

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.812

Amendement 1
(09/2020)

SÉRIE E: EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU,
SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES
SERVICES ET FACTEURS HUMAINS

Qualité des services de télécommunication: concepts,
modèles, objectifs et planification de la sûreté de
fonctionnement – Modèles pour les services de
télécommunication

Approche participative pour l'évaluation de la
qualité de service de bout en bout dans les réseaux
large bande fixes et mobiles

Amendement 1

Recommandation UIT-T E.812 (2020) – Amendement 1



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE E
EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU, SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES
SERVICES ET FACTEURS HUMAINS

EXPLOITATION DES RELATIONS INTERNATIONALES	
Définitions	E.100–E.103
Dispositions de caractère général concernant les Administrations	E.104–E.119
Dispositions de caractère général concernant les usagers	E.120–E.139
Exploitation des relations téléphoniques internationales	E.140–E.159
Plan de numérotage du service téléphonique international	E.160–E.169
Plan d'acheminement international	E.170–E.179
Tonalités utilisées dans les systèmes nationaux de signalisation	E.180–E.189
Plan de numérotage du service téléphonique international	E.190–E.199
Service mobile maritime et service mobile terrestre public	E.200–E.229
DISPOSITIONS OPÉRATIONNELLES RELATIVES À LA TAXATION ET À LA COMPTABILITÉ DANS LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL	
Taxation dans les relations téléphoniques internationales	E.230–E.249
Mesure et enregistrement des durées de conversation aux fins de la comptabilité	E.260–E.269
UTILISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL POUR LES APPLICATIONS NON TÉLÉPHONIQUES	
Généralités	E.300–E.319
Phototélégraphie	E.320–E.329
DISPOSITIONS DU RNIS CONCERNANT LES USAGERS	E.330–E.349
PLAN D'ACHEMINEMENT INTERNATIONAL	E.350–E.399
GESTION DE RÉSEAU	
Statistiques relatives au service international	E.400–E.404
Gestion du réseau international	E.405–E.419
Contrôle de la qualité du service téléphonique international	E.420–E.489
INGÉNIERIE DU TRAFIC	
Mesure et enregistrement du trafic	E.490–E.505
Prévision du trafic	E.506–E.509
Détermination du nombre de circuits en exploitation manuelle	E.510–E.519
Détermination du nombre de circuits en exploitation automatique et semi-automatique	E.520–E.539
Niveau de service	E.540–E.599
Définitions	E.600–E.649
Ingénierie du trafic des réseaux à protocole Internet	E.650–E.699
Ingénierie du trafic RNIS	E.700–E.749
Ingénierie du trafic des réseaux mobiles	E.750–E.799
QUALITÉ DES SERVICES DE TÉLÉCOMMUNICATION: CONCEPTS, MODÈLES, OBJECTIFS ET PLANIFICATION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT	
Termes et définitions relatifs à la qualité des services de télécommunication	E.800–E.809
Modèles pour les services de télécommunication	E.810–E.844
Objectifs et concepts de qualité des services de télécommunication	E.845–E.859
Utilisation des objectifs de qualité de service pour la planification des réseaux de télécommunication	E.860–E.879
Collecte et évaluation de données d'exploitation sur la qualité des équipements, des réseaux et des services	E.880–E.899
AUTRES	E.900–E.999
EXPLOITATION DES RELATIONS INTERNATIONALES	
Plan de numérotage du service téléphonique international	E.1100–E.1199
GESTION DES RÉSEAUX	
Gestion des réseaux internationaux	E.4100–E.4199

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T E.812

Approche participative pour l'évaluation de la qualité de service de bout en bout dans les réseaux large bande fixes et mobiles

Amendement 1

Résumé

L'équipement des utilisateurs finals, l'équipement des locaux d'abonné et leurs logiciels ont évolué et sont devenus plus rapides, plus puissants et capables de collecter des données. Cette évolution a rendu possible l'approche participative, qui vise à collecter un plus grand nombre de paramètres techniques auprès des utilisateurs finals sans modification du matériel et des logiciels existants.

Les acteurs tels que les régulateurs et les fournisseurs de services ont tendance de plus en plus à évaluer la qualité de service de bout en bout via une approche participative. Toutefois, l'évaluation sur la base des données collectées selon cette approche peut être mise en œuvre de plusieurs façons et l'application de plusieurs méthodes fournit des vues différentes sur la qualité de service.

La Recommandation UIT-T E.812 décrit les différentes approches participatives utilisées pour évaluer la qualité de service de bout en bout sur les réseaux large bande fixes et mobiles.

