.com : 3500.
- Selon Telegeography¹¹ : 3160.
- Selon 451 Research¹² : 3685.

¹¹ TELEGEOGRAPHY, *Colocation Database*, Disponible sur <https://www.telegeography.com/research-services/colocation-database/>

¹² 451 RESEARCH, *Datacenter KnowledgeBase*, Disponible sur <https://451research.com/datacenter-knowledgebase-overview>

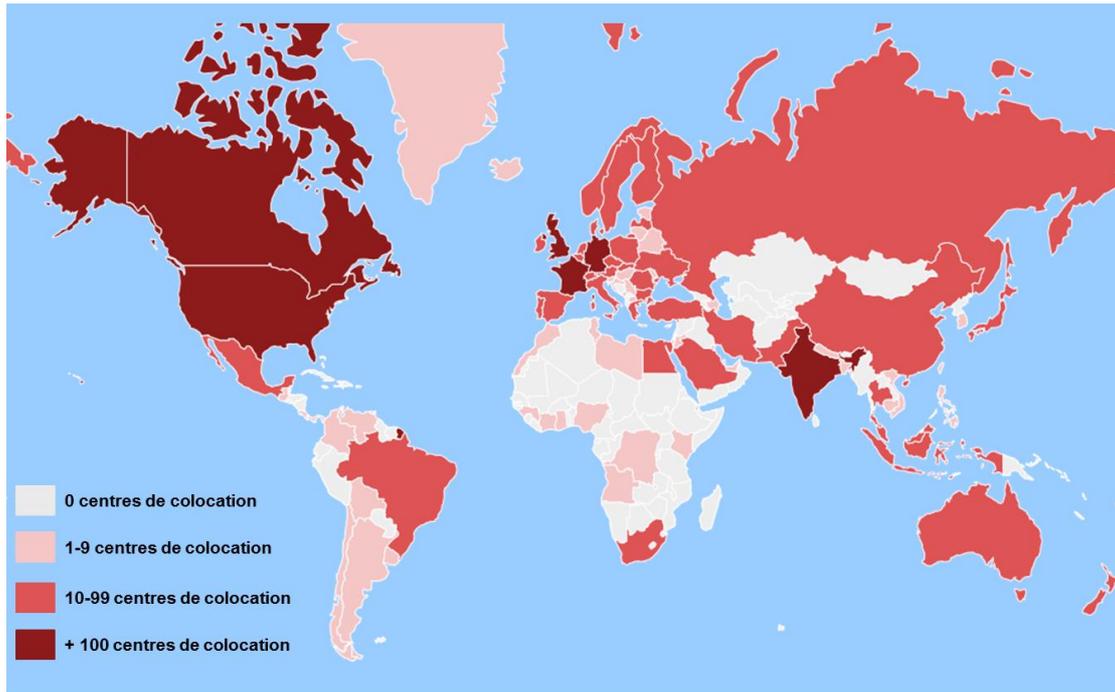


Figure 16 - Nombre de centre de colocation par pays¹³

Le marché de la colocation est **concentré** tant en termes d'**acteurs** qu'en termes **géographiques** :

- En ce qui concerne les **acteurs**, une étude récente¹⁴ a montré que les 10 plus importants acteurs se répartissent à eux seuls 28% d'un marché annuel de 25 milliards de dollars. Parmi ceux-ci, on retrouve Equinix, TelemetryGroup, Interxion et KDDI-Telehouse chacun d'eux étant présent dans plusieurs pays.

Marché de vente d'espaces - Centres de colocation
Principaux pays et majors du marché - T3 2014

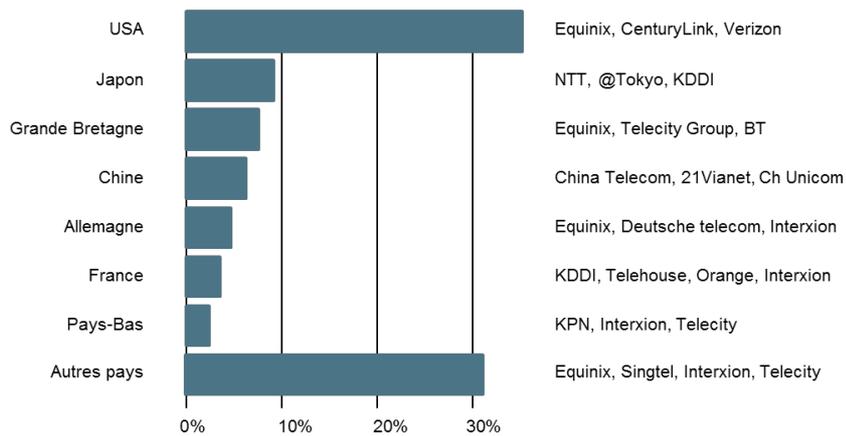


Figure 17 - Marché de la colocation en fonction des pays en 2014

¹³ Source : Polyconseil à partir de données <http://www.datacentermap.com>

¹⁴ 451 RESEARCH, Disponible sur <https://451research.com/market-monitor-forecast-enterprise-mobility-management>

- Sur le plan **géographique**, les plus gros centres de colocation sont situés dans les 9 villes suivantes : Tokyo, Hong-Kong, Singapour, Londres, Francfort, Amsterdam, New York, Washington, Silicon Vallée. Ces places représentent une surface totale d'environ 3,6 millions de m² dédiée aux équipements. Plus de 60% des projets d'expansion et de construction de *carrier hotel* sont à ce jour localisés en Amérique du Nord.

Pour illustrer les disparités géographiques, la figure suivante représente les places où le marché de colocation est le plus important en termes de surface cumulée. La ville de Johannesburg (la plus importante place en Afrique à ce jour) y a été ajoutée à titre de comparaison.

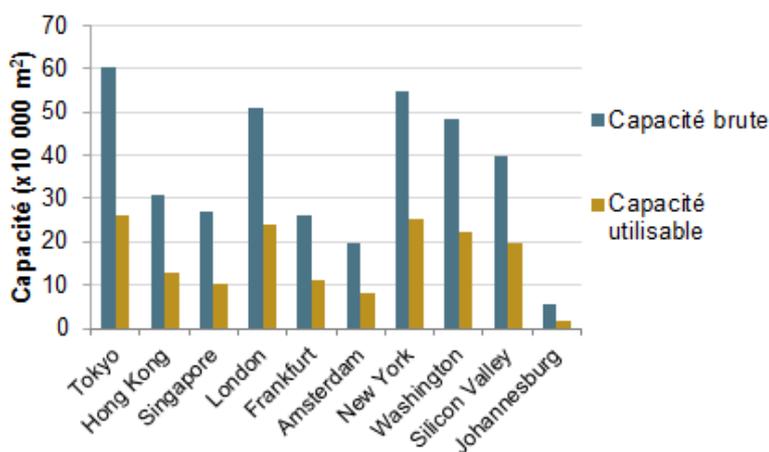


Figure 18 - Les marchés de colocation les plus importants en termes de surface en comparaison avec celui de Johannesburg
 Source : Telegeography

Dans le schéma ci-dessus, la **capacité utilisable** désigne la surface opérationnelle pour les clients du centre de colocation : espaces serveurs (baies), salles de transit, salles dédiées aux points d'entrées des opérateurs télécoms, *Meet Me Room*. La **capacité brute** désigne la surface du bâtiment (surface au sol x nombre d'étages) c'est-à-dire la capacité utilisable à laquelle il faut ajouter les espaces de contrôle et d'accès, les salles électriques, les salles dédiées au refroidissement, etc.

2.5.2 Cartographie des centres de colocation en activité en Afrique

Le panorama du marché mondial de la colocation montre que l'**Afrique reste en retrait** par rapport aux autres continents. Sur plus de **3500 centres de colocations dans le monde** recensés par datacentermap.com, seuls **55** sont localisés en Afrique dont 19 en Afrique du Sud. Les autres centres de colocation sont répartis sur un nombre limité de pays : Angola, Djibouti, Egypte, Ghana, Guinée, Kenya, Libye, Maroc, Maurice, Nigeria, République Démocratique du Congo, Tunisie.

Une **corrélation** peut être observée : la plupart des pays africains hébergeant un centre de colocation possèdent également un IXP. Cela suggère que le lancement d'un IXP est un facteur précurseur du développement des données et de leurs usages, ce qui engendre à son tour un besoin en services de colocation. Plus généralement, les IXP et les *carrier hotels* adressent, nous l'avons vu, les mêmes catégories de client.

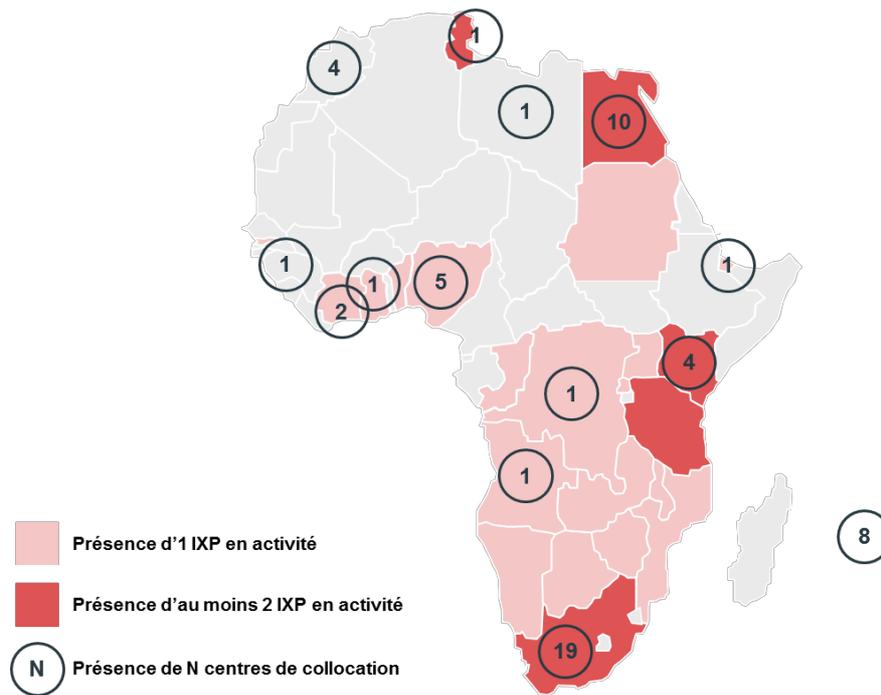


Figure 19 - Corrélation entre les pays hébergeant des centres de collocation et ceux ayant des IXP
 Source : Polyconseil, à partir de données datacentermap.com, Packet Clearing House et recherches Internet

2.5.3 Zoom par région en Afrique

La présente étude s'intéresse aux *carrier hotels* neutres, un sous-ensemble des centres de collocation. En Afrique, ce marché peut être divisé selon 4 régions : l'Afrique du Sud, l'Afrique de l'Est, l'Afrique de l'Ouest, et l'Afrique du Nord.

Afrique du Sud

L'Afrique du Sud est le pays leader en termes de services de collocation et en nombre d'IXPs. Parmi les fournisseurs de services de collocation, on retrouve notamment :

- Business Connexion BCX (qui fournit principalement des services d'hébergement).
- Internet Solutions (IS) avec 8 *datacenters*.
- Les opérateurs télécoms (Telkom SA, Vodacom, MTN et Neotel).

Teraco semble être le seul acteur à opérer des *carrier hotels* neutres. Cet acteur opère 3 *carrier hotels* à Cape Town (CT1), Durban (DB1) et Johannesburg (JB1), où en plus des services de collocation, des solutions de **peering gratuit** via NAPAfrica *Internet Exchange* sont disponibles.

On retrouve également plusieurs centres de collocation à Maurice et un en Angola.

Afrique de l'Est

Le marché de la collocation en Afrique de l'Est est essentiellement concentré au Kenya. Parmi les fournisseurs de services de collocation figurent :

- L'**East Africa Data Center** opéré par KDN (actuellement Liquid Telecom Kenya) qui est un *carrier hotel* neutre et fonctionnel depuis 2013. Il s'agit du premier *datacenter Tier III* en Afrique de l'Est et Afrique Centrale.
- Le centre de collocation d'AccessKenya lancé en 2013.

- Les *datacenters* de Safaricom.
- SublimeIP propose également une colocation Tier II à Nairobi.

Parmi les autres pays en Afrique de l'Est, on retrouve le **Djibouti Data Center**, seul centre de colocation à Djibouti. C'est un *carrier hotel* neutre qui héberge également le Djibouti Internet Exchange (DJIX).

Afrique de l'Ouest

Le marché de la colocation en Afrique de l'Ouest est **dominé par le Nigeria**, avec :

- Le MTN Business Lagos Datacenter.
- Le *datacenter* Marina de Broadbased Communications Limited.
- Le *datacenter* Tier III de **Rack Centre**, qui est un *carrier hotel* neutre.
- Le **Lagos Datacenter** ouvert en janvier 2015 sous le contrôle du hollandais Venema Advies, qui est un *carrier hotel* neutre.
- Le centre de colocation Tier III de MainOne ouvert en janvier 2015 et annoncé comme le plus grand *datacenter* de l'Afrique de l'Ouest.

Au **Ghana**, RackAfrica semble d'être le seul *carrier hotel* neutre opérationnel. Le gouvernement du Ghana a annoncé la construction d'un *datacenter* national **NITA** en 2011 pour répondre au besoin des organisations publiques et privées. Fin 2014, le Ministre des Télécommunications du Ghana a annoncé la mise en service du *datacenter* pour 2015.

Par ailleurs, en **Côte d'Ivoire** et en **Guinée**, MTN a inauguré des centres de colocation de nouvelle génération en juin 2014. MTN semble avoir défini une stratégie orientée vers les centres de colocation. Toutefois, des difficultés récentes, au niveau des résultats du groupe, amèneront peut-être une inflexion de cette stratégie.

Parmi les projets notables de centre de colocation en Afrique de l'Ouest, nous pouvons mentionner celui mandaté par Airtel (eDataCenter) en **Sierra Leone**¹⁵. Construit par Flexenclosure, les services offerts par ce futur centre de colocation restent à préciser.

Afrique du Nord

Plusieurs centres de colocation sont en activité dans le Maghreb, par exemple :

- GPX Global Systems en Egypte.
- Le centre de colocation Tier III de Sublime IP à Casablanca (Maroc).
- Le centre de colocation HotOWeb au Maroc.
- Le centre de colocation Tier III de N+ONE au Maroc.
- L'EODatacenter en Tunisie.

La neutralité de ces centres de colocation n'est pas clairement établie, si bien qu'il est difficile de les considérer comme des *carrier hotels*.

Prenant en considération les caractéristiques du Togo et les particularités des *carrier hotels* existants, nous étudierons par la suite les *carriers hotels* neutres et en particulier ceux hébergeant un IXP. Plus précisément, des *carrier hotels* situés en Afrique du Sud, au Kenya et au Ghana feront l'objet d'une étude de cas.

¹⁵ IT NEWS AFRICA, *Airtel deploys next generation data centre in Sierra Leone*, Mai 2014, Disponible sur <http://www.itnewsafrika.com/2014/05/airtel-deploys-next-generation-data-centre-in-sierra-leone/>

2.6 Définition et énumération des indicateurs utilisés

Dans les pays étudiés, les indicateurs décrits ci-après ont été recherchés.

2.6.1 Indicateurs sur le pays

Pour obtenir des éléments de contexte sur la connectivité du pays hébergeant le *carrier hotel*, les données suivantes ont été recherchées lorsque cela n'avait pas déjà été réalisé dans les études de cas des IXP.

Catégorie	Indicateur	Définition / Précisions
Macro-économie	PIB	Données 2013 exprimées en milliards US\$
	Nombre d'habitants	Données 2013 exprimées en millions
	Nombre de foyers	Données 2013 exprimées en millions
Marché des télécoms	Opérateurs fixes présents	Données 2014, parts de marché associées
	Opérateurs mobiles présents	Données 2014, parts de marché associées
	Taux de pénétration mobile	Données 2014, rapport entre le nombre de clients « mobile » et le nombre d'habitants
	Taux de pénétration 3G/ 4G et croissance 2013-2014	Données 2014, rapport entre le nombre de clients 3G ou 4G et le nombre d'habitants
	Taux de pénétration fixe	Données 2014, rapport entre le nombre de clients « fixe » et le nombre de foyers
	Licences 3G, 4G et WiMAX	Données 2014
Connectivité télécom	Nombre de câbles sous-marins connectés au pays	Données 2014
	Liaisons terrestres internationales en fibre optique	Données 2014, seuls les pays frontaliers sont recensés
	Liaisons terrestres nationales	Longueur de fibre optique déployée, en fonction de l'information disponible
	Prix liaison sous-marine	En fonction de l'information disponible, exprimée en US\$/Mbps/an
	Bande passante internationale consommée	Données 2013 exprimées en Gbps
	Nombre d'IXP dans le pays	En activité

2.6.2 Identification du *carrier hotel*

Catégorie	Indicateur	Définition / Précisions
Désignation	Nom complet	
	Abréviation	
Localisation	Pays	
	Ville	
	Adresse	
	Site web	URL
Ouverture	Date d'ouverture	Date à laquelle le <i>carrier hotel</i> a été mis en service

2.6.3 Indicateurs sur le *carrier hotel*

Catégorie	Indicateur	Définition / Précisions
Généralités	Taille	Exprimé en m ²
	Taux d'occupation	Exprimé en %
	Taux de disponibilité garanti	Exprimé en %
	Réseaux disponibles sur site	
	Densité de puissance par baie	Exprimé en kVA/baie ou kW/baie selon les données transmises, les deux unités étant égales lorsque le serveur dispose d'un dispositif de correction du facteur de puissance (PFC)
	Présence de support sur site 24 heures sur 24, 7 jours sur 7	
	Possibilité d'accès 24/7 pour les clients	
	Présence de <i>Meet Me Room</i>	
Clients	Typologies de clients	Opérateurs de câbles sous-marins
		Opérateurs télécoms, fournisseurs de réseaux et d'accès Internet
		Fournisseurs de contenu
		Fournisseurs de solutions IT (intégrateurs de systèmes) et applications
		Entreprises financières
		Autres entreprises (y compris celles ayant un siège social dans un pays limitrophe)
		Entreprises fournissant le service de colocation au sein du <i>carrier hotel</i>
Services fournis	Location d'espace	Baies, cabinets, suites, bureaux
	Hébergement	Location de serveurs
	Surveillance	Mesures de sécurité (badge, vidéosurveillance, etc.)
	Connectivité Internet	Le <i>carrier hotel</i> joue un rôle d'intermédiaire entre le client et les fournisseurs de réseaux
	Interconnexion (<i>cross-connect</i>)	Connexions directes par câble entre deux acteurs présents dans le <i>carrier hotel</i>
	Internet Exchange Point	Le <i>carrier hotel</i> propose un <i>switch</i> permettant aux membres connectés de réaliser du <i>peering</i>
	Interconnexion cloud	Similaire à l'IXP
	Services d'assistance à distance (<i>Remote Hands</i>)	Services d'intervention à distance par le personnel du <i>carrier hotel</i> sur demande des clients
	Conseil et assistance	Assistance technique sur mesure pouvant couvrir plusieurs sujets : installation, design, câblage

2.7 Étude de cas de *carrier hotels* situés en Afrique

2.7.1 RackAfrica (Ghana)

Contexte du pays



Pays membre du Commonwealth, le Ghana se situe dans le golfe de Guinée entre le Togo et la Côte d'Ivoire. Bien que sa croissance économique ait ralenti ces dernières années, le Ghana fait partie des économies les plus performantes du continent africain. Malgré la présence de points forts tels que l'industrie pétrolière, le secteur de la construction ou encore l'agriculture, le secteur des services représente désormais plus de 50% du PIB, preuve du développement économique du Ghana.

