



Internet Society
Chapitre Malien

Mali Next Generation Leaders Program

Résilience de l'Internet

Rejoignez-nous

Tel: (+223) 66 83 44 86 / 66 74 35 72 / 63 46 67 38

Centre UVA/CISCO Sise à l'ENI

410, Av Vollenhoven - BP 242, Bamako Mali

E-mail : info@isoc.ml

www.isoc.ml

[@isocml](https://twitter.com/isocml) | [#ISOCML](https://www.facebook.com/isocml)

www.facebook.com/isocml



Mentor: Mamadou Diallo Iam

**Rédacteurs: Drissa MARIKO
Coumba DIARRA**

Novembre 2022

Table des matières

Introduction	4
Définitions	4
Les quatre piliers d'un écosystème Internet résilient	5
Mesure de la résilience	5
L'indice de résilience de l'Internet	5
Sélection des indicateurs	6
Types d'indicateurs	6
Critères de sélection	6
Points de sortie	7
Performances du réseau	7
Efficacité du peering	7
Concentration du marché	7
Hégémonie des AS	7
Identification des sources des données	8
Performances/Qualité de service	8
Fiabilité du réseau	8
Liste des indicateurs	9
Recommandations	11
Ressources complémentaires	12
Rapports	12

ACRONYMES et ABREVIATIONS

AFRINIC	The Internet Numbers Registry For Africa est le registre régional d'adresses IP desservant l'Afrique
APNIC	Asia-Pacific Network Information Center est un registre régional d'adresses IP. Il dessert le continent asiatique et les pays du Pacifique.
BGP	Border Gateway Protocol : est un protocole d'échange de route externe (un EGP)
ccTLD	Contry Code Top Level Domain : désigne l'emplacement géographique auquel appartient un site internet
DNS	Domain Name System
DNSSEC	DNS SECurity extensions
FAI	Fournisseur d'Accès Internet
GSMA	La GSM Association
HHI Indice	Herfindahl-Hirschman
HTTPS	L'HyperText Transfer Protocol Secure
ICANN	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
IPv6	Protocole internet
IRI	Internationalized Ressource Identifier : identificateur de ressource internationalisé
IXP	Internet eXchange Point, point d'échange Internet
MANRSMutually	Agreed Norms for Routing Security
MIRA	Measuring Internet Resilience in Africa
PCH	Packet clearing House
QoS	Quality of service : qualité de service
TLD	Top Level Domain
UE	Union européenne
UIT	L'Union internationale des télécommunications

Introduction

Tout le monde a droit à une connectivité sécurisée et fiable à Internet, quels que soient la taille et l'emplacement de son réseau. La pandémie de la COVID-19 a montré l'importance de l'Internet et des services basés sur Internet pour la société et a aussi démontré à quel point il est essentiel de construire des réseaux résilients. Cependant, de nombreux réseaux sont fréquemment soumis à de nombreuses formes de perturbations, telles que des pannes de courant, des ruptures de câbles, et d'autres incidents de sécurité. Dans certains cas, les pannes sont causées par accident, soit en raison d'une mauvaise ingénierie, soit à cause d'un manque d'infrastructure redondante. Souvent les perturbations sont dues à des fermetures par l'État, en particulier pendant les examens nationaux et les périodes électorales. Dans d'autres cas, les fermetures se produisent parce que les opérateurs ne sont pas tenus responsables et ne sont donc pas incités à investir dans leur infrastructure pour la rendre résiliente. Qu'elles soient intentionnelles ou non, les perturbations d'Internet peuvent avoir un impact considérable sur la société et l'économie.

Définitions

• Résilience de l'Internet au niveau national :

C'est la capacité de l'écosystème Internet national d'un pays (FAI, réglementations, infrastructure physique, structure du marché) à fournir des services aux citoyens à un niveau de qualité acceptable face aux défaillances et aux défis des opérations normales.

• Résilience de l'infrastructure critique :

Il s'agit de l'infrastructure électrique, le câble Internet, l'infrastructure (terrestre et sous-marine), ainsi que le domaine de premier niveau de code de pays (ccTLD).