L'Amendement 1 à la Recommandation UIT-T E.812 ajoute l'Appendice II (Cas d'utilisation de l'approche participative) et l'Appendice III (Approches participatives pratiques relatives au large bande fixe).

Historique

Édition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	UIT-T E.812	29-05-2020	12	11.1002/1000/14272
1.1	UIT-T E.812 (2020) Amd. 1	11-09-2020	12	11.1002/1000/14489

Mots clés

Évaluation, approche participative, collecte de données, large bande fixe, réseau mobile, qualité de service.

* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets ou par des droits d'auteur afférents à des logiciels, et dont l'acquisition pourrait être requise pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter les bases de données appropriées de l'UIT-T disponibles sur le site web de l'UIT-T à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2021

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références..... 1
3	Définitions 1
3.1	Termes définis ailleurs 1
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation 2
4	Abréviations et acronymes 2
5	Conventions 3
6	Aperçu général..... 3
7	Types de collecte de données participatives, caractéristiques techniques et exigences..... 4
7.1	Types de collecte de données participatives..... 4
7.2	Méthodes pour lancer la collecte de données participatives 7
7.3	Exigences pour la collecte de données participatives..... 10
8	Scénarios de configuration 14
8.1	Appareil de collecte de données 14
8.2	Allocation de serveurs test..... 15
9	Autres lignes directrices pour les régulateurs..... 18
Appendice I – Exemple numérique de l'approche de l'échantillonnage stratifié pour les services mobiles..... 20	
Appendice II – Cas d'utilisation de l'approche participative..... 24	
II.1	Exemples de cas d'utilisation possibles 24
II.2	Exemples d'indicateurs de qualité de service et de calcul des solutions participatives..... 26
II.3	Exemples de règles de filtrage de données..... 28
Appendice III – Approches participatives pratiques relatives au large bande fixe..... 31	
III.1	Normes relatives à la collecte de données à partir de l'équipement des locaux d'abonné 31
III.2	Fourniture d'outils de mesure à destination de l'utilisateur final 32
III.3	Déploiement à grande échelle des capteurs du matériel propriétaire vers les utilisateurs finals 34
Bibliographie..... 36	

Introduction

Les fournisseurs de services de télécommunication ont généralement besoin d'évaluer la qualité de service de leurs réseaux pour s'assurer de l'adéquation et de la fiabilité du service fourni à leurs utilisateurs finals. L'évaluation de la qualité de service peut également présenter un intérêt du point de vue du régulateur, les améliorations qualitatives revêtant souvent un caractère urgent sur le calendrier réglementaire. Les données recueillies sur les questions de qualité peuvent servir d'orientation au régulateur pour sensibiliser les consommateurs et favoriser de nouvelles améliorations de l'infrastructure de réseau. L'une des étapes les plus importantes dans la gestion de la qualité des réseaux de télécommunication réside dans la définition et la mise en œuvre de la surveillance et de l'approche d'évaluation. Il existe de nombreuses solutions pour y parvenir, chacune présentant son propre compromis entre exactitude, granularité temporelle et géographique et coûts.

L'approche participative est une méthode qui peut être utilisée pour contrôler et évaluer la qualité de service des réseaux large bande fixes et mobiles. Son principe fondamental consiste à collecter des données auprès d'un large panel d'utilisateurs final, directement à partir de l'équipement des utilisateurs finals (par exemple, dispositifs mobiles et équipement des locaux d'abonnés). Les vendeurs fournissant ce type de solutions sont toutefois nombreux, ce qui crée une grande disparité entre les approches qui peuvent varier sur la façon dont les données sont collectées (à l'initiative de l'utilisateur final ou sans intervention requise) sur le type de données collectées (réalisation d'un test de téléchargement ou si les données proviennent d'une utilisation classique du dispositif/ de l'équipement). Les données participatives recueillies sur des réseaux de fournisseurs de service multiples au moyen d'une méthodologie similaire pour la collecte des données bénéficieront d'approches et de méthodes cohérentes en termes de collecte des données auprès des fournisseurs de services.

L'approche participative augmente significativement le nombre de points de données par rapport à l'approche d'évaluation de la qualité de service classique (par exemple, essais en mouvement à bord de véhicules/piéton). La grande quantité de données peut accroître la fiabilité et la représentativité des résultats obtenus. En outre, elle améliore l'utilisation des ressources et permet à des pays géographiquement étendus de mobiliser le grand public pour collecter les données.

La présente Recommandation identifie les avantages, les inconvénients et les précautions à prendre en compte lors du déploiement de telles méthodes de surveillance de la qualité de service.