Le système parlementaire est unicaméral avec un Parlement comptant 275 membres élus pour une durée de 4 ans. Le président du Ghana est également élu pour 4 ans par la population.

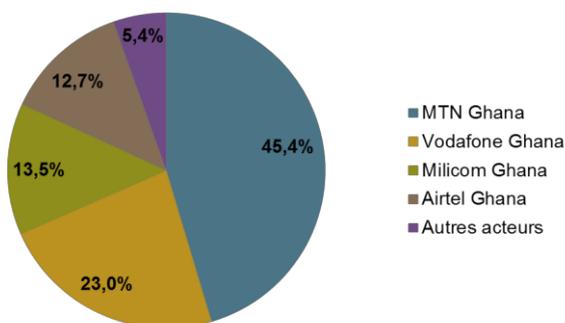
Données clés - Ghana

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Accra	 42,7 Md \$	 25,6 M	 6,8 M

Aperçu du marché des télécoms au Ghana

Le **marché mobile** du Ghana est un des plus dynamiques dans la région d'Afrique de l'Ouest. En atteste le taux de pénétration mobile qui est passé de **2% en 2003** pour atteindre **115% en 2014**, bien au-dessus des moyennes régionales (de l'ordre de 78%). Le marché compte ainsi 29,8 millions de lignes en septembre 2014. Le marché est presque intégralement réparti (à 99,6%) entre **5 opérateurs** : MTN Ghana, Vodafone Ghana, Milicom Ghana, Airtel Ghana et Glo Mobile Ghana. Ces 5 opérateurs sont d'ailleurs les seuls à proposer les services **3G** (sur la base de la technologie CDMA). A ce moment, seul l'opérateur Surflin Communications a déployé un réseau **4G** même si d'autres déploiements sont prévus (par Vodafone Ghana et Glo Mobile Ghana).

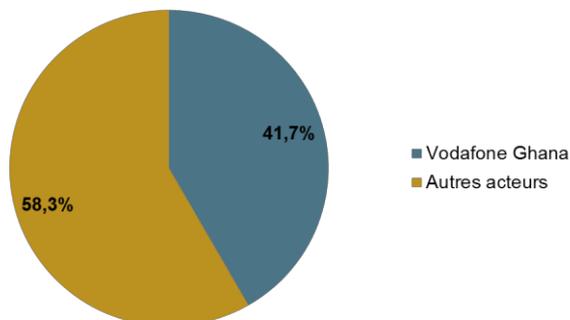
Part de marché par opérateur mobile (septembre 2014)



Taux de pénétration mobile	114,5%
Croissance abonnés mobile	+ 8,3%
Taux de pénétration 3G/4G	31,7%
Croissance abonnés 3G/4G	+ 26,3%

En comparaison du marché mobile qui continue à croître, le **marché de l'Internet fixe** et du **haut-débit** du Ghana reste relativement **peu développé** avec un taux de pénétration de l'ordre de 1%. Vodafone est le principal acteur avec près de 42% de part de marché. Le reste du marché est partagé entre plusieurs acteurs : iBurst Ghana, iWay Ghana, InternetGhana, Broadband Home, Blu Telecoms. La plupart des FAI utilisent (entre autres) des **technologies sans fil** (WiMAX pour Broadband Home, InternetGhana et iWay Ghana ; TD-LTE pour Blu Telecoms et Broadband Home ; BFWA pour Vodafone Ghana) pour connecter leurs clients à Internet.

Part de marché par opérateur fixe (septembre 2014)



Taux de pénétration fixe

1,0%

Croissance abonnés fixe

+ 7,0%

D'un point de vue de la connectivité internationale, il y a **5 câbles sous-marins** connectés au Ghana (ACE, GLO-1, Main one, SAT-3, WACS). Par ailleurs, le Ghana est connecté en fibre optique terrestre au Togo et au Burkina Faso. La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 33,5 Gbps en 2013.

Le Ghana possède **1 IXP** en activité à Accra : Ghana Internet Exchange (GIX). L'IXP devait prochainement être hébergé dans le *carrier hotel* de RackAfrica.

Contexte de RackAfrica

RackAfrica		
Ouverture	Adresse	Site web
		
2011	42 Ring Road Central Accra	www.rackafrica.com

Opérationnel depuis 2011, RackAfrica a pour ambition de devenir le « *datacenter* neutre n°1 en Afrique de l'Ouest ».

RackAfrica en résumé

Taille	NC
Taux d'occupation	NC
Taux de disponibilité	99,8%
Réseaux disponibles sur site	Câbles sous-marins, opérateurs et FAI
Densité de puissance	4 kW par baie
Assistance à distance	Oui
Accès	24/7/365
<i>Meet Me Room</i>	NC

RackAfrica en détails

RackAfrica - Points forts à retenir

- *Carrier hotel neutre.*
- *Datacenter Tier III.*
- Connexion à **GIX**.
- Présence importante d'**opérateurs** et de **FAI**.
- Plusieurs **options de location** d'espace serveur et de bureau.

Localisation, accès et connectivité

Le *carrier hotel* est situé dans un quartier d'affaires à Accra où se concentrent plusieurs organisations publiques et privées, ainsi que l'IXP du Ghana (GIX) qui devrait prochainement être hébergé au sein de RackAfrica.

RackAfrica héberge les PoPs (*Points of Presence*) de tous les **câbles sous-marins** desservant le pays (MainOne, WACS, ACE, GLO et SAT-3). Outre les opérateurs télécoms nationaux du premier plan (GLO1, MTN, Expresso, Tigo, Vodafone, Airtel Ghana), le *carrier hotel* héberge 4 fournisseurs d'accès Internet (Busylnternet, Ecoband, Comsys et Teledata).

Infrastructures

Le *carrier hotel* dispose d'une **redondance** importante dans les systèmes d'alimentation en électricité, de refroidissement et de connectivité.

En termes d'alimentation de secours en énergie, RackAfrica dispose de **2 groupes électrogènes** de 3 000 kVA et 92 kVA avec un stockage de carburant assurant une **autonomie de 3 jours** à charge complète. Le système UPS est redondant et offre une alimentation de 60 kVA. En outre, une redondance existe dans les PDU et l'alimentation des baies. Chaque baie standard de 42 U peut supporter une puissance consommée de 4 kW.

Le système de refroidissement est construit sur le principe de « *cold corridor* » et présente également une redondance.

Plusieurs mesures de sécurité d'accès sont utilisées : vidéo surveillance, contrôle 24/7, présence d'agents de sécurité, accès biométrique, etc.

Clients

RackAfrica accueille une grande variété de clients :

- Des **acteurs de la connectivité** : tous les opérateurs de câbles sous-marins desservant le pays, les opérateurs télécoms nationaux du premier plan, les FAIs nationaux, mais également des **opérateurs étrangers** comme PCCW Global (Corée) et Alink Telecom (Côte d'Ivoire).
- Des entreprises spécialisées dans les **services IT** telles que Keyzone Group et Skylite Communications.
- Des entreprises du secteur de la **finance** comme Oak Financial Services, Stallion Trust, IC Securities, Trader-Net Group (Grande-Bretagne), Negotiated Business Trust (Afrique du Sud).
- Des **institutions** comme Ashesi University, IPMC College of Technology, Grameen Foundation.
- Des entreprises spécialisées dans les **jeux d'argent** (Safaribet, Lottery Services Ghana).

Services

Différentes **options de location** existent chez RackAfrica : les clients peuvent louer des baies complètes ou partielles (jusqu'à 1U) ou encore des suites privées pour déployer leur propre *datacenter*. La location d'une baie complète avec 4 kW coûte mensuellement 1 950 US\$, montant auquel il faut ajouter 500 US\$ (paiement unique) au titre de l'installation. La location d'une baie partielle d'1U occasionne un coût d'installation similaire et engendre 250 US\$ de facturation mensuelle.

RackAfrica propose également des services d'hébergement de serveurs, basés sur des solutions de serveurs virtuels.

Des **espaces de bureau** de différentes tailles sont disponibles à la location pour assurer une continuité de l'activité d'un client en cas de sinistre dans ses propres locaux. Cette location comprend alors l'électricité, la climatisation et la connectivité.

La connexion Internet de clients est assurée soit à travers le service de connectivité auprès de RackAfrica, soit à travers les interconnexions privées (*cross-connects*).

2.7.2 Teraco (Afrique du Sud)

Contexte du pays

Voir l'étude de cas JINX (paragraphe 1.6.3) dans laquelle le contexte du pays est décrit.

Aperçu du marché des télécoms en Afrique du Sud

Voir l'étude de cas JINX (paragraphe 1.6.3) dans laquelle le marché des télécoms est décrit.

En termes de *datacenters* en général et plus particulièrement de centres de colocation, le marché d'Afrique du Sud est le plus **développé** en Afrique, grâce à un niveau relativement élevé du développement d'infrastructures et des usages TIC du pays.

Des services de colocation sont disponibles auprès de plusieurs opérateurs de *datacenter*. Parmi eux, **Teraco** est un acteur du premier plan et semble être le seul à disposer de *carrier hotels neutres*.

Contexte de Teraco

TERACO (Cape Town)		
Ouverture	Adresse	Site web
 2009	 Corner Parkland & Alexander Street, Cape Town	 www.teraco.co.za

Teraco opère **3 carrier hotels neutres** en Afrique du Sud : CT1 à Cape Town, JB1 à Johannesburg et DB1 à Durban.

Teraco en résumé	CT1 - Cape Town	JB1 - Johannesburg	DB1 - Durban
Ouverture	2009	2010	2011
Taille	3 000 m ² (bâtiments) 1 339 m ² (baies)	6 000 m ² (bâtiments) 2 509 m ² (baies)	2 000 m ² (bâtiments) 933 m ² (baies)
Taux d'occupation	30%	60%	20%
Taux de disponibilité	99,999% (énergie) et 99,99% (climatisation)		
Réseaux disponibles sur site	Opérateurs locaux, câbles sous-marins, FAI		
Densité de puissance	De 1,1 kVA à 3,3 kVA par cabinet (circuit AC de 32 A par cabinet)		
Assistance à distance	Oui : support de bas niveau (<i>Remote Hands</i>) et de haut niveau (<i>Smart Hands</i>)		
Accès	24/7/365		
<i>Meet Me Room</i>	Oui		

Teraco en détails

Teraco - Points forts à retenir

- *Carrier hotels* neutres.
- *Datacenters* **Tier III** répondant aux standards internationaux.
- Hébergement d'**IXP** et existence d'une plateforme d'**échange cloud** pour faciliter les échanges et ventes de services entre clients.
- **Connectivité élevée** des *datacenters* (câbles sous-marins, opérateurs locaux) avec un large choix concernant le type de support de connexion (fibre, cuivre, sans fil).
- Présence importante d'**opérateurs** et de **FAI**.
- Plusieurs **options de location** d'espace serveur et de bureau.

Localisation, accès et connectivité

Les *carrier hotels* de Teraco sont localisés dans les régions du pays de **forte densité** en matière de *datacenters* concurrents. Cela s'explique par la présence de **boucles en fibre optique** des fournisseurs de réseaux majeurs du pays (par exemple Telkom, Neotel, Broadband Infracore et Dark Fibre Africa). Les *datacenters* de Teraco sont de plus connectés avec tous les **câbles sous-marins** présents dans le pays. A titre d'exemple, un *PoP* (point de présence) du câble SEACOM est localisé dans le *carrier hotel* CT1 à Cape Town.

Les 3 *carrier hotels* hébergent un **IXP** : à Cape Town et Johannesburg avec le NAPAfrica Internet Exchange Point (NAPAfrica) et à Durban avec le Durban Internet Exchange (DINX). Cela facilite l'échange Internet entre les opérateurs et toutes les autres entreprises au sein de *datacenter*. De surcroît, le *carrier hotel* de Johannesburg devrait prochainement héberger un point de présence du Johannesburg Internet Exchange (JINX).

Tous les *carrier hotels* Teraco disposent de *Meet Me Rooms* où les locataires peuvent facilement s'interconnecter.

Infrastructures

Les infrastructures des *carrier hotels* ont été construites pour assurer une **redondance N+1**.

Pour l'alimentation électrique, 2 arrivées alimentent les *carrier hotels*, avec des groupes électrogènes en secours et des réservoirs de carburant jusqu'à **15 heures d'autonomie** en charge maximale. L'autonomie des batteries du *datacenter* est de l'ordre de **20 minutes**. Une baie standard dans les *carrier hotels* Teraco est

alimentée avec 1,1 kVA (sachant qu'une puissance plus importante est envisageable) et en *dual feed-up*. Une baie typique mesure de 47U de hauteur, avec des espaces additionnels pour l'aération et le câblage.

En termes de refroidissement, le système a également une **redondance N+1** et a été construit selon le principe d'alternance entre allée chaude et allée froide.

En termes de connectivité, les *carrier hotels* disposent de **plusieurs points de pénétration** : 3 à Johannesburg et 2 à Cape Town. Des **Meet Me Rooms** (MMR) sont présentes dans les 3 *carrier hotels*, avec différents degrés de redondance : 3 MMR séparées à Johannesburg, 2 à Cape Town et une seule à Durban.

Comme tous les *datacenters* en général et les *carrier hotels* en particulier, la **protection** anti-incendie est intégrée dans tous les aspects de la construction et de l'exploitation : surveillance et détection automatique, procédures de d'exercices et de prévention, séparation des réservoirs de carburant, séparation des zones de protection et de suppression d'incendie, gaz retardant, etc.

Plusieurs mesures sont employées afin de **sécuriser l'accès** aux *datacenters* : vidéosurveillance, présence de multiples zones d'accès avec plusieurs niveaux de sécurité, système de suivi des entrées), demandes d'accès à prévoir en avance, détecteurs de mouvement, etc.

Clients

Sur l'ensemble de ses trois *datacenters*, Teraco possède de l'ordre de 190 clients parmi les suivants :

- Des acteurs de la **connectivité** : tous les opérateurs et FAI locaux ainsi que quelques opérateurs internationaux.
- Des **fournisseurs de contenu**, à la fois locaux et internationaux (y compris Google).
- Des entreprises spécialisées dans les **services IT**.
- Des entreprises dans le **secteur financier** (par exemple Crédit Suisse).
- D'autres entreprises comme Bauer Technologies SA (génie civil).

Parmi les clients, certains fournissent également des services de colocation au sein des *carrier hotels* de Teraco. Des services d'hébergement qui ne sont pas fournis par Teraco existent ainsi chez certains de ses clients.

Les *carrier hotels* de Teraco attirent également plusieurs entreprises des pays avoisinants. Selon Teraco, outre la neutralité de ses centres de colocation, la présence des fournisseurs de contenu est un des facteurs majeurs de son attractivité.

Services

Comme pour la majorité des *carrier hotels*, la **location** constitue le cœur de métier de Teraco. Selon leurs besoins, les clients peuvent louer des suites ou des baies selon différentes options. Le prix de location varie en fonction de l'option choisie et du besoin associé. A titre d'exemple, la location d'une baie de 47U avec une puissance minimale (1,1 kVA) pour une durée de 36 mois coûte mensuellement 11500 rands (~ 995 US\$) et 5015 rands (~ 434 US\$) en frais d'installation. Ce prix n'inclut pas la TVA locale, qui est de l'ordre de 14%.

En termes de connectivité, le service d'**interconnexion** (*cross-connect*) est disponible à la demande du client. Ce service est facturé au travers d'un tarif d'installation et un tarif mensuel. Seules les interconnexions privées gérées par Teraco sont autorisées dans le *datacenter*. A titre d'exemple, la mise en place d'une interconnexion coûte 1335 rands (~ 116 US\$) en frais d'installation et 330 rands (~ 29 US\$) en frais mensuel pour un lien en cuivre ou encore 470 rands (~ 41 US\$) pour une connexion en fibre optique.

Appliquant strictement le principe de **neutralité** d'un *carrier hotel*, Teraco n'offre pas d'autres solutions de connectivité. Les services de connexion Internet sont offerts par plusieurs clients au sein des *carrier hotels*. Outre la possibilité d'échanger du trafic avec les partenaires souhaités à travers des connexions directes, les clients peuvent accéder au **marché ouvert de peering** de NAPAfrica, qui est un tiers indépendant de Teraco.

Teraco offre gratuitement l'accès au service Africa Cloud eXchange, lancé en 2012.¹⁶ Ce service permet aux fournisseurs de services de cloud de proposer leurs services auprès des autres clients hébergés au sein du *carrier hotel*.

Les **services d'assistance** à distance de bas niveau, appelé *Remote Hands*, sont disponibles à la demande du client, ainsi que ceux de haut niveau appelés *Smart Hands*. Ces services permettent aux clients d'utiliser à distance le personnel des *carrier hotels* pour la réalisation de différentes tâches sur leurs infrastructures.

Teraco n'offre pas de service d'assistance ou de conseil sur le déploiement ou le design d'infrastructures et des équipements, sauf concernant la colocation. Ces services (par exemple design de déploiement de *footprint* ou management de déploiement) sont inclus dans les frais de colocation.

2.7.3 East Africa Data Centre (Kenya)

Contexte du pays

Voir l'étude de cas KIXP (paragraphe 1.6.4) dans laquelle le contexte du pays est décrit.

Aperçu du marché des télécoms au Kenya

Voir l'étude de cas KIXP (paragraphe 1.6.4) dans laquelle le marché des télécoms est décrit.

S'agissant de **datacenters**, outre les réalisations du secteur privé, des projets à l'initiative du **gouvernement** ont été annoncés. En 2011, le gouvernement du Kenya a annoncé un plan visant à construire 3 *datacenters*¹⁷ via un mécanisme **PPP** (Partenariat Public-Privé), le premier GDC (pour *Government Data Center*) servant à centraliser la gestion de données de l'Etat, le deuxième servant comme centre de secours en cas de sinistre du premier, et le troisième (*National Data Center*) qui est le plus grand parmi les trois et destiné à tous les types de clients.

Contexte d'East Africa Data Centre (EADC)

East Africa Data Centre		
Ouverture	Adresse	Site web
		
2012	Mombasa Road Nairobi	www.eastafrica datacentre.com

Lors d'un communiqué de presse en 2011, Dan Kwach, alors Chef de Produit Data Center de Kenya Data Networks (KDN - opérateur et fournisseur d'infrastructure du premier plan dans le pays, acheté par Liquid Telecom Group en 2013 et rebaptisé Liquid Telecom Kenya par la suite), et actuellement Directeur Général d'EADC, soulignait le **besoin croissant du Kenya** et de la région en matière de **datacenters**, fruit de plusieurs facteurs :

¹⁶ DATACENTER DYNAMICS, *Teraco Launches cloud exchange*, Mai 2012, Disponible sur : <http://www.datacenterdynamics.com/focus/archive/2012/05/teraco-launches-cloud-exchange>

¹⁷ CIO AFRICA, *Kenyan Government to launch 3 data centres*, Novembre 2011, Disponible sur <http://cio.co.ke/news/main-stories/Kenyan-Government-to-launch-3-data-centres>

- Augmentation des **usages mobiles** et des **applications** dédiées.
- Développement de **services de cloud**.
- Besoin en *datacenters* pour les institutions et les entreprises, dont le cœur de métier n'est pas lié à l'informatique ou aux données. A titre d'exemple, les **établissements bancaires** sont contraints (par la banque centrale du Kenya) de posséder des centres de récupération des données en dehors de leurs locaux, en cas de sinistre.
- Intérêt des entreprises **étrangères** pour héberger leurs *datacenters* dans le pays.