• Résilience du marché :

C'est la disponibilité et l'efficacité des points d'échange Internet (IXP) et la capacité de gérer le trafic local, la capacité du marché à s'autoréguler et à fournir des prix abordables aux utilisateurs finaux tout en maintenant un marché diversifié et concurrentiel.

• Résilience du réseau/FAI :

Elle concerne la capacité d'un réseau à continuer à fournir un niveau de service acceptable en cas de panne ou de crise. Cette composante de résilience comprend divers éléments tels que la résilience des liens physiques, des liens logiques/peering, des performances/QoS et le DNS.

Les quatre piliers d'un écosystème Internet résilient

Pour modéliser la nature polyvalente d'Internet, il est défini un indice composite qui s'appuie sur quatre piliers majeurs contribuant au bon fonctionnement d'Internet.

- **Infrastructure** : l'existence et la disponibilité d'une infrastructure physique sont primordiales pour le bon fonctionnement de l'Internet.
- **Performance** : c'est la capacité du réseau à fournir aux utilisateurs une connexion avec un niveau de services acceptable.
- **Sécurité** : c'est la capacité du réseau à résister aux perturbations, intentionnelles ou non intentionnelles, grâce à l'adoption de technologies et de bonnes pratiques en matière de sécurité.
- **Adéquation du marché** : c'est la capacité du marché à s'autoréguler et à proposer des prix abordables aux utilisateurs finaux en maintenant un environnement diversifié et concurrentiel.

Mesure de la résilience

Le projet MIRA (Measuring Internet Resilience in Africa), est une initiative conjointe de l'Internet Society et de l'AFRINIC, le registre Internet régional pour l'Afrique. L'un des principaux objectifs de ce projet, est de pouvoir mesurer, aussi précisément que possible, la robustesse de l'écosystème Internet dans un pays.

Ce n'est pas facile. Plusieurs éléments sont à la base de cet écosystème complexe. Par exemple le paysage de l'Internet diffère d'un pays à l'autre. Nous avons besoin d'un ensemble de mesures objectives que nous pouvons utiliser comme base commune, pour être en mesure de comparer objectivement les pays entre eux.

Pour comprendre la nature multidimensionnelle de l'Internet, un indice a été élaboré et donne une estimation de la résilience globale de l'Internet d'un pays. Cette estimation, s'appelle l'indice de résilience de l'Internet selon l'Internet Society.

L'indice de résilience de l'Internet

L'IRI s'articule autour des quatre piliers de mesure que nous avons mentionné ci-dessus : Infra-structure, Performances, Sécurité et Disposition du marché.

Chacun de ces quatre piliers représente des aspects essentiels de l'Internet. Sans eux, l'Internet ne pourrait pas fonctionner. Les piliers eux-mêmes sont constitués d'une série d'indicateurs qui fournissent des informations sur l'état de l'Internet au niveau national.

Sélection des indicateurs

Le développement d'un indice composite robuste implique une sélection rigoureuse des indicateurs qui le composent. À ce jour, il n'existe pas de mesure directe et librement disponible offrant des informations sur la résilience d'un réseau ou d'un pays.

Dans le modèle IRI de l'Internet Society, les indicateurs sélectionnés reflètent chacun un aspect spécifique de la résilience, qui doit être quantifié.

Types d'indicateurs

Il existe trois principaux types d'indicateurs utilisés pour calculer l'IRI de l'Internet Society :

- **Indicateur direct** : un indicateur direct est une mesure directe d'un aspect de la résilience d'Internet (ex. : taux d'adoption du protocole HTTPS, latence, bande passante, etc.). Ces indicateurs disposent d'une unité de mesure spécifique, et leur valeur brute peut correspondre à différentes échelles en fonction de ce qui est mesuré.
- **Indicateur composite** : un indicateur composite fournit un score, qui est lui-même dérivé de plusieurs autres variables. Il peut par exemple s'agir du score de MANRS, de l'indice EGDI, de la concentration du marché, etc. L'échelle d'un indicateur composite se situe généralement entre 0 et 100.
- **Indicateur de substitution** : il est utilisé lorsqu'il est difficile de trouver une mesure spécifique à un aspect de la résilience. Ces indicateurs peuvent être directs ou composites. Ainsi, l'IRI utilise les indicateurs « Nombre d'IXP » et « Nombre de centres de données » en combinaison pour quantifier la robustesse de l'infrastructure locale.