Recommandation UIT-T E.812

Approche participative pour l'évaluation de la qualité de service de bout en bout dans les réseaux large bande fixes et mobiles

Amendement 1

Note rédactionnelle: La présente publication contient le texte intégral de la Recommandation. Les modifications introduites par le présent amendement sont indiquées par des marques de révision apportées à la Recommandation UIT-T E.812 (2020).

1 Domaine d'application

La présente Recommandation porte sur l'évaluation de la qualité de service de bout de l'Internet fixe et mobile, au moyen de l'approche participative, notamment:

- Aperçu de l'approche participative pour l'accès à l'Internet fixe et mobile.
- Types de collectes de données participatives, caractéristiques et exigences.
- Scénarios de configuration.
- Lignes directrices pour les régulateurs, les fournisseurs de service et les vendeurs pouvant être utilisées à des fins d'étude comparative et d'amélioration de réseau par le biais de l'approche participative.

2 Références

Les Recommandations UIT-T et autres références suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions de la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toutes les Recommandations et autres références étant sujettes à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références énumérées ci-dessous. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée périodiquement. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut de Recommandation.

[UIT-T E.800] Recommandation UIT-T E.800 (2008), *Définition de termes relatifs à la qualité de service.*

[UIT-T E.806] Recommandation UIT-T E.806 (2019), *Campagnes de mesure, systèmes de contrôle et méthodes d'échantillonnage pour le contrôle de la qualité de service dans les réseaux mobiles.*

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

3.1.1 téléchargement [UIT-T E.800]: transfert de données ou de programmes d'un serveur ou d'un ordinateur hôte vers l'ordinateur ou le dispositif d'un utilisateur.

3.1.2 latence [b-UIT-T G.9961]: mesure du temps entre l'instant où le dernier bit d'une trame est envoyé via le point de référence affecté de la pile de protocoles de l'émetteur et l'instant où l'ensemble de la trame arrive au point de référence affecté de la pile de protocoles du récepteur. Les estimations de latence moyenne et maximale sont normalement calculées au 99ème centile de toutes les mesures

de latence. Si la retransmission est activée sur un flux spécifique, la latence comprend également le délai de retransmission.

3.1.3 gigue [b-UIT-T G.9961]: mesure de la variation de délai de latence au-dessus et au-dessous de la valeur moyenne de latence. La gigue maximale est définie comme la variation de latence maximale au-dessus et au-dessous de la valeur de latence moyenne et est exprimée par (+Max/–Min).

3.1.4 taux de perte de paquets IP (IPLR, *IP packet loss ratio*) [b-UIT-T Y.1540]: rapport du nombre total de résultats de perte de paquets IP au nombre total de paquets IP transmis dans une population considérée.

3.1.5 approche participative [b-UIT-T P.912]: obtention du service nécessaire par un vaste groupe de la population, très probablement une communauté en ligne.

3.1.6 qualité de bout en bout [UIT-T E.800]: qualité se rapportant à la qualité de fonctionnement d'un système de communication, avec tous ses équipements terminaux.

3.1.7 qualité de service (QoS, *quality of service*) [UIT-T E.800]: ensemble des caractéristiques d'un service de télécommunication qui lui permettent de satisfaire aux besoins explicites et aux besoins implicites de l'utilisateur du service.

3.1.8 collecte de données participatives [UIT-T E.806]: méthode consistant à collecter des mesures de la qualité de service active et/ou passive à partir d'un grand nombre de dispositifs d'utilisateur final.

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

Néant.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

API [interface de programmation d'applications \(*application programming interface*\)](#)

CDN réseau de fourniture de contenu (*content delivery network*)

CPE équipement des locaux d'abonné (*customer premise equipment*)

CPU unité centrale de traitement (*central processing unit*)

GNSS système mondial de navigation par satellite (*global navigation satellite system*)

HTTPS protocole de transport hypertexte sécurisé (*hypertext transfer protocol secure*)

IoT Internet des objets (*Internet of things*)

IP protocole Internet (*Internet protocol*)

ISP [fournisseur de service Internet \(*Internet service provider*\)](#)

IXP point d'échange Internet (*Internet exchange point*)

KPI indicateur fondamental de performance (*key performance indicator*)

MCC indicatif de pays du mobile (*mobile country code*)

MNC code de réseau mobile (*mobile network code*)

OTT over-the-top

PoP point de présence (*point of presence*)

QoS qualité de service (*quality of service*)

RAM mémoire vive (*random access memory*)

RF fréquence radioélectrique (*radio frequency*)

RoI retour sur investissement (*return on investment*)

UDP protocole de datagramme d'utilisateur (*user datagram protocol*)

5 Conventions

Néant.