Le *carrier hotel* développé par KDN, qui est nommé East Africa Data Centre (EADC), a été conçu pour répondre à ce besoin croissant en *datacenter*.¹⁸ Bien qu'étant désormais contrôlé par un opérateur de télécommunications, EADC demeure un centre de colocation neutre.

EADC en résumé	
Taille	2 000 m ² (baies)
Taux d'occupation	50%
Taux de disponibilité	99,982%
Réseaux disponibles sur site	Tous les fournisseurs de premier plan
Densité de puissance	4,5 kW par baie
Assistance à distance	Oui
Accès	24/7/365
<i>Meet Me Room</i>	Oui

EADC en détails

EADC - Points forts à retenir

- *Carrier hotel neutres*.
- *Datacenter Tier III* répondant aux standards internationaux (TIA-942).
- Hébergement du Kenya Internet Exchange Point (**KIXP**).
- *Datacenter* relié aux **câbles sous-marins** et aux principaux fournisseurs de réseaux locaux.
- Assistance à distance et support en continu (services de *Remote Hands gratuits*).

Localisation, accès et connectivité

Le *carrier hotel* est localisé dans le centre commercial Sameer Industrial Park à Nairobi. Outre les accès aux réseaux des opérateurs nationaux, le *datacenter* est relié en fibre à différents pays voisins (Ouganda, Tanzanie, Rwanda, Burundi, Ethiopie et Somalie selon la brochure de l'EADC) ainsi qu'à différentes stations de câbles à Mombasa.

L'EADC héberge le **Kenya Internet Exchange Point (KIXP)**, ce qui facilite le *peering* entre les opérateurs et toutes les autres entreprises hébergées dans le *datacenter*. Le *carrier hotel* dispose d'une *Meet Me Room* pour laquelle les raccordements sont sujets à différentes politiques de tarification.

Infrastructures

¹⁸ CIO AFRICA, *Data centers industry emerging in Kenya*, Mai 2011, Disponible sur <http://www.cio.co.ke/news/main-stories/Data-centers-industry-emerging-in-Kenya>

L'EADC occupe un **bâtiment spécifiquement construit** selon les standards de *datacenter* avec une sécurité renforcée. C'est une différence notable avec certains *datacenters* de la région qui partagent un bâtiment avec d'autres locataires, qui peut compromettre la sécurité. Parmi les mesures de sécurité de l'EADC, figurent par ailleurs des détecteurs de métaux, un accès biométrique et un système de vidéosurveillance (CCTV).

Le *carrier hotel* s'étend sur 4 étages pour une surface totale de 2000 m². Chaque étage peut accueillir jusqu'à 160 baies, garantissant une densité maximale d'une baie par 3 m². Les espaces sont conçus pour pouvoir mettre en place des baies d'une hauteur jusqu'à 47U. Chaque baie possède une puissance de 4,5 kW.

Le marché de la fourniture d'électricité au Kenya est dominé par un **monopole** : le Kenya Power and Lighting Company. Pour assurer la continuité de l'alimentation électrique, l'EADC dispose de **2 lignes** d'alimentation électrique de **5 MW** depuis différents réseaux, avec un chemin de distribution redondant. Les **groupes électrogènes** de secours assurent l'électricité du niveau N+1 et sont capables d'alimenter le *datacenter* à pleine charge pendant **48 heures**.

Clients

Les clients de l'East Africa Data Centre sont :

- Des **acteurs de la connectivité** : des opérateurs nationaux comme Jamii Telecom, Access Kenya, MTN, Wananchi Telecom, Orange Telkom, Safaricom ; des fournisseurs de réseaux internationaux comme SEACOM (opérateur de câble sous-marin), WIOCC (opérateur de câble), Tata Communications, CMC Networks, Liquid Telecom, Level3 Communications.
- Des **fournisseurs de contenu**.
- Des entreprises spécialisées dans les **services IT**.
- Des entreprises du **secteur financier**.

La plupart des noms des clients de l'East Africa Data Centre sont tenus secrets car le *carrier hotel* est soumis à un accord de non divulgation.

L'East Africa Data Centre attire non seulement les clients nationaux, mais également des entreprises dans les pays voisins, grâce aux standards de haut niveau du *datacenter*. Il s'agit alors d'entreprises cherchant des *PoP* sur le pays pour mieux servir leurs clients.

Parmi les clients du *datacenter*, certains fournissent également des services de colocation au sein de l'East Africa Data Centre. Ce sont les clients qui ont auparavant conclu un contrat de location de suites privés.

Services

La location constituant la principale source de revenus de l'EADC, **différentes options** de baies sont disponibles : demi-baie, baie complète et suite privée. Une location de baie complète (42U) coûte de l'ordre de 400 US\$ pour l'installation et 2 000 US\$ en frais mensuels (fourniture d'électricité comprise) ou 1 800 US\$ en frais mensuels sans l'électricité, frais auxquels il faut ajouter 16% de TVA locale.

En termes de connexion, le service d'interconnexion (*cross-connect*) est disponible pour 300 US\$ à l'installation et un frais mensuel de 100 US\$ par interconnexion mise en place (sans compter la TVA). Toutes les interconnexions doivent passer Liquid Telecom, propriétaire du *carrier hotel*, ce qui peut susciter des questions quant à la neutralité du *datacenter*.

Les locataires peuvent établir des contrats directement auprès des FAI se trouvant dans le *datacenter* ou demander la connectivité auprès de l'EADC. L'EADC joue dans ce cas le rôle d'intermédiaire. Ce service permet aux clients d'avoir une **facture** et un **interlocuteur uniques** pour tout problème de connectivité.

Les services d'assistance à distance de type *Remote Hands* sont **gratuits**, ce qui distingue l'EADC d'autres *carrier hotels*. D'autres services de conseil et d'assistance (par exemple concernant l'installation, le déploiement ou le design) sont disponibles sur demande.

Des espaces de bureau sont disponibles à la demande des clients.

2.8 Etude de cas de *carrier hotels* non situés en Afrique

2.8.1 Le cas général d'Equinix

Généralités

Equinix est un fournisseur international de services colocation du premier plan. Equinix opère plus de **100 datacenters** en Amérique, en Europe et dans la zone Asie-Pacifique avec un portefeuille de plus de 4500 clients et un chiffre d'affaires de 2,15 milliards de dollars US pour l'année 2013.

Les *carrier hotels* d'Equinix - Points forts à retenir

- **Neutralité** des *carrier hotels*.
- **Datacenters Tier III** répondant aux standards internationaux avec une sécurité renforcée.
- Grand nombre de **clients** dont opérateurs.
- Plusieurs **services de connectivité** proposés (y compris ceux des IXP).
- Une grande variété de **services d'assistance** et de support.

Clients

Les 5 types de clients catégorisés par Equinix sont présentés ci-dessous avec des exemples de clients notoires.

Clients Equinix				
Carriers, opérateurs et FAI	Fournisseurs de contenus et médias	Entreprises « Corporate »	Secteur financier	Fournisseurs de cloud et d'applications
AT&T, Level 3 Communications, NTT, Verizon Business	eBay, DIRECTTV, Facebook, Priceline, Tencent, Yahoo!, Zynga	Bechtel, Booz Allen Hamilton, Deloitte, the GAP, MacGraw-Hill	Bloomberg, NASDAQ OMX NLX, NYSE Technologies, JP Morgan Chase,	Accenture, Amazon Web Services, Box.net, Microsoft, NetApp, Salesforce.com,

Figure 20 - Typologie des clients d'Equinix

Services proposés

Equinix offre un large catalogue de services impliquant les trois volets identifiés dans le paragraphe concernant le modèle économique d'un *carrier hotel*.

- **Location d'espace et d'équipements.**
 - Location d'espaces opérationnels (suites privées), d'espaces de stockage et de cabinets : les clients sont libres d'acheter leurs équipements directement auprès de leurs propres fournisseurs et les disposent ensuite dans les espaces loués par Equinix. Les clients paient alors des frais d'installation ainsi qu'une charge mensuelle.
 - **Approvisionnement en électricité** : les clients paient un tarif mensuel correspondant à leur consommation électrique qui vient s'ajouter aux frais mensuels de location d'espace et d'équipements.
- **Vente de services liés à la connectivité.**

- Interconnexion (*cross-connect*) : ce service engendre des frais d'installation et une tarification mensuelle.
 - Services de connectivité Internet : au lieu d'avoir directement des contrats avec un ou plusieurs FAI, le client peut demander de la connectivité auprès d'Equinix pour n'importe quel fournisseur présent dans le même *carrier hotel*. Ce service est disponible dans les régions APAC et EMEA. Des frais d'installation ainsi qu'un prix mensuel sont facturés.
 - « *Metro Connect* » : ce service permet aux clients de s'interconnecter de façon « *seamless* » entre les différents *datacenters* d'Equinix, permettant ainsi de raccorder des serveurs d'une même entreprise dispersés sur plusieurs *datacenters* d'Equinix. Ce service donne lieu à des frais d'installation ainsi qu'à des frais récurrents mensuels.
 - Equinix Internet Exchange : connexion et *peering* avec d'autres clients à travers un switch central. Ce service engendre des frais d'installation et une tarification mensuelle.
- **Vente de services de gestion déléguée.**
 - Services *Smart Hands* : possibilité d'utiliser le personnel du *carrier hotel* sur une variété de tâches. Ces services sont facturés à l'heure d'intervention.
 - Services professionnels : installation des équipements et câblage. Ces services sont facturés en fonction des clients et de leurs besoins.

2.8.2 Telehouse 2 (France)

Contexte du pays

Voir l'étude de cas France-IX (paragraphe 1.7.1) dans laquelle le contexte du pays est décrit.

Aperçu du marché des télécoms en France

Voir l'étude de cas France-IX (paragraphe 1.7.1) dans laquelle le marché des télécoms est décrit.

Contexte de Telehouse Voltaire (TH2)

TH2		
Ouverture	Adresse	Site web
 1999	 137 Boulevard Voltaire 75 011 Paris	 www.telehouse.fr

Avec un espace total en colocation de 7 000 m², le site de Telehouse Paris Voltaire (également appelé Telehouse 2 ou TH2), propriété du groupe Telehouse-KDDI, est l'un des plus grands *datacenters* dans Paris. Il héberge notamment un point présence de l'IXP France-IX et il est estimé que **80% du trafic Internet direct** (via du *peering*) en France transite par ce *datacenter*.

TH2 en résumé	
Taille	7 000 m ² (baies)
Taux d'occupation	95%
Taux de disponibilité	99,982%
Réseaux disponibles sur site	Opérateurs du premier plan en France et à l'international
Densité de puissance	2 à 6 kVA par baie
Assistance à distance	Oui
Accès	24/7/365
<i>Meet Me Room</i>	Non

TH2 en détails

TH2 - Points forts à retenir

- *Carrier hotel neutre.*
- *Datacenter Tier III* avec une redondance importante.
- Hébergement de **plusieurs IXP**.
- Présence importante d'**opérateurs** et de **FAI**.
- Assistance et **support en continu** (services de *Remote Hands* et de *monitoring* gratuits).
- Plusieurs options de location d'espace : baies (complètes ou partielles), suites privées.
- Services d'**interconnexion** disponibles **sans paiement de frais récurrents**.

Localisation, accès et connectivité

Le *carrier hotel* est localisé au centre de Paris, facile d'accès par tous les moyens de transport. Hébergeant un très grand nombre d'opérateurs de télécommunication ainsi que des IXP, Telehouse Voltaire est un véritable **hub** primordial pour les télécoms en France.

Outre France-IX, les clients du *carrier hotel* peuvent se connecter directement à **plusieurs autres IXP** : PARIX, Equinix Paris, SFINX, PaNAP.

Telehouse Voltaire ne dispose pas de *Meet Me Room* mais envisage d'en créer une pour faciliter les échanges entre locataires. Cela permettrait par ailleurs de réduire le volume de **câblage** nécessaire.

Jusqu'à 100 Mbps, les clients peuvent demander un **accès Internet** auprès du *carrier hotel*. Pour une bande passante plus importante, les clients sont priés de se connecter directement avec les FAI présents dans le *carrier hotel* à travers les interconnexions.

Infrastructures

Le *carrier hotel* dispose *a minima* d'une **redondance N+1** dans les systèmes d'alimentation en électricité, de refroidissement et de connectivité.

En termes d'alimentation électrique, le *carrier hotel* est raccordé à **2 arrivées électriques** EDF 20 kV de **10 MW** chacune. Pour la redondance du système, **6 groupes électrogènes** de **2 MW** chacun assurent la fourniture d'électricité en cas de panne du réseau de distribution (redondance 2N+1), avec des réserves de carburant permettant de tenir jusqu'à 72h en charge maximale. Les **batteries** ont quant à elles une autonomie de 30 minutes à pleine charge et sont utiles en cas de bascule d'une source d'énergie vers une autre ou de panne électrique totale (réseau de distribution et groupes électrogènes hors service).

A TH2, une baie standard est alimentée avec une puissance de 2 kVA à 6 kVA en **dual feed-up**. Une baie typique mesure de 47 U de hauteur. Les armoires sont sécurisées et verrouillées individuellement.

En ce qui concerne le refroidissement, le système a également une redondance N+1 et a été construit selon le principe de *hot aisle/cold aisle* (alternance entre allée chaude et allée froide). En ce qui concerne la sécurité contre les incendies, du gaz FM200 peut être lâché afin d'étouffer l'oxygène. Le contrôle d'accès se fait par badge ; les visiteurs doivent présenter une carte d'identité et sont photographiés.

En termes de connectivité, le *carrier hotel* dispose de plusieurs points de pénétration (en anglais : *entry points*). Il a accès à la boucle locale parisienne en pied d'immeuble par le système de réseau principal. Le cheminement de câbles est effectué à travers un maillage interne et plusieurs routes sécurisées. Enfin, une terrasse dédiée au positionnement d'**antennes** est disponible, permettant aux clients d'installer une solution de connexion par satellite.

Clients

Telehouse Voltaire accueille une grande variété de clients :

- Des **acteurs de connectivité** : les grands opérateurs nationaux (Orange, SFR, Numericable-Comptel, Free, Bouygues Telecom) et internationaux (Verizon, Telefonica, OVH, BT, Deutsche Telekom, Eutelsat, Tiscali, Tata Communications, AT&T, Maroc Telecom, etc.).
- Des **fournisseurs de contenu** comme Google et Netflix.
- Des entreprises spécialisées dans les services IT.
- Des entreprises du secteur de la finance, du luxe ou d'autres industries, de tailles différentes (groupes du CAC 40 ou PME).

Services

La **location** demeure le cœur de métier de TH2. Les clients peuvent louer des suites privées ou des cages (location type DFM ou *Dedicated Facilities Management*) ou des baies à différentes options : ¼ baie, ½ baie ou baie complète (location type SFM ou *Shared Facilities Management*), pour une durée contractuelle minimale de 3 ans. Une location de baie complète (47 U) à la consommation minimale (2 kVA) coûte de l'ordre de 3 200 € (~ 3 872 US\$) pour l'installation (fourniture de PDU comprise), et 20 000 € (~ 24 197 US\$) en frais annuels.

En matière de connectivité, les clients peuvent demander un **accès à Internet** (jusqu'à 100 Mbps) auprès du *carrier hotel*, au titre duquel ils paient une facture mensuelle de 900 € (~ 1 089 US\$).

Des services d'**interconnexion** (*cross-connect*) sont proposés et établis après l'autorisation du *carrier hotel*. Seul un frais d'installation (paiement unique) est facturé. Ce frais est variable en fonction de la longueur du chemin de câble et du type de liaison (fibre, cuivre). A titre indicatif, une interconnexion en cuivre d'une longueur de 80 m coûte entre 800 et 1200 € (entre 968 et 1452 US\$). A la différence de beaucoup d'autres centres de colocation, mettre en place des interconnexions à TH2 n'engendre **aucun frais récurrent**, ce qui représente une économie importante pour les opérateurs et contribue à l'attractivité du *carrier hotel* auprès de ses clients.

Les services d'**assistance à distance** type *Remote Hands* sont **gratuits**. Le service de *monitoring* (suivi de la consommation énergétique) est disponible gratuitement sur demande du client. Un portail est disponible pour les clients afin de suivre l'état des lieux de leur contrat et de leurs demandes, l'ensemble étant géré par un système de tickets.

2.8.3 Telecity 3 (France)

Contexte du pays

Voir l'étude de cas France-IX (paragraphe 1.7.1) dans laquelle le contexte du pays est décrit.

Aperçu du marché des télécoms en France

Voir l'étude de cas France-IX (paragraphe 1.7.1) dans laquelle le marché des télécoms est décrit.

Contexte de Telecity Condorcet (TC3)

TC3		
Ouverture	Adresse	Site web
 2010	 10 Rue Waldeck Rochet 93 300 Aubervilliers	 www.telecitygroup.fr

Telecity Condorcet (TC3) est le dernier data center construit par TelecityGroup en France et représente selon le groupe « le *datacenter* le plus avancé en Europe, tant en termes techniques que de rationalisation de la consommation électrique ».

TC3 en résumé	
Taille	3 400 m ² (baies)
Taux d'occupation	NC
Taux de disponibilité	99,995%
Réseaux disponibles sur site	Grands opérateurs nationaux et internationaux
Densité de puissance	2 à 10 kVA par baie
Assistance à distance	Oui
Accès	24/7/365
<i>Meet Me Room</i>	Oui (2)

TC3 en détails

TC3 - Points forts à retenir

- *Carrier hotel neutre.*
- *Datacenter assimilé Tier IV* (sans la certification) dans sa philosophie de conception.
- Hébergement de **plusieurs IXP**.
- **Sécurité renforcée** pour la protection contre les incendies et pour l'accès physique.
- Présence importante d'**opérateurs** et de **FAI**.
- Assistance et **support en continu**.
- **Plusieurs options** de location d'espace : baies (complètes ou partielles), suites privées.
- Obtention de plusieurs **certifications qualité**.

Localisation, accès et connectivité

Le *carrier hotel* est localisé dans un nouveau quartier d'affaires aux portes de Paris. Il héberge un grand nombre d'opérateurs nationaux et internationaux et donne accès à plusieurs IXP : France-IX, FreeIX, PaNAP, FNIX6.

Par ailleurs, 2 points d'entrée physiques (situés aux deux extrémités du site) confèrent la possibilité aux clients de se raccorder de manière redondée au *datacenter*.

Par ailleurs, **2 Meet Me Rooms** adjacentes aux salles d'hébergement offrent des possibilités d'interconnexion rapides entre les locataires.

Le site de TC3 bénéficie de **plusieurs certifications** parmi lesquelles :

- ISO 9001 (management de la qualité).
- ISO 14001 (management environnemental).
- ISO 22301 (continuité d'activité).
- ISO 27001 (sécurité de l'information).
- ISO 50001 (management de l'énergie).
- OHSAS 18001 (sécurité au travail).
- PCI-DSS (sécurité des paiements).
- Agrément HDS (hébergement des données de santé).