Critères de sélection

Les critères suivants ont été utilisés pour la sélection des ensembles de données :

- **Pertinence** : l'indicateur doit pouvoir contribuer à l'identification d'une amélioration ou d'un déclin de la résilience d'Internet dans un pays donné.
- **Précision** : l'indicateur doit estimer ou décrire correctement les quantités ou caractéristiques qu'il sert à mesurer.
- **Couverture** : les données doivent couvrir autant de pays que possible, car l'indice a vocation à être mondial. Un indicateur ne sera pas pris en compte s'il manque des données pour plus de 25 % des pays de l'indice.
- **Actualité** : tous les ensembles de données doivent dater de moins de deux ans. Certains ensembles de données, comme les performances ou la couverture du réseau, doivent être récents. D'autres, comme le nombre de points de sortie, évoluent peu d'une année sur l'autre ; il est donc acceptable d'utiliser un ensemble de données qui date d'un an ou deux.
- **Continuité** : pour pouvoir étudier objectivement l'évolution de l'indice au fil des années, il est important de se baser sur une liste d'indicateurs stable, qui offrira des données de manière constante dans le temps.

Points de sortie

Le nombre de points de sortie, c'est-à-dire de passerelles internationales, est un indicateur important de la résilience de l'infrastructure physique d'un pays. Par exemple, en cas de rupture d'un câble sous-marin, le trafic Internet peut être redirigé vers un pays voisin par la fibre terrestre. Les points de sortie sont comptabilisés en évaluant le nombre de stations d'atterrissage des câbles sous-marins ou satellites et de points de connexion de fibre transfrontalière.

Performances du réseau

Les données relatives à la bande passante et à la latence sont issues des ensembles de données ouverts qu'Ookla Speedtest publie chaque trimestre. Ils contiennent des mesures sur les performances des réseaux fixes et mobiles du monde entier. Les valeurs médianes des vitesses de téléchargement et de téléversement, ainsi que de la latence, sont calculées par pays.

Efficacité du peering

Le score d'efficacité du peering d'un pays est calculé en divisant la somme de tous les AS (systèmes autonomes) uniques et locaux qui font le peering au sein d'un IXP du pays par le nombre d'AS attribués dans ce pays.

Concentration du marché

Les statistiques de l'APNIC donnent des informations sur les parts de marché par AS et par pays. Le HHI donne un score compris entre 0 et 10 000, où 0 signifie aucune concentration (un marché concurrentiel) et 10 000 signifie qu'un seul ASN est présent, c'est-à-dire qu'il détient 100 % des parts du marché.

Hégémonie des AS

La centralisation du réseau est un élément qu'il convient de mesurer, car il indique dans quelle mesure les relations d'un réseau donné sont concentrées sur un seul réseau ou groupe de réseaux. Au niveau national, certains opérateurs de réseaux assurent un accès international et, plus le nombre de fournisseurs d'Internet en amont est élevé, plus le pays est résilient en termes de dépendance du réseau.

La notion de dépendance du réseau peut être mesurée indirectement en utilisant l'hégémonie des AS, un score attribué à un réseau pour quantifier son niveau de centralisation mesuré à partir des données BGP. L'hégémonie des AS est comprise entre 0 et 1 et peut être interprétée comme la moyenne des chemins transitant par un même nœud. Plus le score d'hégémonie des AS est élevé, plus la dépendance vis-à-vis de ce réseau est forte.