Infrastructures

Le *carrier hotel* dispose d'une **redondance** importante pour les systèmes d'alimentation en électricité, de refroidissement, et de connectivité.

En termes d'**alimentation électrique**, le *carrier hotel* est alimenté avec **2 arrivées** EDF de **14 MW** chacune provenant de deux postes sources EDF différents (alimentés par deux centrales différentes). Le *datacenter* dispose de 10 groupes électrogènes de secours de 2 750 kVA (redondance 2N) avec un stockage de carburant assurant une autonomie de 72h à pleine charge. De surcroît, l'intégralité du système d'alimentation client (transformateurs, postes de livraison haute-tension, système de distribution haute-tension, postes de transformation HT-BT, onduleurs, etc.) est en redondance 2N ou 2(N+1).

Les systèmes de **climatisation** sont indépendants entre salles d'hébergement et salles techniques. Alors que les salles techniques sont refroidies individuellement par deux systèmes de *free cooling* indépendants et redondants en N+1, les salles d'hébergement sont refroidies avec 4 réseaux de refroidissement composés de groupes froids redondants en N+1. Les zones d'hébergement sont structurées avec alternance entre allée chaude et allée froide.

Le système de **protection anti-incendie** comprend la détection de fumée et de chaleur, un système de détection de début d'incendie via une analyse de l'air par technologie laser, des systèmes d'alertes à distance, etc. En cas d'incendie localisé, une solution à base de brumisateurs vaporise de l'eau sous pression pour contenir l'incendie sur une zone restreinte, là où est présent le départ du feu. Par rapport à des solutions habituelles à base de gaz FM200 envoyé sous pression pour supprimer l'oxygène de la pièce et ainsi étouffer le feu, le brumisateur n'est pas dangereux pour le personnel et ne risque pas d'endommager les disques durs en fonctionnement. Par ailleurs, les espaces d'hébergement, les salles techniques et les salles contenant les groupes électrogènes sont séparées entre elles par des structures coupe-feu de 2 à 4 heures. Plus particulièrement, l'espace d'hébergement est divisé en deux zones séparées (il s'agit presque de deux « sous *datacenters* ») par une structure coupe-feu de 2 heures.

L'accès physique est sécurisé par différentes mesures : badge, contrôle d'accès biométrique, détection de masses métalliques, vidéo surveillance, détection anti-intrusion, etc.

Clients

Parmi les clients de Telecity Condorcet, figurent :

- Des **acteurs de connectivité** : des opérateurs nationaux (Orange, SFR, Numericable-Completel, Bouygues Telecom, NRJ Mobile, etc.), et internationaux (Level3, Tata Communications, Omer Telecom, Colt Communications, Global Crossing, PCCW, etc.).
- Des fournisseurs de cloud comme Akamai ou Interoute.
- Des entreprises « *corporate* » dans différents secteurs (sous accord de non-divulgaration ou NDA).

Services

Différentes **options de location** sont disponibles : par baie (complètes ou partielles), ou suites privées. Les frais mensuels pour la location d'une baie de 4 kVA sont de l'ordre de 1000 à 1200 € (entre 1210 et 1452 US\$) auxquels il faut ajouter 2 662 \$ de frais d'installation. En ce qui concerne la connectivité, les clients peuvent avoir accès à une connexion Internet directement auprès de TC3 dans le cadre du service de connectivité multi-opérateur managé (*Multihome IP*) ou par des liaisons directes avec les fournisseurs de réseaux (via des *cross-connects*). Toutes les interconnexions passent par les *Meet Me Rooms*. Le prix de mise en place d'une interconnexion varie en fonction du type de câble et de la longueur du chemin de câble. Une connexion en fibre baie - *Meet Me Room* - baie nécessite typiquement 900 € (~ 1 089 US\$) en frais d'installation et engendre 40 € (~ 48 US\$) de facturation mensuelle.

TC3 propose également à ses clients un service de **transit IP** entre les **différents datacenters de TelecityGroup** en France et en Europe en fibre noire (France seulement) ou à travers le service MPLS (*Multiprotocol Label Switching*).

Enfin, des services d'**assistance à distance** (*Remote Hands*) sont également proposés par Telecity Condorcet. Ces services sont facturés soit par temps d'utilisation, soit sous forme d'un forfait inclus dans le contrat.

2.8.4 LuxConnect (Luxembourg)

Contexte du pays



Au regard du ratio PIB / nombre d'habitants, le Luxembourg est un des pays les plus riches du monde. Ayant une économie originellement concentrée autour de la fabrication d'acier, le Luxembourg s'est diversifié et est aujourd'hui davantage connu pour son secteur bancaire et financier. Ainsi, le pays a logiquement subi la crise financière de 2008 de plein fouet et observe depuis une croissance économique modérée (+2% par an en moyenne sur la période 2010-2014).

Le Parlement du Luxembourg est constitué d'une chambre de 60 députés élus pour 5 ans. Le premier ministre est quant à lui nommé par le grand-duc du Luxembourg, généralement après des élections législatives et pour une durée indéterminée.

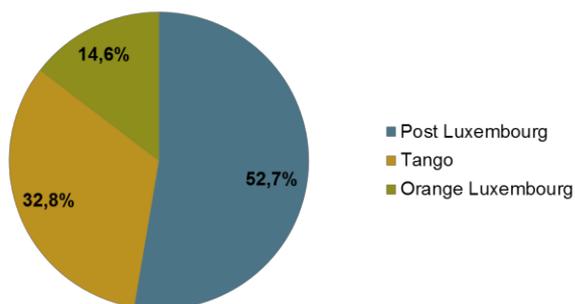
Données clés - Luxembourg

Capitale	PIB	Habitants	Foyers
 Luxembourg	 60,5 Md \$	 0,5 M	 0,2 M

Aperçu du marché des télécoms au Luxembourg

Concernant le **secteur mobile**, le Luxembourg possède un des taux de pénétration les plus élevés du monde (supérieur à 150%) ce qui s'explique notamment par deux raisons : la présence de nombreux **travailleurs transfrontaliers** (n'habitant pas au Luxembourg) et l'usage assez répandu de **2 cartes SIM par personne** (pour séparer les usages professionnels des usages privés). Le marché est assez **concentré** avec la présence de 3 opérateurs mobiles qui ont tous déployé des **réseaux 3G et 4G**. Toutefois, plusieurs opérateurs virtuels (MVNO) ont été lancés au Luxembourg.

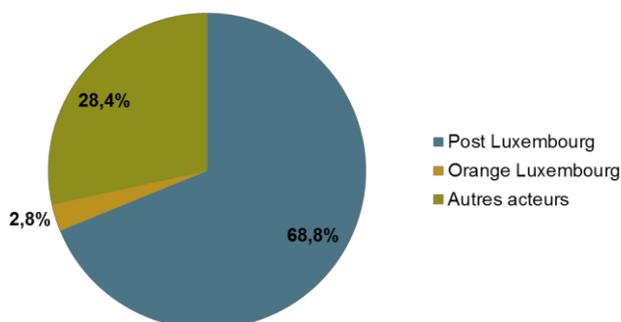
Part de marché par opérateur mobile (hors MVNO, septembre 2014)



Taux de pénétration mobile	155,3%
Croissance abonnés mobile	+ 5,0%
Taux de pénétration 3G/4G	119,2%
Croissance abonnés 3G/4G	+ 34,2%

Le développement du **marché de l'Internet fixe** et du **haut-débit** du Luxembourg se situe dans la moyenne de ses pays voisins d'Europe de l'Ouest. Au sein de ce marché, l'**opérateur historique** Post Luxembourg (anciennement P&T Luxembourg) possède une position dominante. Près de 80% des abonnés sont connectés à Internet via une technologie **DSL** et environ 11% via le **câble**. Le déploiement de réseaux de **fibre optique** par Post Luxembourg, Luxembourg Online et Tango profite à ce jour à environ 9% des abonnés.

Part de marché par opérateur fixe (septembre 2014)



Taux de pénétration fixe	76,1%
Croissance abonnés fixe	+ 2,9%

N'ayant pas d'accès à la mer et donc d'accès direct à un câble sous-marin, le Luxembourg est interconnecté en **fibre optique terrestre** avec ses pays frontaliers : France, Belgique, Allemagne. La bande passante internationale consommée par le pays s'élève à 471,1 Gbps en 2013.

Début 2015, le Luxembourg possède **1 IXP en activité** après la fusion des 2 IXP LIX (Luxembourg Internet eXchange) et LU-CIX (Luxembourg Commercial Internet eXchange). Le nom de LU-CIX a été conservé après l'opération de fusion.

Contexte de LuxConnect

LuxConnect (Bettembourg 1)

<p>Ouverture</p>  <p>2009</p>	<p>Adresse</p>  <p>4, rue A. Graham Bell Luxembourg</p>	<p>Site web</p>  <p>www.luxconnect.lu</p>
--	--	--

Contrairement à de nombreux *carrier hotels* qui sont purement de nature privée, LuxConnect est une société commerciale détenue par l'**Etat du Luxembourg** dont la mission consiste à promouvoir et supporter le développement des TICs au sein du pays. Au Luxembourg, LuxConnect opère 3 *datacenters* et un quatrième est en cours de construction (DC 1.3 à Bettembourg) :

LuxConnect	DC 1.1 - Bettembourg	DC 1.2 - Bettembourg	DC 1.3 – Bettembourg	DC 2 - Bissen/Roost
Ouverture	2009	2011	Prévue mi 2015	2012
Taille	10 000 m ² (bâtiments) 3 100 m ² (baies)	4 500 m ² (bâtiments) 1 300 m ² (baies)	23 500 m ² (bâtiments) 5 500 m ² (baies)	21 000 m ² (bâtiments) 4 800 m ² (baies)
Taux d'occupation	~100%	~100%	N/A	Presque complet
Clients	1/3 finance, 1/3 industrie, 1/3 e-commerce & TIC (y compris les opérateurs télécoms)	Secteur e-commerce & TIC	N/A	1/3 finance, 1/3 industrie, 1/3 e-commerce & TIC (y compris les opérateurs télécoms)
Taux de disponibilité	99.999%	99.999%	99.999%	99.999%
Classification	Tier IV	Tier IV	Tier IV (certaines salles sont de Tier II pour les clients n'ayant pas besoin de redondance)	Tier IV (certaines salles sont de Tier II pour les clients n'ayant pas besoin de redondance)
Réseaux disponibles sur site	Plusieurs opérateurs & carriers	Plusieurs opérateurs & carriers	N/A	Plusieurs opérateurs & carriers
Puissance totale	2 x 6,3 MVA	2 x 6,3 MVA	2 x 10 MVA	2 x 11,3 MVA
Densité de puissance	Variée, conçue par les partenaires	Variée, conçue par les partenaires	Variée, conçue par les partenaires	Variée, conçue par les partenaires
Assistance à distance	Oui	Oui	Oui	Oui
Accès	24/7/365	24/7/365	24/7/365	24/7/365
Meet Me Room	Oui	Oui	Oui	2-3

Les *carrier hotels* DC 1.2 et DC 1.3 ont été construits pour des questions de capacité (les *datacenters* déjà existants avaient atteint un taux d'occupation maximal). D'autres part, ces *carrier hotels* ont pour objectif de répartir de façon pertinente les différents types de clients, comme montre par exemple la différence de segmentation de clients entre les *datacenters* DC 1.1 et DC 1.2. En fonction des clients, les prérequis technologiques peuvent en effet différer, à l'image de la densité de puissance par m².

Le *carrier hotel* DC 2 à Bissen/Roost a quant à lui été construit pour des questions de redondance : ce *datacenter* est principalement utilisé comme un système de redondance pour les clients de DC 1.1 et DC 1.2. Il existe cependant des clients propres à DC 2.

LuxConnect en détails

LuxConnect - Points forts à retenir

- *Carrier hotels* **neutres** avec un modèle *wholesale* strict
- *Datacenters* **Tier IV** répondant aux standards internationaux et **certifiés**
- Hébergement d'**IXP** pour faciliter les échanges et ventes de services entre clients
- **Connectivité élevée** des *datacenters* avec une redondance des *Meet Me Rooms* et des points de pénétration (*carrier rooms*)
- Aucun frais récurrent facturé pour les interconnexions (via des *cross-connects*)

Localisation, accès et connectivité

Les *carrier hotels* LuxConnect sont **certifiés** par l'Uptime Institute comme étant de **Tier IV**.

Chacun de ces *datacenters* possède un certain nombre d'éléments redondés :

- Présence de plusieurs **points de pénétration** par *datacenter* pour l'accès à la connectivité Internet.
- Présence d'au moins 2 ou 3 **Meet Me Rooms** par *datacenter*.
- Présence de 2 **carrier rooms** (points d'entrée des fibres depuis l'extérieur) par *datacenter*.

LuxConnect héberge 2 des 8 points de présence du **point d'échange Internet** LU-CIX, et figure par ailleurs parmi les 15 actionnaires de ce dernier.

Infrastructures

Les *datacenters* de LuxConnect possèdent une architecture électrique très **redondée**, conformément à leur statut de **Tier IV**. En ce qui concerne le secours électrique, les *datacenters* sont alimentés par des groupes électrogènes (au nombre de 8 sur le site DC 1.1) d'une puissance égale de 1 550 kW. Leur autonomie est de **48 heures** sachant que LuxConnect a signé des contrats avec ses fournisseurs pour un approvisionnement possible 24 heures sur 24, 365 jours par an. En fin de vie, l'autonomie des batteries permet d'alimenter un *datacenter* à pleine charge pendant **10 minutes** (contre 13 à 16 minutes quand les batteries sont neuves). Des tests dits de black-out (coupure complète d'électricité sur le *datacenter* et fonctionnement sur les groupes électrogènes pendant 48h) sont effectués 2 fois par an et des tests partiels (coupure d'électricité pour la moitié des bâtiments) sont effectués tous les mois. Chaque groupe électrogène est ainsi testé au moins 6 fois par an.

Pour la plupart des serveurs situés dans les *carrier hotels* de LuxConnect, le **système de refroidissement** repose sur le principe d'alternance *hot aisle / cold aisle*. Pour les espaces serveurs nécessitant une forte puissance (et donc dégageant davantage de chaleur), un système de *cold corridor* avec des portes a été mis en place.

En ce qui concerne la **sécurité**, un minimum de 5 portes verrouillées doit toujours être franchi pour accéder à des espaces serveurs de clients du *carrier hotel* depuis l'entrée du bâtiment. Des mesures complémentaires de sécurité viennent s'ajouter : présence de gardes, mise en place d'un système de badge, surveillance vidéo, présence de sas, etc.

Clients

Comme mentionné dans le tableau ci-dessus, LuxConnect possède des clients issus de divers secteurs, par exemple les télécommunications et plus généralement le secteur des TIC, la finance ou encore l'industrie.

Services

Comme précisé ci-dessous, LuxConnect poursuit un modèle *wholesale* B2B. Les services disponibles sont :

- **Location d'espace**

- Dans son modèle B2B, LuxConnect propose seulement la location de salles privées auprès de partenaires, qui sont par exemple des intégrateurs, des entreprises de Cloud et d'hébergement. Ces partenaires font ensuite l'interface entre les clients finaux et LuxConnect.
- **Connectivité**
 - LuxConnect offre des services de **cross-connect** avec un paiement unique (aucun frais récurrent n'est appliqué) : 575 \$ pour un raccordement en fibre optique. Le câblage (en fibre ou en cuivre) est mis en place par LuxConnect. Les clients du *carrier hotel* peuvent avoir l'accès Internet en contractant directement avec les opérateurs ou les *carriers* sur site. Des *carriers rooms* et *Meet Me Rooms* sont prévues à cet effet et pour faciliter les interconnexions. Le choix délibéré de LuxConnect de ne pas proposer directement de connexion à Internet réside dans les objectifs de cette structure qui cherche à soutenir le développement des TICs sans entrer en concurrence avec les acteurs déjà établis.
 - LuxConnect propose également un service de fibre noire (physique) sur le territoire du Luxembourg. En revanche, l'accès Internet est à demander directement auprès des carriers.
- **Services d'assistance**
 - Les services « *Hands on site* » (*smart hands / remote hands*) sont disponibles à la demande des opérateurs et des partenaires. Les clients payent un forfait de base pour accéder au service ainsi qu'une charge mensuelle en fonction du nombre d'heures d'assistance.
- **Portail** : un portail à destination des clients est en cours de construction.

3 Recommandations pour le projet Togo IXP/Carrier Hotel

3.1 Le contexte extrinsèque à l'IXP

Les recommandations présentées ci-après ont été effectuées en synthétisant les bonnes pratiques observées dans le cadre du présent benchmark, notamment en vue de rendre le futur IXP et *carrier hotel* du Togo **le plus attractif possible (localement et régionalement)**.

Cependant, au-delà de ces recommandations « intrinsèques » à ces infrastructures, il convient de rappeler que l'attractivité d'un IXP est directement liée au **volume de trafic** qui y est échangé. Or, le trafic échangé sera d'autant plus important que les togolais auront **accès à des offres Internet haut-débit** de bonne qualité et à des coûts abordables. Le contexte de marché du haut-débit sera donc primordial pour le développement de l'IXP et du *carrier hotel* : plus le taux de pénétration des services de connexion haut-débit sera élevé, plus le trafic sera élevé, et plus les autres IXP dans le monde souhaiteront se raccorder à l'IXP du Togo.

C'est pourquoi, la **poursuite du développement des infrastructures Internet locales** (notamment par le biais des technologies xDSL, FTTN, 3G, 4G) aura un rôle prépondérant à jouer pour l'attractivité de l'IXP du Togo. Il en va de même pour le *carrier hotel* : le développement du secteur et des usages engendrera la création de davantage de contenus locaux, créant ainsi des clients potentiels très pertinents pour le *carrier hotel*.

D'autre part, il est essentiel que la **bande passante internationale** soit proposée à **des prix compétitifs** pour les différents opérateurs. Le *carrier hotel* aura un rôle positif pour cette future structure : les acteurs des pays voisins (comme le Bénin ou le Burkina Faso) seront d'autant plus intéressés de rejoindre le *carrier hotel* qu'ils pourront y trouver de la bande passante à un coût suffisamment bas. Cela pourra passer par une négociation des tarifs auprès des fournisseurs de bande passante sur l'unique câble sous-marin accessible au Togo à ce jour (WACS), mais aussi par un effort pour attirer d'autres câbles sous-marins, et également l'étude des possibilités d'interconnexion à des prix compétitifs avec des pays voisins en fibre optique terrestre.

Il sera par ailleurs utile de mettre en place des **moyens techniques** pour optimiser la bande passante utilisée. Citons à ce sujet deux moyens principaux :

- Les **dispositifs de cache** : des serveurs de cache (en plus de ceux de Google ou d'autres fournisseurs de contenu) pourront permettre d'économiser une partie de la bande passante internationale, surtout s'il est observé que les internautes togolais visitent en grande partie le même contenu (sites web, vidéos, etc.) comme c'est le cas dans la plupart des pays.
- Les équipements permettant de sous-prioriser certains flux : il s'agit de sondes appelées « **Deep Packet Inspection** ». En sous-priorisant par exemple des services comme les téléchargements de films (type BitTorrent) ou l'envoi d'emails, au bénéfice d'autres comme les applications de communication instantanée (Skype par exemple) ou de navigation web et de *streaming*, il est possible de déplacer dans le temps une partie de la bande passante consommée, et donc de réduire les pics de consommation.

3.2 Aspects liés à l'IXP

Seront présentées ici les **recommandations** qui découlent des bonnes pratiques identifiées au cours du benchmark sur les IXP en Afrique et en Europe.

3.2.1 Structure de gouvernance

Les recommandations à retenir

- **IXP-1** : choisir un modèle de type non lucratif
- **IXP-2** : mettre en œuvre une institution publique dédiée à l'exploitation de l'IXP
- **IXP-3** : mettre en place un conseil d'administration comprenant membres publics et membres de l'IXP
- **IXP-4** : instaurer un système d'élection pour les membres non publics du conseil d'administration

Modèle à but non lucratif versus modèle orienté profits

Le lancement d'un IXP au Togo répond en premier lieu à un objectif d'**amélioration de la connectivité Internet** du pays. Les contraintes de rentabilité d'un IXP commercial en développement peuvent engendrer une tarification élevée, peu attractive pour de nouveaux membres et conserver les existants. Par ailleurs, il est important de mettre en œuvre un modèle garantissant la **neutralité** commerciale de l'IXP vis-à-vis de ses différents membres.

Pour ces raisons, Polyconseil recommande la **mise en place d'un modèle à but non lucratif**, sans présager du type de structure à développer.

Statut juridique de la structure

Sur la base d'un modèle à but non lucratif, **plusieurs solutions** sont envisageables :

- Association d'opérateurs et de FAI.
- Structure publique.
- Montage hybride avec une association ou une institution à but non lucratif qui contrôle à 100% une société commerciale.

Ne serait-ce que pour des questions d'efficacité du personnel, une **structure dédiée** à l'IXP est souhaitable. Comme il n'existe pas (encore) d'association regroupant les FAI au Togo, Polyconseil recommande la **mise en place d'une institution publique dédiée à l'exploitation de l'IXP**. Le Ministère des Postes et de l'Economie Numérique du Togo ou le régulateur (ARTP) serait alors en charge de la création de cet établissement. Ces éléments sont bien sûr à affiner en fonction de l'étude menée en parallèle, commandée par le Ministère des Postes et de l'Economie Numérique et concernant la mise en place d'une structure PPP.

Taille et composition du conseil d'administration

Selon les IXP étudiés, le nombre de membres du conseil d'administration varie généralement de 5 à 9 et semble plutôt être indépendant de la taille de l'IXP. La composition du conseil d'administration varie selon la structure juridique qui opère l'IXP.

Polyconseil recommande la **mise en place d'un conseil d'administration de 5 à 8 membres** comprenant :

- **1 ou plusieurs membres « administrateurs »** représentant l'Etat.
- **Plusieurs membres représentant les membres de l'IXP.**
- Si possible, **1 membre à titre individuel** (ne représentant ni l'Etat ni un membre de l'IXP), réputé pour son expertise et sa capacité à accompagner le développement de l'IXP de manière innovante, par

exemple le dirigeant d'une entreprise togolaise ayant une forte activité dans le domaine des TIC (sans pour autant être opérateur).

Si c'est bel et bien une structure publique qui exploite l'IXP, un membre administrateur devrait également être président du conseil d'administration. Ce membre serait nommé par l'administration publique dont dépend l'IXP.

Polyconseil recommande que les autres membres soient **élus par les membres de l'IXP** selon le principe égalitaire 1 membre = 1 voix.

Cette recommandation d'organisation pourra être affinée dans le cadre de la définition du fonctionnement de l'IXP (étape 4 du volet 2).

Enfin, Polyconseil recommande une **durée de mandat maximale de 3 ans** pour tous les membres du conseil d'administration (y compris l'administrateur).

La même remarque que précédemment s'applique ici : l'étude complémentaire PPP devra se prononcer de manière détaillée sur ces éléments.

3.2.2 Modalités de *peering*

Les recommandations à retenir

- **IXP-5** : mettre en place un mode de *peering* bilatéral
- **IXP-6** : inciter ou obliger tous les opérateurs télécoms à se raccorder à l'IXP
- **IXP-7** : proposer des ports 10 Mbps, 100 Mbps et 1 Gbps

Mode bilatéral versus mode multilatéral

Plutôt que de mettre en place un modèle de *peering* multilatéral qui pourrait à terme être contre-productif en vue d'attirer de gros clients étrangers, Polyconseil recommande la **mise en place d'un mode de *peering* bilatéral** (c'est à dire sans obligation de s'interconnecter à tous les membres raccordés à l'IXP) avec deux modes possibles (à choisir pour chaque membre) :

- **Ouvert** : le membre accepte par défaut de répondre favorablement à toute demande d'interconnexion avec n'importe quel autre membre qui en fait la demande.
- **Cas par cas** : le membre choisit explicitement les autres membres avec lesquels il veut s'interconnecter.

Si un tel mode de *peering* est mis en place, la structure de gouvernance de l'IXP devra inciter ses membres à se raccorder le plus possible entre eux, sans paiement d'une contrepartie.

Afin d'être le plus efficace possible, la politique de *peering* d'un IXP doit être la plus flexible possible et répondre au mieux aux besoins des membres de l'IXP. C'est pourquoi, des groupes fermés d'utilisateurs comprenant un certain nombre de membres volontaires peuvent être créés afin de mettre en place une politique de *peering* multilatérale, à plus petite échelle et entre membres consentants.

Indépendamment de la politique de *peering* mise en œuvre, dans le cadre du Togo où peu d'opérateurs coexistent, Polyconseil recommande au gouvernement togolais **d'inciter voire d'obliger tous les opérateurs locaux à se raccorder à l'IXP**. La valeur ajoutée de l'IXP et du *carrier hotel* réside en effet dans la présence de ces opérateurs.

Dimensionnement des ports proposés à la location

En 2013, la bande passante internationale consommée par le Togo s'élevait à **2 Gbps**. Sur la période 2013-2018, il est prévu que la croissance annuelle moyenne du nombre d'abonnés haut-débit soit de 28%¹⁹, ce qui laisse entendre un doublement de la bande passante internationale consommée d'ici trois ans.

Le trafic échangé dans un IXP étant une fraction de la bande passante internationale consommée (voir annexe 5 pour constater la corrélation entre ces deux facteurs) et au vu de la consommation actuelle de trafic Internet du Togo, Polyconseil recommande la **location de ports 10 Mbps, 100 Mbps et 1 Gbps**.

A très court terme, les ports 1 Gbps ne seront probablement pas utilisés à pleine capacité mais leur présence permettra **d'anticiper le développement des usages numériques** au Togo. En revanche, la présence de ports 10 Gbps n'est pas jugée utile à court-moyen terme.

Pays	Afrique du Sud	Canada	France	Kenya	Nigeria	Pays-Bas	Rwanda
Bande passante internationale (Gbps)	231,7	4 257,7	26 130,8	122,1	124,8	21 635,3	14,5
Ports disponibles dans l'IXP étudié	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps 10 Gbps	1 Gbps 10 Gbps 100 Gbps	1 Gbps 10 Gbps	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps 10 Gbps	1 Gbps 10 Gbps 100 Gbps	100 Mbps 1 Gbps

Tableau 4 - Bande passante internationale consommée dans les pays étudiés et ports proposés dans les IXP associés

3.2.3 Modèle économique

Les recommandations à retenir

- **IXP-8** : ne pas discriminer les prix en fonction de la nature des membres
- **IXP-9** : facturer les frais récurrents de façon mensuelle
- **IXP-10** : limiter la facturation de frais non récurrents
- **IXP-11** : ne pas facturer les services additionnels fournis par l'IXP et recommandés ci-après

Installation et location des ports

Des frais de location des ports seront facturés au titre du service d'interconnexion rendu aux membres. Afin de garantir une certaine neutralité et ne pas diminuer l'attractivité de l'IXP auprès d'une sous-catégorie de membres, Polyconseil recommande la **mise en application de prix ne variant pas selon la nature du membre**.

Par ailleurs, pour une plus grande facilité de gestion et d'adaptabilité des besoins d'un membre, Polyconseil recommande de **facturer ces frais de façon mensuelle**.

¹⁹ Source Telegeography

Il y a une **grande variabilité dans le pricing** de la location des ports et aucun résultat satisfaisant n'a pu être trouvé en tentant de corréliser les prix à des facteurs, macroéconomiques ou propres à l'IXP (se référer à l'annexe 6 pour observer différentes tentatives de corrélation). En pratique, trop de facteurs interviennent en effet dans les prix de location des ports constatés :

- **Modèle économique et état de développement de l'IXP** : selon que l'IXP soit à but non lucratif ou à portée commerciale, les tarifs pratiqués sont différents. Certains IXP en développement ont tendance à offrir la gratuité de leur port dans une optique d'attirer rapidement de nouveaux membres alors que d'autres ont un *pricing* élevé pour compenser le faible nombre de membres et pour couvrir la structure de coût. Par ailleurs, par philosophie, certains IXP importants pratiquent la gratuité (au moins pour le premier port). En résumé, il n'y a **pas de règle pré-établie**.
- **Dualisme du *business model* des IXP** : les deux principales sources de revenu d'un IXP sont généralement la location des ports et la cotisation mensuelle pour adhérer à l'IXP. Certains IXP peuvent alors avoir tendance à compenser le prix (de manière positive ou négative) de location des ports par celui de l'adhésion, rendant difficile toute comparaison.
- **Taux de change volatiles entre les monnaies** : la variabilité des taux de change rend difficile la mise sur une même échelle de tous les tarifs pratiqués. A titre d'exemple, le naira (Nigeria) et le rouble (Russie) ont respectivement perdu 10,6% et 34,4% de leur valeur par rapport au dollar US entre le 1^{er} octobre et le 31 décembre 2014 (soit en l'espace de seulement 3 mois).

A ce stade, l'analyse ne permet pas à Polyconseil de recommander précisément des prix de location pour les ports. L'identification des coûts opérationnels au travers de la construction d'un *business plan* (étape 3 du volet 1 & étape 6 du volet 2) donnera par la suite lieu à l'**établissement une grille de tarification plus précise** et permettant simplement de **couvrir la structure de coût de l'IXP**, sans chercher une performance financière particulière autre que le remboursement des investissements consentis dans un délai raisonnable.

Toujours dans des objectifs de simplicité de mise en œuvre et d'attractivité pour des membres potentiels, il est envisageable de **ne pas facturer de frais d'installation d'un port**, quitte à inclure ce coût dans la redevance mensuelle. Lors de la réalisation du *business plan*, l'impact d'un tel frais sur le modèle économique de l'IXP sera étudié afin de juger de sa pertinence.

Frais d'adhésion à la structure de l'IXP

Beaucoup d'IXP facturent des frais d'adhésion de façon mensuelle. La raison est que cela permet d'absorber certains frais de fonctionnement de l'IXP : frais de personnel et coûts d'exploitation (achat de bande passante internationale, maintenance, support, énergie, frais généraux). A ce stade, Polyconseil recommande de **facturer les frais d'adhésion de façon mensuelle** ; l'analyse économique permettra éventuellement d'affiner ce modèle.

De la même façon que pour prix de location pour les ports, il n'existe pas de facteurs permettant de calculer simplement les frais applicables pour l'adhésion à l'IXP. Ce sera l'objet de l'étude économique (étape 3 du volet 1 & étape 6 du volet 2), de faire en sorte que ces tarifs couvrent suffisamment les coûts opérationnels. Il sera par ailleurs vérifié que les tarifs déterminés ne sont pas complètement incohérents avec ceux pratiqués dans d'autres pays.

Dans la mesure où une redevance mensuelle est déjà perçue au titre de l'adhésion à l'IXP, Polyconseil recommande de **ne pas facturer de cotisation payante sous forme de paiement unique pour rejoindre l'IXP**. Certains IXP pratiquent cela, mais l'apport financier est négligeable, et la multiplication de frais serait de nature à décourager les membres potentiels.

Services additionnels

Polyconseil recommande de **ne pas faire payer de tarif supplémentaire** pour la fourniture des services décrits dans le paragraphe 3.1.5, même s'ils sont parfois payants chez d'autres IXP. D'une part, certains de ces

services sont des éléments qui confèrent à l'IXP son attractivité. D'autre part, les membres de l'IXP paieront déjà une redevance mensuelle au titre de leur adhésion à l'IXP : il suffira ainsi de déterminer le niveau des tarifs pour absorber les coûts associés à ces services. Facturer ces éléments supplémentaires complexifierait alors la grille tarifaire inutilement.

3.2.4 Hébergement et redondance

Les recommandations à retenir

- **IXP-12** : sélectionner un lieu neutre (vis-à-vis des différents opérateurs télécoms), facile d'accès et évolutif
- **IXP-13** : ne pas mettre en œuvre de redondance de l'IXP

Hébergement de l'IXP

Les différentes propriétés (emplacement bénéficiant d'une connectivité optimale, accès au réseau de distribution électrique, sécurité, etc.) que doit respecter le futur bâtiment seront abordées dans l'**étude d'implantation** prévue à cet effet (étape 1 du volet 2). Les contraintes à respecter ne découlent pas spécialement du benchmark des autres IXP, mais plutôt de considérations diverses :

- L'IXP doit être hébergé dans un lieu neutre, c'est-à-dire n'appartenant pas à un opérateur ou FAI.
- Ce lieu doit être évolutif pour soutenir la croissance future de l'IXP.

Redondance

Pour des considérations purement liées à l'IXP, Polyconseil recommande pour l'instant de **ne pas mettre en œuvre une redondance de l'IXP**. Dans la situation extrême où l'IXP serait totalement non opérationnel, le trafic pourrait toujours transiter d'un opérateur togolais à l'autre à travers la connexion internationale, et donc, au pire, en utilisant momentanément de la bande passante.

En revanche, en ce qui concerne le *carrier hotel*, il est possible que la création de deux PoP soit utile pour sécuriser la reprise d'activité en cas de sinistre. Cette éventualité sera ainsi étudiée dans l'**étude d'implantation** du *carrier hotel* (étape 1 du volet 2).

3.2.5 Services fournis par l'IXP

Les recommandations à retenir

- **IXP-14** : déployer un site Internet dédié à l'IXP et un portail intranet à destination des membres de l'IXP
- **IXP-15** : mettre en place des services DNS
- **IXP-16** : déployer des serveurs de cache
- **IXP-17** : mettre en place des serveurs *looking glass*
- **IXP-18** : proposer des services de synchronisation NTP
- **IXP-19** : mettre en place une infrastructure supportant le trafic IPv6

Site web, portail intranet et statistiques

La plupart des IXP disposent d'un **site web** et certains d'entre eux proposent en outre un **portail intranet**. Les IXP sont en perpétuelle recherche de nouveaux membres pour augmenter la valeur ajoutée de leur infrastructure. A ce titre, la présence d'un site web est utile pour fournir des informations importantes aux **participants potentiels de l'IXP**. D'autre part, la présence d'un intranet permet de cibler un autre type de public : les **clients de l'IXP**, dont les besoins sont différents et directement liés à l'utilisation de l'infrastructure.

En résumé, Polyconseil recommande la mise en place :

- D'un **site web dédié à l'IXP** présentant de manière publique les éléments suivants : structure de l'IXP et gouvernance, tarifs et procédure de connexion, membres déjà connectés, modalités de *peering* et autres règlements, services fournis gratuitement, configuration technique, statistiques de trafic globales, informations de contact et FAQ (*Frequently Asked Questions*), actualités sur le développement de l'IXP. Dans le cas d'un lancement d'un *carrier hotel* et d'un IXP, tous ces éléments pourront être regroupés dans un onglet d'un site web dédié à l'ensemble {*carrier hotel* + IXP}.
- D'un **portail intranet privé** permettant aux membres d'accéder à leurs statistiques de trafic par port loué, de faire des demandes (ajout de port par exemple) et de suivre les tickets d'incident.

Services DNS

L'optimisation de la latence pour les usagers passe d'une part par le *peering* local mais également par l'**optimisation des requêtes DNS** qui doivent être réalisées autant que faire se peut localement. C'est pourquoi, Polyconseil recommande la **mise en place de services DNS à deux échelles** :

- **Locale** : hébergement du ccTLD du Togo (domaine de premier niveau national) dans l'IXP, indépendamment de la gestion du nom de domaine par la structure ad-hoc, ce qui permettra d'assurer la résilience de l'accès aux sites en .tg.
- **Internationale** : hébergement d'une instance de serveur racine de premier niveau gTLD (domaine de premier niveau générique) pour avoir facilement accès aux domaines type .com, .org, etc.

Hébergement de serveurs de cache

La mise en place de serveurs de cache, qu'il s'agisse d'un cache local ou de celui d'un fournisseur de contenu (comme Google ou Facebook) permet d'**économiser** l'achat de bande passante internationale, tout en réduisant la **latence** pour les usagers. Polyconseil recommande donc la **mise en place de serveurs de cache locaux** et, une fois que l'IXP sera sur le point d'être lancé, de prendre contact avec les grands **fournisseurs de contenus** (notamment Google) pour discuter de leur volonté et intérêt d'installer leurs propres serveurs de cache dans l'IXP du Togo, en plus des caches locaux.

Comme montré, en annexe 4, la mise en place de **serveurs Google Cache**, a permis de démultiplier le trafic échangé au sein de certains IXP. Le trafic Google représente une proportion non négligeable de la bande passante consommée, si bien que Polyconseil a d'ores et déjà contacté Google afin de mesurer l'**intérêt** et les **conditions** de l'entreprise pour installer des serveurs de cache dans le futur IXP du Togo. Un résumé des points marquants de cet entretien est donné ci-dessous.

Conditions demandées par Google avant d'installer des serveurs de cache dans un IXP

La condition primordiale pour que Google déploie des serveurs de cache dans un IXP est la présence de la majorité des opérateurs télécoms et FAI au sein de l'IXP. Dans les pays où le nombre d'acteurs est peu élevé, comme au Togo, Google demande la **présence de tous les opérateurs télécoms et FAI au sein de l'IXP**.

Les autres conditions demandées par Google ne sont a priori pas un problème pour un IXP :

- De l'espace pour héberger 3 serveurs (jusqu'à 2U par serveur) doit être disponible.
- Un espace d'adressage IP doit être disponible pour le Google Cache (en /26 ou /27).
- Il faut mettre à disposition de Google 3 ports (d'une capacité au moins égale à 1 Gbps) pour se connecter au switch de l'IXP.

Le matériel envoyé par Google est constitué de 3 serveurs Dell R720 dont la puissance unitaire est de 400 W. Ces 3 serveurs permettent de gérer un trafic Google jusqu'à 10 Gbps.

Processus de mise en place d'un cache Google

Dès que les conditions mentionnées ci-dessus sont réunies, un IXP peut demander directement à Google la mise en place de serveurs de cache. Google s'occupe alors à ses frais de fournir et de faire livrer jusqu'à l'IXP les serveurs de cache et le logiciel associé.

Toutefois, l'IXP doit prendre à sa charge les coûts d'exploitation des serveurs de cache (hébergement, connectivité, électricité) sachant qu'ils sont principalement imputables à de la connectivité Internet. L'IXP devra en conséquence acheter de la bande passante pour connecter le cache à Internet et mettre à jour son contenu.

Ordre de grandeur du dimensionnement actuel du cache pour le Togo

Le trafic Google actuellement généré par le Togo est de l'ordre de 400 à 500 Mbps²⁰. Selon Google, la part qui pourrait être mise en cache serait de l'ordre de 300 Mbps.