Identification des sources des données

Une des stratégies importantes pour garantir la résilience d'Internet consiste à accroître la diversité des chemins de réseau entre une paire donnée d'hôtes Internet. Dans ce contexte, la diversité est le degré auquel les chemins alternatifs partagent les mêmes nœuds et liens. Pour être plus résilient face aux défaillances, il faut qu'il existe plusieurs chemins disjoints au niveau des liens et des nœuds entre les réseaux. Il est important de noter que la diversité des chemins entre les hôtes connectés à différents réseaux est déterminée par l'infrastructure physique (topologie physique) ainsi que par les politiques en matière de routage (au sein des domaines et inter-domaines) et de peering. Il est donc important d'étudier la diversité des chemins physiques et logiques au travers de plusieurs réseaux.

Performances/Qualité de service

Les opérateurs de réseau mesurent généralement les performances du réseau en termes de métriques standard de qualité de service telles que le débit, la latence, l'instabilité du réseau et la perte de paquets. Les opérateurs peuvent, par exemple, être intéressés par la surveillance de l'encombrement et de la perte de paquets sur les liens au sein des réseaux ou entre ceux-ci. Pour les internautes, les indicateurs de qualité de service ne sont utiles que dans la mesure où ils ont une incidence sur la communication de bout en bout et sur la qualité de leur expérience. Dans ce cas, la qualité d'expérience décrit l'évaluation subjective par l'utilisateur de son expérience lors de l'utilisation d'un service réseau en particulier. Une forte dégradation des performances d'un réseau, par exemple en cas d'encombrement ou de défaillance d'un dispositif, peut engendrer une interruption de la transmission des paquets et provoquer des trous dans le réseau, entraînant une indisponibilité du service. Et ceci est lié à un autre aspect : la fiabilité du réseau.

Fiabilité du réseau

La fiabilité des réseaux est une notion qui englobe divers indicateurs importants de stabilité importants pour la disponibilité et la facilité d'utilisation durables des services réseau. L'un des principaux paramètres de la fiabilité des réseaux est le temps de disponibilité, qui correspond au pourcentage de temps pendant lequel un service réseau est disponible. Le niveau de disponibilité du réseau détermine le fait si un utilisateur est en mesure d'accéder aux services Internet en permanence.

Ainsi, du point de vue de l'utilisateur, nous pouvons mesurer la fiabilité d'Internet en termes de temps de disponibilité et d'accessibilité, c'est-à-dire la possibilité d'accéder à n'importe quel réseau et service Internet à tout moment.

Recommandations

Les délestages d'Internet sont, sans équivoque, nocives pour l'Internet mondial comme pour les communautés locales. Les gouvernements doivent avoir conscience du nombre de secteurs de la société potentiellement affectés par une coupure, et il est impératif d'ouvrir le dialogue avec eux afin de chercher des alternatives à l'utilisation des coupures comme outil politique pour répondre à des problématiques légitimes.

Créer des infrastructures résilientes : La communauté technique d'Internet, les groupes industriels et les gouvernements locaux ont un rôle primordial dans le développement de solutions de connectivité résilientes. Le partage d'expériences au sein d'une région et entre régions permettrait de trouver des solutions qui ne reposent pas sur des restrictions d'accès.

- Mesurer le coût avant d'agir
- Diversifier les voix : Pour les sociétés de capital-risque et les investisseurs ;
- Avoir un rôle de surveillance : Pour les organisations de la société civile, ainsi que d'autres parties.

Ressources complémentaires

(Toutes les ressources ne sont pas disponibles en français)

Internet Society Centre de ressources des droits de l'homme.

<https://www.internetsociety.org/fr/issues/les-droits-humaines/>

Rapports

Points de vue de l'Internet Society sur le blocage de contenu sur Internet : tour d'horizon. 2017.

<https://www.internetsociety.org/fr/resources/doc/2017/internet-content-blocking/>

Rapport Internet mondial 2017 de l'Internet Society : Chemins vers notre avenir numérique. 2017.

<https://future.internetsociety.org/2017/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/2017-Internet-Society-Global-Internet-Report-Paths-to-Our-Digital-Future.pdf>

Coupures d'Internet Présentation de la politique publique de l'Internet Society

[ISOC-PolicyBrief-Shutdowns-2019-Final_FR \(internetsociety.org\)](#)

Adapté de la définition de « coupures d'Internet » de www.accessnow.org/keepiton/