Il faudrait alors acheter environ 75 Mbps de bande passante internationale pour alimenter les caches Google. Avec le trafic actuel du Togo, ce système permettrait donc d'économiser $300-75 = 225$ Mbps sur la bande passante internationale, ce qui n'est pas négligeable.

L'opération similaire pourra être négociée avec d'autres gros fournisseurs de contenus (Facebook, Twitter, etc.).

Hébergement de serveurs *looking glass*

Le déploiement de serveurs *looking glass* ne nécessite pas un investissement conséquent (comparativement à d'autres aspects) et permet aux membres d'obtenir des informations basiques sur le routage de l'information, facilitant d'éventuels dépannages. Polyconseil recommande ainsi la **mise en place de serveurs *looking glass*** dans le futur IXP du Togo.

Synchronisation NTP

Pour éviter les pertes de données et autres défaillances liées à un problème de synchronisation d'heure, Polyconseil recommande donc l'**hébergement de serveurs NTP**. Ces problèmes de synchronisation sont particulièrement importants lors des échanges d'informations sur les interconnexions voix entre opérateurs, générant des différences de reversement assez importantes et donc des conflits récurrents. Si tous les opérateurs sont connectés à l'IXP, il sera d'autant plus facile de les obliger à utiliser ce service pour assurer une synchronisation de tous les acteurs togolais.

Fourniture d'un espace d'adressage IPv6

En 2011, 26% des IXP dans le monde supportaient déjà l'IPv6 (source Packet Clearing House). Avec l'épuisement des adresses IPv4, Polyconseil recommande la **mise en place d'infrastructures compatibles IPv6** pour les futurs membres de l'IXP du Togo.

²⁰ Information fournie par Google

Roaming GRX

Les opérateurs mobiles existants ont déjà leur GRX pour assurer le service de *roaming data* (2G ou 3G). Changer de GRX représente un effort conséquent, et le bénéfice pour eux ne serait pas important, voire nul. En outre, la disponibilité de l'IXP deviendrait critique pour assurer ce service.

En conséquence, Polyconseil recommande de ne pas développer ce service, mais plutôt de contacter les GRX des opérateurs existants pour qu'ils se raccordent à l'IXP.

3.2.6 Echange de bonnes pratiques

Les recommandations à retenir

- **IXP-20** : participer à une conférence internationale permettant d'échanger des bonnes pratiques et d'assister à des formations

Plusieurs **événements** récurrents sont organisés en Afrique pour permettre à différents acteurs (FAI, gestionnaires et participants d'IXP, régulateurs, gouvernements, fournisseurs de contenu) de se regrouper et d'échanger autour des **bonnes pratiques** en matière de gestion d'infrastructures Internet. Ces événements sont donc l'occasion de partager le **retour d'expérience** d'acteurs déjà établis ainsi que de participer à des **formations** techniques sur des sujets spécifiques (comme la mise en place de l'IPv6).

Polyconseil recommande dans la mesure du possible de **faire participer quelques personnes du Togo** (de préférence des profils ingénieurs pressentis pour travailler au sein de l'IXP) à **l'un de ces événements**.

Parmi les événements envisageables, on retrouve :

- L'**Africa Internet Summit**²¹ (AIS), organisé par l'AFNOG (*African Network Operator's Group*) dont la prochaine édition se déroule à Tunis du 24 mai au 5 juin 2015.
- L'**African Peering and Interconnection Forum**²² (AfPIF), organisé par l'*Internet Society* généralement entre août et septembre (la date et le lieu précis de l'édition 2015 restent encore à préciser).

3.3 Aspects liés au *carrier hotel*

Toutes les premières recommandations précisées dans les paragraphes suivants seront affinées et détaillées lors du volet 2 qui comprendra notamment une étude technique du futur *carrier hotel*.

²¹ Voir <https://www.afnog.org/>

²² Voir <http://www.internetsociety.org/events/afpif>

3.3.1 Infrastructures, localisation et connectivité

Les recommandations à retenir

- **CARRIER-1** : construire un *datacenter* au moins de Tier III
- **CARRIER-2** : prévoir une *Meet Me Room*
- **CARRIER-3** : se raccorder aux opérateurs télécoms, au câble sous-marin et aux dorsales de fibres optiques locales et nationales
- **CARRIER-4** : héberger l'IXP du Togo
- **CARRIER-5** : obtenir des certifications qualité pour le *carrier hotel*

Infrastructures

La construction d'un *datacenter* d'**au moins de Tier III amélioré (voire de Tier IV)** est recommandée. Cela permettra au *carrier hotel* d'atteindre le **niveau de services attendu par les clients** (notamment concernant la sécurité et la disponibilité) et de **rivaliser avec les autres *datacenters*** récemment construits dans la région (comme ceux au Ghana ou au Nigéria). Ce niveau de qualité est d'autant plus recommandé que le *carrier hotel* pourrait avoir vocation à héberger les serveurs du gouvernement et des administrations de Togo.

Cela implique des prérequis spécifiques concernant le système d'alimentation, de refroidissement, de protection contre l'incendie et de sécurité. Ces détails seront affinés lors du volet 2.

A ce stade, l'analyse ne permet pas à Polyconseil de donner des recommandations sur l'**autonomie des systèmes de secours** (groupes électrogènes et batteries). Ce point dépend en effet des contraintes locales d'approvisionnement en électricité et sera affiné lors de l'étude terrain par l'expert TIC.

La présence d'une **Meet Me Room** est requise pour faciliter les échanges entre les locataires du *datacenter*. D'autre part, cela permet une meilleure gestion de câblage dans le *carrier hotel*, et ce d'autant plus que ce dernier accueille un grand nombre de locataires.

D'autres espaces comme les **salles de transit et de stockage** du matériel des clients sont nécessaires. Toutefois, la mise à disposition de bureaux à louer (espaces de travail) ou de salles de conférence n'est pas une priorité.

Connectivité

La connectivité est un élément essentiel pour un *carrier hotel*, non seulement pour les opérateurs ou les fournisseurs de contenu, mais également pour les entreprises multinationales. L'**hébergement des Points de Présence (PoP) des opérateurs du Togo, ou à défaut le raccordement à ces derniers** (de la façon la plus directe possible), est fortement recommandé.

De même, l'**hébergement des Points de Présence (PoP) des opérateurs de câbles sous-marins** (WACS à l'heure actuelle), **ou à défaut le raccordement à ces derniers** (de la façon la plus directe possible), est fortement recommandé. Au fur et à mesure que de nouveaux câbles sous-marins atterriront au Togo, il faudra veiller à ce que l'accès soit possible depuis le *carrier hotel*, soit en hébergeant directement la station d'atterrissage, soit en effectuant une connexion sécurisée à celle-ci.

Enfin, l'**hébergement de l'IXP** du Togo dans le futur *carrier hotel* sera un point positif pour l'attractivité de ce dernier. Par ailleurs, ne serait-ce que pour des questions de mutualisation de l'espace immobilier, l'hébergement de l'IXP au sein du *carrier hotel* fait sens. Enfin, l'IXP et le *carrier hotel* visent globalement les mêmes acteurs. Faire héberger l'IXP au sein du *carrier hotel* permet de répondre parfaitement aux différents points liés à la connectivité mentionnés ci-dessus.

Localisation

La localisation géographique du *carrier hotel* sera déterminée dans le volet 2 suite aux différentes études de terrain menées. Dans la mesure du possible, Polyconseil recommande de **localiser le *carrier hotel* dans un endroit facile d'accès** et près des quartiers d'affaires. Cela permettra d'attirer davantage de clients à venir s'installer au sein du *carrier hotel*, tant en raison de la facilité d'accès que de la visibilité des services.

L'utilisation d'un **bâtiment spécifiquement dédié**, bien séparé des autres services et commerces, est également recommandée pour assurer une sécurité optimale du *carrier hotel* et faciliter la montée en échelle des infrastructures à l'avenir.

De surcroît, la **connexion du *carrier hotel* aux dorsales de fibre optique de Lomé et nationales** apparaît comme étant nécessaire. Idéalement, le *carrier hotel* devrait être placé sur le tracé d'au moins une de ces dorsales, si elles existent actuellement : il est impératif que le raccordement à cette infrastructure soit facile pour n'importe quel opérateur, et se placer sur le parcours des dorsales optiques permet d'assurer cela.

Normes de qualité

L'obtention de **normes de qualité** est recommandée pour le *carrier hotel*. Cette mesure incitative est en effet un gage de confiance pour les clients. Quelques normes envisageables pour le Togo sont listées ci-dessous :

- Certification data center de **Tier III / Tier IV** selon un des standards répandus comme **TIA-942** ou **Uptime Institute**.
- **ISO 9001** portant sur la mise en place d'un système de management de la qualité dans un organisme, quel que soit sa taille et son secteur d'activité.
- **ISO 27001** portant sur la mise en place d'un Système de Management de la Sécurité de l'Information (SMSI).

En revanche, certaines normes mentionnées dans le benchmark ne paraissent pas utiles pour le *carrier hotel* au Togo :

- **PCI-DSS** (*Payment Card Industry Data Security Standard*) portant sur la sécurité de paiement par carte bancaire, ce qui est un élément important notamment pour les acteurs du secteur bancaire. Il s'agit d'un service particulièrement important pour tout ce qui concerne les achats en ligne. Il suffira que certains clients du *carrier hotel* soient PCI-DSS, ou que des fournisseurs de services PCI-DSS aient un point de présence dans le *carrier hotel*, pour répondre à cette requête.
- **ISO 14001** portant sur la mise en place d'un système de management environnemental au sein d'une organisation. Si le sujet environnemental est extrêmement sensible en Europe et en Amérique du Nord, justifiant de se concentrer sur ce problème, le contexte en Afrique en général et au Togo en particulier sera simplement de mettre en place des solutions techniques permettant de ne pas gaspiller l'électricité consommée. Il s'agira donc plutôt de bâtir une solution technique appropriée.

La liste définitive des normes recommandées sera transmise dans l'étude architecturale du volet 2 en fonction des contraintes locales et de l'ambition régionale du *carrier hotel* souhaitée par le gouvernement du Togo. Mettre en œuvre dès la construction du *carrier hotel* une démarche pour obtenir les normalisations ISO 9001 et ISO 27001 pourra avoir du sens, car cela permettra de poser d'emblée des processus adaptés à ces normes.

3.3.2 Services et tarification

Il est recommandé pour le *carrier hotel* d'offrir à la fois des services de location, de connectivité ainsi que des services complémentaires cités au paragraphe 2.4.3.

Les recommandations à retenir

- **CARRIER-6** : proposer différentes options de location d'espace serveur
- **CARRIER-7** : proposer des services de connectivité
- **CARRIER-8** : proposer des services d'assistance à distance
- **CARRIER-9** : proposer des services de supervision (NOC)
- **CARRIER-10** : déployer un site Internet dédié au *carrier hotel* et un portail intranet à destination des clients

Services de location

Il est recommandé au *carrier hotel* d'offrir les **options de location** d'espace suivantes :

- Location d'**espaces privés**.
- Location de **baie complète ou partielle**, pouvant descendre jusqu'à ½ baie. L'option de location de demi-baie est en effet importante pour les acteurs de petite taille ou pour ceux souhaitant expérimenter l'hébergement avant un déploiement à plus grande échelle. Descendre sur des niveaux inférieurs à la demi-baie devra être considéré uniquement après quelques années de fonctionnement du *carrier hotel*.

La pertinence de la **location de suites privées** sera plus particulièrement étudiée après l'étude du besoin spécifique du Togo (volet 1). Même si cette option est intéressante pour les entreprises souhaitant développer leurs propres *datacenters* et offrir leurs propres services de colocation au sein du *carrier hotel*, elle pourrait entraîner un coût d'investissement supplémentaire.

La consommation énergétique par baie est à affiner après l'étude d'opportunité (volet 1) et l'étude architecturale du *carrier hotel* (volet 2), car elle dépend en grande partie du besoin des clients potentiels. Polyconseil recommande au *carrier hotel* d'avoir **différents tarifs de location en fonction de la consommation électrique**. Cela se traduit par :

- Formule au forfait : soit un tarif de location par baie avec l'électricité incluse et plusieurs niveaux de consommation possibles.
- Formule à la consommation, soit un tarif de location par baie sans électricité et un tarif pour la consommation d'électricité à part. Ceci obligerait néanmoins la mise en place de compteurs électriques dédiés à chaque client concerné.

La recommandation de Polyconseil est de prévoir pour le démarrage uniquement une offre en formule au forfait, et de réserver la formule à la consommation dans un second temps pour d'éventuels gros clients intéressés. Cette option pourrait en outre être réservée aux clients prenant un espace privé par exemple.

A ce stade, l'analyse ne permet pas à Polyconseil de donner des **grilles tarifaires** pour ces services. Ces grilles tarifaires dépendent en effet du besoin et de la capacité financière des clients potentiels, ainsi que des coûts d'investissement et opérationnels nécessaires pour la construction et l'exploitation du *carrier hotel*. Le *business plan* de la structure permettra donc de proposer différentes options tarifaires.

Services de connectivité

Polyconseil recommande au *carrier hotel* d'offrir au moins les services de connectivité suivants :

- Services d'**interconnexion** (*cross-connect*). A ce titre, Polyconseil recommande que tous liens d'interconnexion soient mis en place par le *carrier hotel*, afin de garantir la bonne gestion de câblage et d'éviter les erreurs. Cela constitue également une source de revenu supplémentaire pour le *carrier hotel*. Il faut noter dans ce cas que le trafic ne passerait pas par l'IXP, mais en direct entre deux clients

du *carrier hotel* qui auront identifié un fort trafic entre eux, sans avoir besoin de tous les services proposés par l'IXP. L'IXP restera pertinent pour une connexion « à tout le monde ».

- Fourniture de **connexion à Internet**. Ce service est important pour les clients souhaitant avoir à faire face à un **guichet unique** pour toutes leurs prestations et pour ceux dont la consommation de bande passante n'est pas très importante.

Comme pour les services de location, les grilles tarifaires des services de connectivité seront déterminées à l'issue du volet 1 et réévaluées à la fin du volet 2.

Services d'assistance et de gestion déléguée

A *minima*, Polyconseil recommande la fourniture des services d'assistance suivants :

- Des services d'**assistance à distance** (*Remote Hands*) pour fournir aux clients une assistance à distance sur les tâches simples comme la vérification de l'état des serveurs (état : allumé versus éteint, affichage ou non d'un message d'erreur, etc.) ou le redémarrage des systèmes.
- Des services d'**accompagnement lors de l'installation** : dimensionnement des équipements, conseil et assistance au déploiement, etc.

Il est envisageable que ces services soient gratuits dans un premier temps, par exemple pour inciter les premiers clients à s'installer dans le *carrier hotel*. A plus long terme, ils peuvent être tarifés selon un contrat spécifique avec chaque client, par temps d'utilisation ou par forfait.

Comme pour les autres services, des propositions de grilles tarifaires des services d'assistance seront contenues dans le *business plan*.

Services de supervision déléguée

Le *carrier hotel* devra mettre en place une équipe de supervision avec présence en 24/7, pour assurer un fonctionnement sans faille (réagir en cas d'incident, assurer la sécurité des accès pour les clients à toute heure, etc.). Il sera donc naturel de proposer également aux clients des services de supervision de leurs applications installées sur les serveurs hébergés dans le *carrier hotel*. Cela passera nécessairement par l'installation d'outils de supervision, permettant de remonter les alertes nécessaires, et de former les équipes de supervision du *carrier hotel* à la gestion de ces alertes. Les offres devront être définies au cas par cas.

Il pourra être éventuellement étudié avec les opérateurs existants, qui disposent déjà de leurs équipes de supervision, si sous-traiter cette activité pourrait les aider à réduire leurs coûts de fonctionnement.

Portail intranet et site web

Ces pratiques étant répandues dans de nombreux *carrier hotels* et utiles pour les clients en vue de suivre l'état de leurs serveurs, leurs consommations énergétiques (et ce d'autant plus, si c'est un des paramètres de facturation), l'avancement de leurs demandes et la facturation, Polyconseil recommande la mise en place :

- D'un **site web dédié au *carrier hotel*** présentant de manière publique les éléments suivants :
 - Localisation.
 - Services fournis.
 - Brochure du *carrier hotel* avec les points forts et les détails techniques majeurs concernant l'alimentation électrique, le système de refroidissement, la protection contre l'incendie et la sécurité d'accès.
 - Certificats obtenus par le *carrier hotel*.

- Coordonnés pour contacter le *carrier hotel*.
- D'un **portail intranet privé** permettant aux membres de faire des demandes (vérification d'équipement par exemple), de suivre les tickets de gestion d'incident, d'accéder aux statistiques de leurs consommations énergétiques, de connaître les opérateurs ayant des Points de Présence dans le *carrier hotel* ou toute autre entreprise proposant des services au sein du *carrier hotel*.

3.3.3 Fonctionnement

Les recommandations à retenir

- **CARRIER-11** : instaurer une neutralité du *carrier hotel* vis-à-vis des opérateurs télécoms
- **CARRIER-12** : mettre en place une structure dédiée pour la gestion du *carrier hotel*

Neutralité

Polyconseil recommande fortement la **neutralité du *carrier hotel*** vis-à-vis des opérateurs télécoms et des fournisseurs de réseaux, ce qui implique d'attirer tous les opérateurs existants, ou en tout cas une large majorité.

Toutefois, cela n'implique pas que ces acteurs soient interdits de participer au financement du *carrier hotel*. En effet, plusieurs *carrier hotels* neutres en Afrique sont des propriétés de groupes de télécommunications, comme East Africa Data Center (EADC) qui appartient à Liquid Telecom Kenya, Rack Centre qui a été monté par Vodacom Business Nigeria et Rack Centre Africa, ou encore MDX-i au Nigeria qui est la propriété de MainOne.

Structure de gouvernance

La nature la plus pertinente pour la structure de gouvernance du *carrier hotel* sera identifiée par l'étude menée en parallèle, commandée par le Ministère des Postes et de l'Economie Numérique et concernant la mise en place d'une structure PPP.

Polyconseil recommande **une structure dédiée pour la gouvernance du *carrier hotel***. Cette structure comprendra *a minima* :

- Une équipe commerciale.
- Une équipe technique.
- Un conseil d'administration.

Le dimensionnement des équipes et les compétences nécessaires dépendront du périmètre d'activité et du nombre de clients potentiels du *carrier hotel*. Les fiches de compétences et la question d'externalisation ou d'internalisation des équipes seront abordées lors du volet 2.

Source de financement

Le critère de neutralité n'exclut pas la participation des opérateurs et des entreprises dans le financement du *carrier hotel*. Cette option pourra être envisagée compte tenu des objectifs de délai de mise en œuvre, du coût de construction, de la volonté des entreprises de participer à la construction du *carrier hotel*, ainsi que de la volonté du gouvernement togolais. Ces éléments seront abordés par la société ayant remporté l'appel d'offres émis par le Ministère des Postes et de l'Economie Numérique concernant la mise en place d'une structure PPP.

3.4 Mutualisation de certains aspects

Jusqu'ici nous avons considéré l'IXP et le *carrier hotel* comme étant deux entités distinctes. Dans la mesure où ces deux infrastructures ont vocation à être exploitées par la même structure, certains éléments méritent d'être repensés et à ce titre actualisés.

Les recommandations à retenir

- **GEN-1** : mettre en place deux structures de gouvernance distinctes pour l'IXP et le *carrier hotel*
- **GEN-2** : ne pas figer définitivement les structures de gouvernance de l'IXP et du *carrier hotel*
- **GEN-3** : ne pas introduire de concurrence entre l'IXP et le *carrier hotel*
- **GEN-4** : mutualiser le site Internet et le portail intranet de l'IXP et du *carrier hotel*

Structure de gouvernance

Dans la mesure où un IXP et un *carrier hotel* sont lancés, la question de l'unicité de la structure de gouvernance se pose.

Alors que dans le cas de l'IXP, la présence de représentants des FAI au conseil d'administration fait par exemple sens, ce n'est pas nécessaire le cas pour le *carrier hotel*.

Pour des questions de neutralité et de facilité de mise en œuvre si jamais le gouvernement du Togo souhaitait déléguer à un tiers l'exploitation du *carrier hotel*, Polyconseil recommande la **mise en place de deux structures de gouvernance** distinctes : une dédiée au *datacenter* et une dédiée à l'IXP. L'IXP serait alors un client du *carrier hotel*.

Par ailleurs, comme mentionné ci-avant, le lancement et la gestion de l'IXP et du *carrier hotel* du Togo par des institutions publiques semble être la solution privilégiée à court terme, notamment au regard d'objectifs d'amélioration de la connectivité Internet locale, de stimulation de la création de contenu local et de réduction des coûts pour tous les opérateurs télécoms. Néanmoins, à plus long terme, Polyconseil recommande de **ne pas figer définitivement (dans les esprits) les structures étant en charge de la gestion de ces infrastructures**. En effet, une fois ces infrastructures opérationnelles et bien établies, le gouvernement du Togo pourra considérer qu'il a rempli son rôle et éventuellement envisager de :

- Confier la gestion de l'IXP à une future association des opérateurs télécoms locaux.
- Privatiser le *carrier hotel*.

Bien évidemment, à ce stade, il est prématuré de fournir des recommandations définitives sur les structures de gouvernance à adopter à long terme pour les infrastructures Internet du Togo. Des études ultérieures pourront donc être réalisées par le gouvernement du Togo afin de choisir les solutions plus optimales en termes :

- D'attractivité, de prise en compte des intérêts de tous les opérateurs télécoms et de simplicité de gestion pour l'IXP.
- D'attractivité, de rentabilité et d'efficacité opérationnelle pour le *carrier hotel*.

Harmonisation du *pricing*

Les éléments de *pricing* devront être pensés pour éviter des phénomènes de concurrence néfastes entre l'IXP et le *carrier hotel*. A titre d'exemple, en établissant un prix d'interconnexion (via des liens de *cross-connect*) trop

bas (comparativement au prix de location des ports dans l'IXP) dans le *carrier hotel*, certains membres ayant un intérêt à se raccorder à l'IXP pourraient choisir de multiplier les liens de *peering* privé via le *carrier hotel*. En ayant moins de membres, l'IXP perd alors de sa valeur ajoutée.

La juxtaposition du *carrier hotel* et de l'IXP vient de surcroît renforcer toutes les recommandations effectuées concernant les services à proposer au sein d'un IXP. En dehors des considérations de prix et de simplicité de raccordement, la différence entre un IXP et une interconnexion via une *Meet Me Room* dans un *datacenter* réside en effet dans les services fournis par un IXP : économies de bande passante internationale grâce à la localisation de serveurs de cache, synchronisation NTP, services DNS, etc.

Site web et portail intranet

Pour mieux valoriser l'ensemble {*carrier hotel* + IXP}, Polyconseil recommande le lancement d'un seul et **même site Internet**. Ce site comportera des sections spécifiques à la partie *datacenter* et des sections dédiées à l'IXP.

D'un point de vue pratique, le **portail intranet** dédié aux clients du *carrier hotel* ou membres de l'IXP devrait dans l'idéal être unique (même si une séparation IXP / *datacenter* est réalisée au sein du portail). Cela évitera en effet aux membres clients à la fois du *carrier hotel* et de l'IXP de devoir se connecter à deux portails pour visualiser leur trafic échangé ou faire remonter des demandes. En veillant à ne pas établir une complexité liée à la gestion de ces deux structures, le ou les exploitants de l'ensemble {*carrier hotel* + IXP} inciteront de fait davantage de clients à adhérer à l'IXP et au *carrier hotel*.

Annexes

Annexe 1 : glossaire des termes techniques et abréviations courantes

BGP (*Border Gateway Protocol*) : protocole d'échange standardisé destiné à échanger des informations de routages entre Systèmes Autonomes (ou *Autonomous Systems*).

CCTV (*Closed-Circuit Television*) : synonyme de vidéosurveillance.

Cross-connect : dispositif physique permettant de faire transiter des informations entre les entités connectées au travers du réseau créé.

DNS (*Domain Name System*) : service permettant de traduire des noms de domaine (comme gouv.tg) en adresses IP des machines portant ce nom.

Dual feed : mécanisme permettant d'alimenter un serveur avec deux sources électriques indépendantes.

FAI (Fournisseur d'Accès Internet) : organisme délivrant une connexion à Internet à des utilisateurs finaux ou autres entités.

GRX (*GPRS Roaming Exchange*) : hub de connexions GPRS permettant aux opérateurs mobiles d'échanger du trafic sans avoir à s'interconnecter mutuellement deux à deux.

IPv6 : protocole réseau destiné à remplacer l'IPv4 dont l'espace d'adressage est limité en quantité.

Looking glass serveur : serveur accessible à distance permettant d'obtenir des informations relatives au routage de l'information.

Meet Me Room : endroit d'un centre de colocation où les opérateurs télécoms peuvent s'interconnecter et s'échanger du trafic sans payer de frais liés à l'utilisation de la boucle locale.

MVNO (*Mobile Virtual Network Operator*) : désigne un opérateur de téléphonie mobile ne possédant pas de concession de spectre de fréquences ni d'infrastructures propres et devant conclure des accords avec des opérateurs possédant un réseau mobile pour leur acheter un forfait et le revendre sous leur propre marque.

NOC (*Network Operations Centre*) : centre d'opération d'un réseau informatique, en charge de l'administration et du contrôle du réseau, de la surveillance des incidents et de l'administration des accès.

NTP (*Network Time Protocol*) : protocole permettant de synchroniser l'horloge locale de différents ordinateurs sur une même référence horaire, via /un réseau informatique.

Peering : pratique consistant à échanger du trafic Internet avec un pair.

PoP (Point of Presence) : décrit un point de présence, c'est-à-dire, l'existence d'un lieu physique permettant de se raccorder à une infrastructure télécom (IXP, câble sous-marin ou encore réseau d'un opérateur).

Rack Unit (U) : unité de mesure qui décrit la hauteur d'un équipement destiné à être monté sur plusieurs modules de 1,75 pouces.

UPS (*Uninterruptible Power Supply* ou Alimentation Sans Interruption en français) : dispositif électronique comportant un système redresseurs-batteries-onduleurs (souvent résumé à son composant principal, l'onduleur), permettant de fournir un courant alternatif stable et dépourvu de coupure électrique.

TLD (*Top Level Domain*) : désigne un nom de domaine de premier niveau. On parle de gTLD pour des noms de domaines génériques tels que .com, net ou .org et de ccTLD pour des noms de domaine nationaux tels que .tg ou .fr.

Annexe 2 : méthodologie

Sources utilisées

Ce rapport a été réalisé en utilisant les sources suivantes :

- **Bases de données** télécoms type Telegeography.
- **Rapports spécialisés** (Internet Society, OCDE, Banque Mondiale, etc.).
- Recherches **Internet** (sites web des IXP et *datacenters* étudiés, presse spécialisée, sites spécialisés comme *The Packet Clearing House*, *European Internet Exchange Association*, ou *datacentermap.com*).

En complément de ces recherches bibliographiques, des **entretiens** ont été conduits par Polyconseil auprès des organismes suivants :

- **IXP** :
 - France Internet Exchange (France-IX) : janvier 2015.
 - Google (concernant la mise en place de serveurs de cache) : février 2015.
 - Internet Exchange Point of Nigeria (IXPN) : janvier 2015.
 - Johannesburg Internet Exchange (JINX) : janvier 2015.
 - Kenya Internet Exchange Point (KIXP) : février 2015.
 - Rwanda Internet Exchange (RINEX) : février 2015.
- **Carrier hotels** :
 - East Africa Data Center (Kenya) : janvier 2015.
 - LuxConnect : mars 2015.
 - RackAfrica (Ghana) : janvier 2015.
 - Telecity Condorcet (France) : février 2015.
 - Telehouse Voltaire (France) : janvier 2015.
 - Teraco (Afrique du Sud) : janvier 2015.

Précisions sur les chiffres avancés

Les unités et références temporelles des données du benchmark sont précisées dans le paragraphe 1.5 *Définition et énumération des indicateurs utilisés*.

En ce qui concerne les prix, les **taux de change** entre les différentes monnaies n'étant pas constants, le taux de change utilisé entre les monnaies locales et le dollar US est, par convention, celui qui était en vigueur au 31 décembre 2014.

Par ailleurs, sauf mention contraire, les prix annoncés sont des **prix HT**, qui ne tiennent pas compte de la TVA locale.

Annexe 3 : nombre d'IXP par pays dans le monde en janvier 2015

Etats-Unis	79	Estonie	3	Costa Rica	1	Mozambique	1
Brésil	28	Irlande	3	Côte D'Ivoire	1	Namibie	1
Russie	21	Roumanie	3	Croatie	1	Népal	1
France	20	Slovaquie	3	Cuba	1	Nicaragua	1
Allemagne	19	Suisse	3	Curaçao	1	Nigeria	1
Japon	16	Taiwan	3	Djibouti	1	Ouganda	1
Australie	14	Vietnam	3	Dominique	1	Ouzbékistan	1
Argentine	10	Angola	2	Emirats Arabes U.	1	Pakistan	1
Pologne	10	Bangladesh	2	Gambie	1	Panama	1
Canada	9	Bolivie	2	Ghana	1	Paraguay	1
Suède	9	Egypte	2	Grèce	1	Pérou	1
Inde	8	Equateur	2	Grenade	1	Porto Rico	1
Indonésie	7	Kenya	2	Haïti	1	Portugal	1
Italie	7	Lituanie	2	Hongrie	1	R.D. Congo	1
Nouvelle Zélande	7	Philippines	2	Islande	1	Rep. Dominicaine	1
Royaume-Uni	7	Tanzanie	2	Israël	1	Rep. Du Congo	1
Afrique du Sud	6	Tunisie	2	Jamaïque	1	Rwanda	1
Pays-Bas	6	Albanie	1	Kosovo	1	Saint Martin	1
Ukraine	6	Arabie Saoudite	1	Laos	1	Serbie	1
Chine	5	Arménie	1	Lettonie	1	Slovénie	1
Norvège	5	Bahreïn	1	Liban	1	Soudan	1
Espagne	4	Belgique	1	Liechtenstein	1	Sri Lanka	1
Finlande	4	Bénin	1	Luxembourg	1	Thaïlande	1
Rep. Tchèque	4	Botswana	1	Malaisie	1	Trinité & Tobago	1
Singapour	4	Burundi	1	Malawi	1	Turquie	1
Autriche	3	Cambodge	1	Malte	1	Vanuatu	1
Bulgarie	3	Chili	1	Maurice	1	Zambie	1
Corée du Sud	3	Chypre	1	Mexique	1	Zimbabwe	1
Danemark	3	Colombie	1	Mongolie	1		

Pays ne possédant pas d'IXP en janvier 2015

Afghanistan, Algérie, Andorre, Antigua et Barbuda, Antilles Néerlandaises, Aruba, Azerbaïdjan, Bahamas, Barbade, Belarus, Belize, Bhoutan, Bosnie-Herzégovine, Brunei, Burkina Faso, Cameroun, Cap Vert, Comores, Corée du Nord, Erythrée, Ethiopie, Fidji, Gabon, Géorgie, Guatemala, Guinée, Guinée Equatoriale, Guinée-Bissau, Guyane, Honduras, Iles Marshall, Iles Salomon, Iles Vierges (UK), Iles Vierges (USA), Iran, Iraq, Jordanie, Kazakhstan, Kirghizistan, Kiribati, Koweït, Lesotho, Liberia, Libye, Macédoine, Madagascar, Maldives, Mali, Maroc, Mauritanie, Micronésie, Moldavie, Monaco, Monténégro, Myanmar, Nauru, Niger, Nouvelle-Calédonie, Oman, Palau, Papouasie Nouvelle Guinée, Qatar, République Centrafricaine, Saint Kits et Nevis, Saint Marin, Saint Vincent et Grenadines, Sainte Lucie, Salvador, Samoa, Sao Tome et Principe, Sénégal, Seychelles, Sierra Leone, Somalie, Suriname, Swaziland, Syrie, Tadjikistan, Tchad, Timor Oriental, Togo, Tonga, Turkménistan, Tuvalu, Uruguay, Venezuela, Yémen.

Annexe 4 : mise en place de KIXP et IXPN - bénéfices chiffrés

Les données présentées ci-dessous sont extraites d'une étude empirique de l'**Internet Society** réalisée en 2012²³. Certains chiffres ne sont donc probablement plus à jour mais permettent malgré tout d'illustrer l'impact qu'ont eu ces deux IXP dans leurs pays respectifs.

Economies financières

La somme agrégée des économies réalisées par les différents membres connectés s'établit en effectuant la différence entre le coût de transit international et le coût du *peering* au sein de l'IXP.



Latence

Les usagers finaux ont pu aisément mesurer une différence en termes de latence, suite à la mise en place de leur IXP.



Usages

La mise en place de serveurs Google Cache dans ces deux IXP (en mars 2011 pour l'IXPN et en avril 2011 pour KIXP) a contribué à augmenter drastiquement et rapidement le trafic échangé.

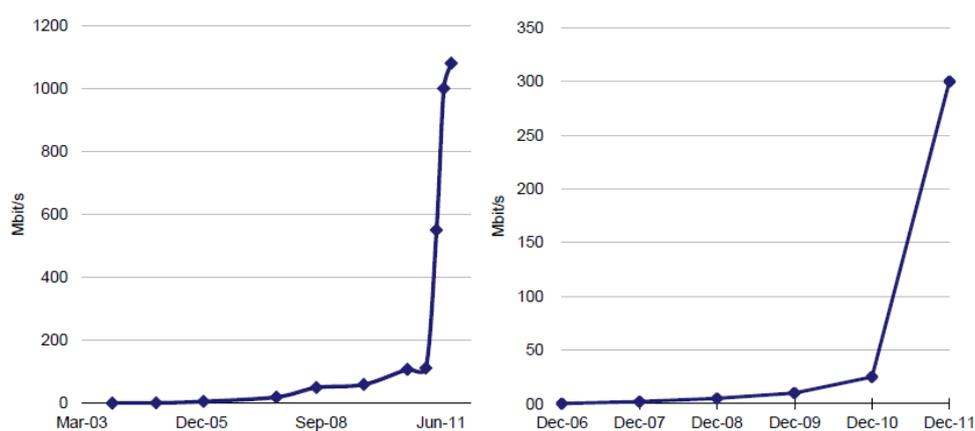


Figure 21 - Trafic échangé au sein de KIXP (gauche) et IXPN (droite)

²³ KENDE M., HURPY C., INTERNET SOCIETY, *Assessment of the impact of Internet Exchange Points - empirical study of Kenya and Nigeria*, Avril 2012, Disponible sur <http://www.internetsociety.org/ixpimpact>

Annexe 5 : lien entre trafic échangé dans l'IXP et bande passante internationale consommée par le pays

Le trafic (public) échangé au sein d'une IXP est une fraction de la bande passante internationale consommée par le pays qui héberge l'IXP. Cette fraction varie généralement de 2% à 5% selon les pays et les IXP.

Dans le graphique ci-dessous, nous avons tenté de corréliser ces deux grandeurs pour des couples IXP/pays où les données étaient disponibles :

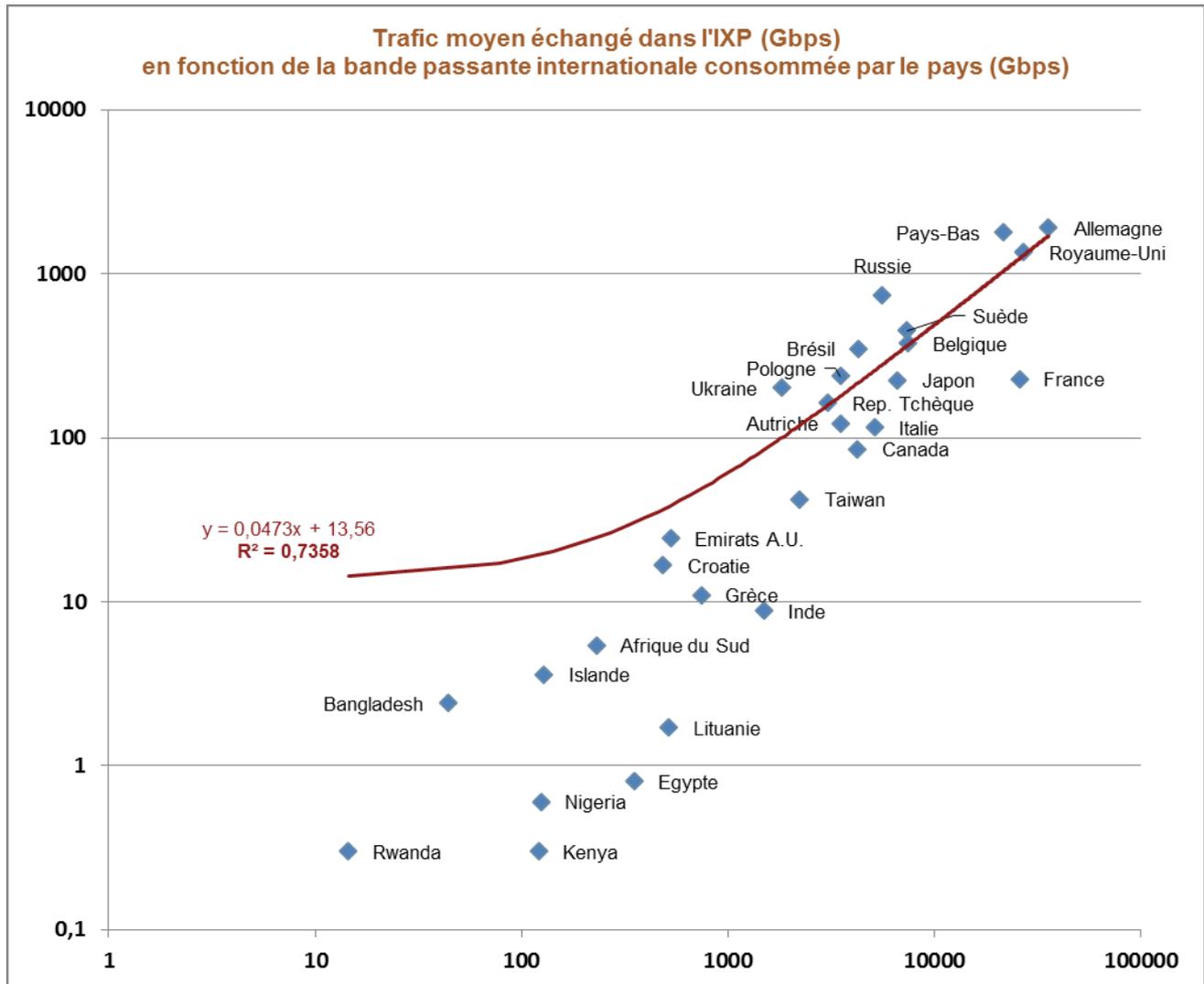
- Afrique du Sud : Johannesburg Internet Exchange (JINX).
- Allemagne : Deutscher Commercial Internet Exchange (DE-CIX Francfort).
- Autriche : Vienna Internet eXchange (VIX).
- Bangladesh : Bangladesh Internet Exchange (BDIX).
- Belgique : Belgian National Internet eXchange (BNIX).
- Brésil : PTT Metro.
- Canada : Toronto Internet Exchange (Tor-IX).
- Côte d'Ivoire : Côte d'Ivoire Internet Exchange Point (CIVIX).
- Croatie : Croatian Internet eXchange (CIX).
- Egypte : Cairo Internet Exchange (CR-IX).
- Emirats Arabes Unis : United Arab Emirates Internet Exchange (UAE-IX).
- France : France Internet Exchange (France-IX).
- Grèce : Greek Internet Exchange (GRIX).
- Inde : National Internet Exchange of India (NIXI Mumbai).
- Italie : Milan Internet eXchange (MIX).
- Islande : Reykjavik Internet Exchange (RIX).
- Japon : Japan Network Access Point (JPNAP).
- Lituanie : Lithuanian Internet Exchange (LITIX).
- Kenya : Kenya Internet Exchange Point (KIXP).
- Nigeria : Internet Exchange Point of Nigeria (IXPN).
- Pays-Bas : Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX).
- Pologne : Polish Internet Exchange (PLIX).
- République Tchèque : Neutral Internet Exchange (NIX-CZ).
- Royaume-Uni : London Internet Exchange (LINX).
- Russie : Moscow Internet Exchange (MSK-IX).
- Rwanda : Rwanda Internet Exchange (RINEX).
- Suède : Netnod Internet Exchange (Netnod Stockholm).
- Taiwan : Taiwan Internet Exchange (TWIX).
- Ukraine : Digital Telecom Internet Exchange (DTEL-IX).

Cette méthode possède certaines **limites** :

- Existence de plusieurs IXP par pays : dans les pays qui possèdent plusieurs IXP, deux valeurs différentes seraient obtenues en fonction de la taille de l'IXP choisie. Dans la mesure du possible (en fonction des données disponibles), l'IXP le plus important d'un pays a été choisi.
- Incitations au *peering* public vs privé : dans certains IXP, le *peering* public (le seul pour lequel les statistiques ne sont pas confidentielles) n'est pas représentatif du trafic échangé.
- Certains IXP fournissent des statistiques de trafic agrégées pour tous leurs points de présence alors que d'autres non.

Toutefois, ce type d'analyse permet de montrer qu'il semble y avoir bien corrélation entre ces deux grandeurs. D'autre part, pour étudier la demande au Togo, le potentiel de l'IXP à court-terme et dimensionner de manière adéquate les ports disponibles en location, cette analyse fournit un référentiel de données. Cela permettra également de pouvoir estimer les économies totales réalisées sur l'achat de bande passante internationale lors du *business plan*.

Dans la mesure de l'information disponible, le trafic annuel moyen agrégé (calculé à partir de points de mesure quotidiens) mesuré entre février 2014 et janvier 2015 est celui présenté dans le graphique.



Annexe 6 : tentatives de corrélation du prix annuel de location d'un port 1 Gbps dans un IXP avec d'autres facteurs

IXP analysés

Avec la contrainte de sélectionner au maximum 1 IXP par pays (en fonction des données disponibles : le plus important possible et n'offrant pas la gratuité de location des ports), les IXP suivants ont été choisis :

- Afrique du Sud : Johannesburg Internet Exchange (JINX).
- Allemagne : Deutscher Commercial Internet Exchange (DE-CIX Francfort).
- Autriche : Vienna Internet eXchange (VIX).
- Bangladesh : Bangladesh Internet Exchange (BDIX).
- Canada : Toronto Internet Exchange (Tor-IX).
- Croatie : Croatian Internet eXchange (CIX).
- Emirats Arabes Unis : United Arab Emirates Internet Exchange (UAE-IX).
- France : France Internet Exchange (France-IX).
- Grèce : GRreek Internet Exchange (GRIX).
- Inde : National Internet Exchange of India (NIXI).
- Italie : Milan Internet eXchange (MIX).
- Islande : Reykjavik Internet Exchange (RIX).
- Lituanie : Lithuanian Internet Exchange (LITIX).
- Kenya : Kenya Internet Exchange Point (KIXP).
- Nigeria : Internet Exchange Point of Nigeria (IXPN).
- Pays-Bas : Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX).
- Pologne : Polish Internet Exchange (PLIX).
- République Tchèque : Neutral Internet Exchange (NIX-CZ).
- Royaume-Uni : London-based Internet Exchange Point (LONAP).
- Russie : Moscow Internet Exchange (MSK-IX).
- Suède : Stockholm Internet eXchange (STHIX).
- Taiwan : Taiwan Internet Exchange (TWIX).
- Ukraine : Digital Telecom Internet Exchange (DTEL-IX).

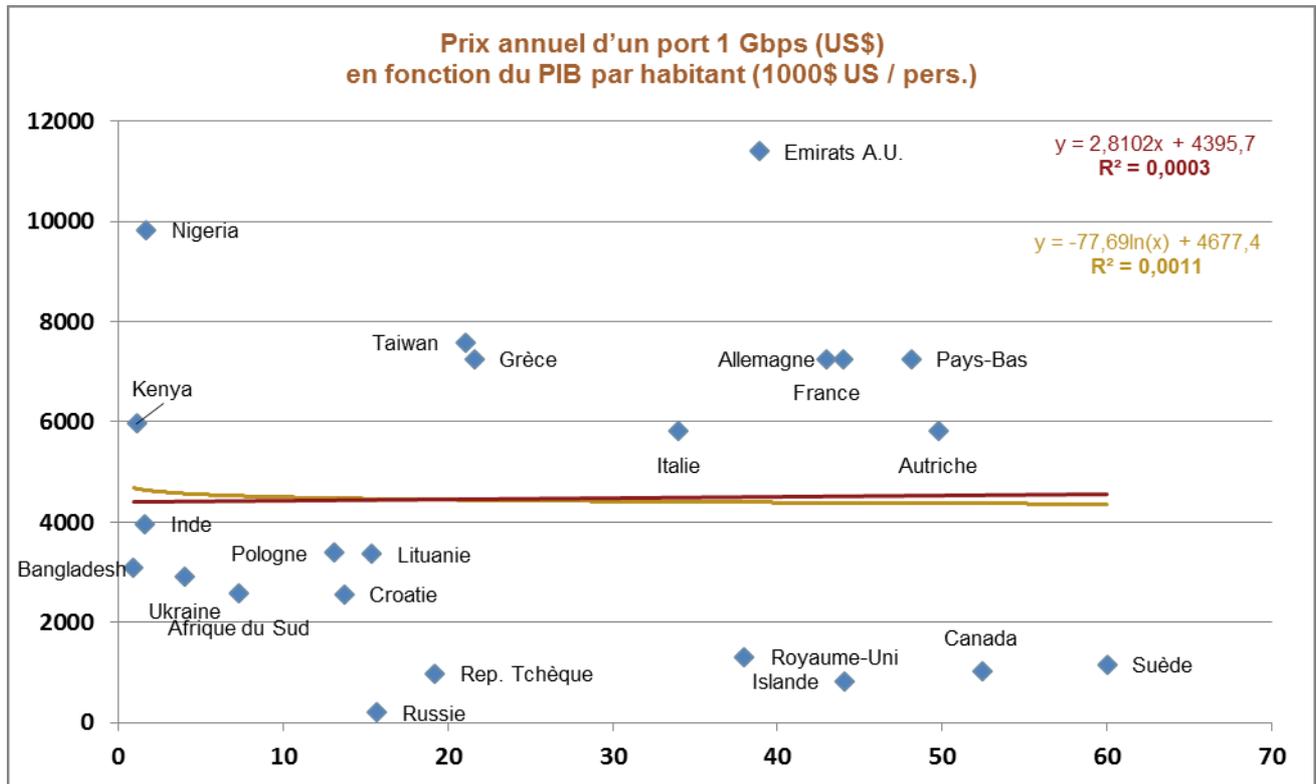
Sources des données :

- Prix des ports : sites web des IXP.
- PIB par habitant : base Telegeography.
- Bande passante internationale consommée par habitant : base Telegeography.
- Nombre de membres de l'IXP : sites web des IXP.
- Trafic de l'IXP : sites web des IXP. Dans la mesure de l'information disponible, le trafic annuel moyen agrégé (calculé à partir de points de mesure quotidiens) mesuré entre février 2014 et janvier 2015 est celui présenté dans le graphique.

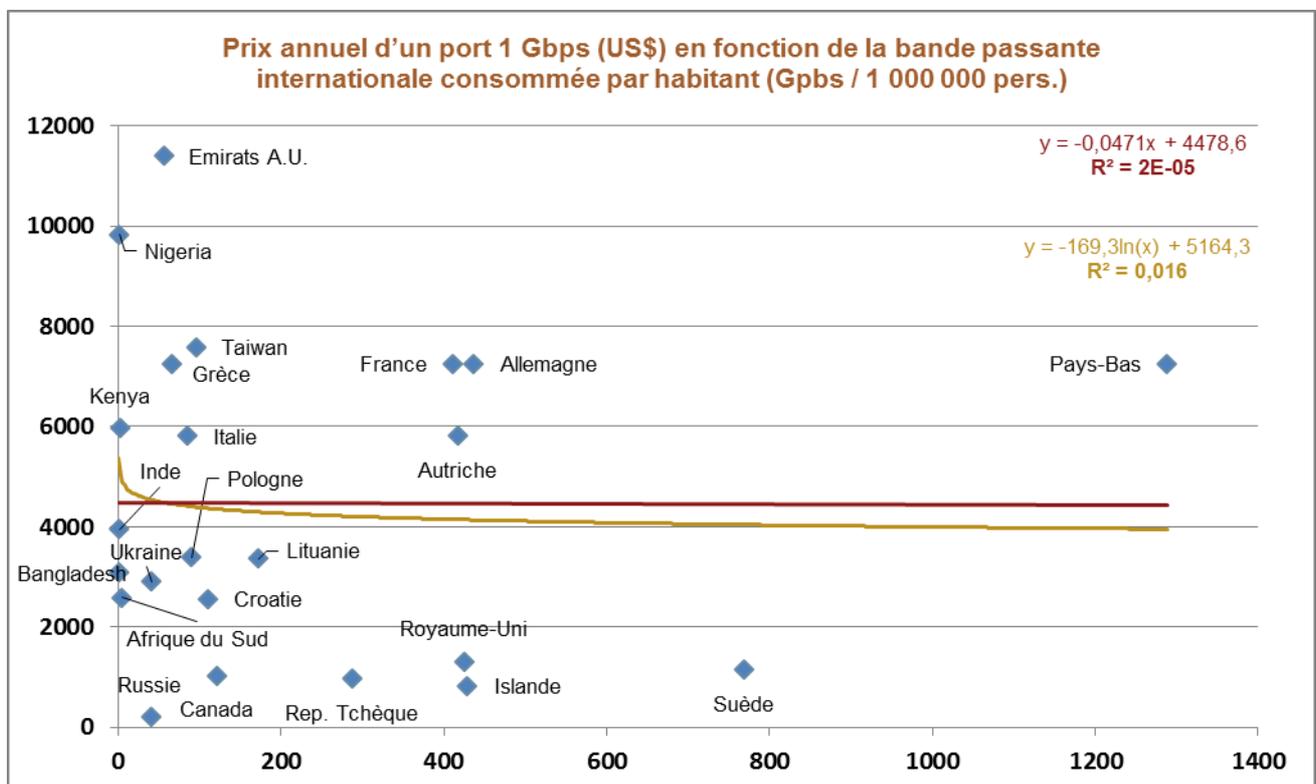
Comme l'attestent les 4 courbes suivantes, aucune corrélation évidente n'a pu être décelée entre les prix de location des ports et un autre facteur.

Facteurs macroéconomiques

PIB par habitant

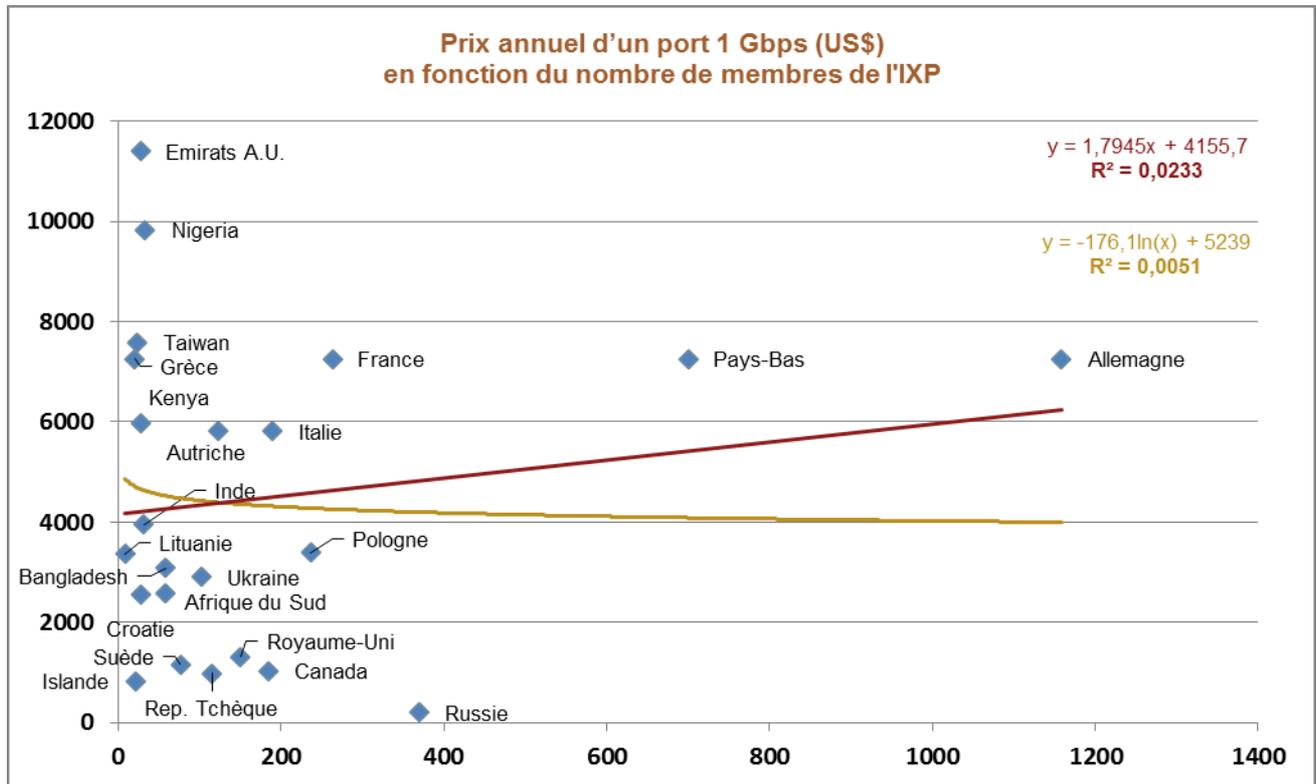


Bande passante internationale consommée par habitant

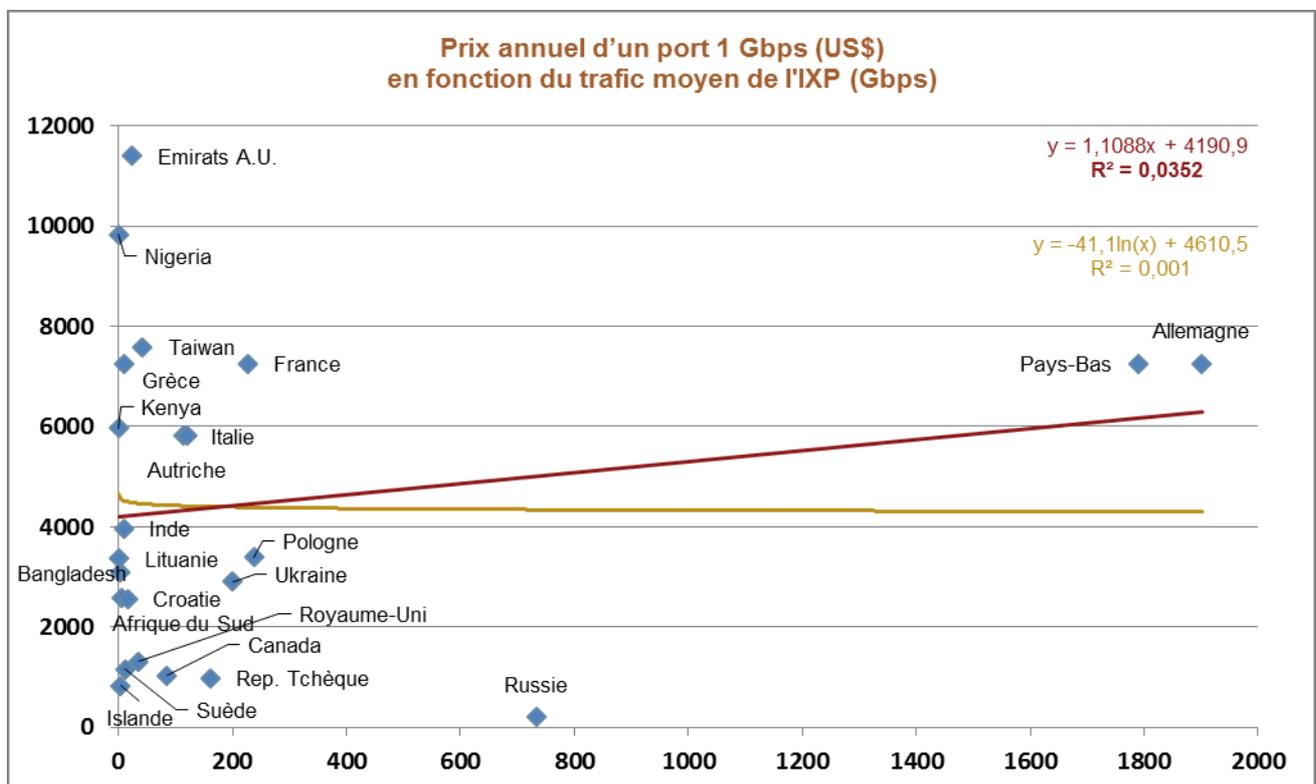


Facteurs propres à l'IXP

Nombre de membres de l'IXP



Trafic moyen de l'IXP





Stratégie, innovation et direction de projets télécoms, médias et smart cities

Au cœur de la révolution numérique depuis 20 ans, Polyconseil a fait le choix d'une spécialisation très poussée pour accompagner ses clients publics et privés avec une offre de valeur complète partout dans le monde.

Avec une croissance à deux chiffres depuis sept ans, le cabinet poursuit son développement avec une expertise constamment actualisée dans le domaine du numérique, en continuant sa progression parallèle sur les marchés émergents.