6 Aperçu général

[b-UIT-T P.912] définit dans son Annexe I le terme approche participative comme "l'obtention du service nécessaire par un vaste groupe de la population, très probablement une communauté en ligne". Il semble donc dans ce contexte que la principale caractéristique de l'approche participative réside dans le fait d'impliquer un grand nombre de personnes. Ce concept peut s'appliquer à une vaste palette de finalités, telles que la levée de fonds, le partage de tâches ou la mise en commun de résultats de sondages.

S'agissant du contexte de la surveillance de la qualité de service des réseaux large bande fixe et mobile, l'approche participative peut s'entendre comme la collecte de données provenant d'un vaste panel d'utilisateurs final, dans l'objectif d'évaluer la qualité de service de l'infrastructure de réseau utilisée, comme moyen de répondre aux besoins des consommateurs. Cela peut passer par l'utilisation de logiciels et de matériel qui recueillent des données relatives à la qualité de service directement depuis l'équipement des locaux d'abonné (tels que des routeurs) ou des dispositifs mobiles (tels que des tablettes et des smartphones). Dans le cas de bande large fixe, les logiciels intégrés dans l'équipement des locaux d'abonnés, généralement fournis par le fournisseur de services, peuvent collecter des informations sur la qualité de service. Dans la perspective d'un service mobile, un ensemble de données similaire peut être collecté par un logiciel pouvant être téléchargé sur les dispositifs mobiles, par exemple.

Un large éventail de données peut être recueilli depuis l'équipement des locaux d'abonnés et les dispositifs mobiles (désignés collectivement "dispositif de collecte des données" dans la présente Recommandation) avec des solutions participatives et ainsi servir à l'évaluation de la qualité de service d'une connexion large bande fixe et mobile. Ces données concernent notamment:

- la localisation (coordonnées fondées sur le système mondial de navigation par satellite, etc.);
- la date et l'heure (durée, etc.);
- le fournisseur de services (réseaux d'origine et visités pour le fournisseur de service mobile et Internet large bande fixe, etc.);
- les informations de réseau (nom du point d'accès, force du signal, information de cellule, etc.);
- le type de connexion (Ethernet, WiFi, 3G, 4G, 5G, etc.);
- l'information relative au dispositif (fabricant, modèle, etc.);
- l'usage du dispositif (c'est-à-dire, l'utilisation des données, l'utilisation de l'unité centrale de traitement, le niveau de la batterie, le trafic concurrent, etc.).

Les informations ainsi collectées peuvent fournir des indicateurs relatifs à la qualité de service pour les réseaux large bande, tels que le débit, la latence, la gigue ou la perte de paquets. Il s'agit de paramètres de base qui caractérisent la performance de bout en bout et qui peuvent être utilisés pour déduire la qualité de service.

7 Types de collecte de données participatives, caractéristiques techniques et exigences

Les données participatives recueillies peuvent être classées en deux catégories: les mesures actives et les mesures passives, comme présenté dans [UIT-T E.806]. Le processus de collecte des données peut être lancé par l'utilisateur final ou par un programme. Différentes configurations peuvent être choisies pour répondre aux différents besoins.

Les solutions de collecte de données participatives peuvent inclure des mesures actives et passives. Les solutions hybrides peuvent utiliser les deux.

7.1 Types de collecte de données participatives

Chaque méthode de collecte de données présente ses propres avantages et enjeux qui seront abordés dans les paragraphes qui suivent. Si l'indicateur de qualité de service peut être collecté au moyen des deux méthodes, le choix de l'une ou l'autre des méthodes reflétera le même indicateur sous une perspective différente. Par exemple, le débit collecté au moyen d'une mesure active traduira plus fidèlement la performance du réseau tandis que le débit collecté au moyen d'une mesure passive traduira davantage l'usage en cours de l'utilisateur final.

7.1.1 Mesures actives

Les méthodes de collecte de données active créent un trafic artificiel dans le but d'évaluer les paramètres de qualité de service de bout en bout. Par exemple, un transfert de fichier intentionnel dans le but de mesurer le débit, tests ping, notamment. L'approche active est illustrée à la Figure 1.

Les tests actifs peuvent être conçus pour saturer le réseau, et par conséquent produire une mesure plus réelle de la performance de bout en bout du réseau au point de test. Toutefois, l'attention doit être dirigée vers l'analyse des résultats pour vérifier leur fiabilité et leur représentativité. À cette fin, les § 7.3.1 et 7.3.2 exposent des considérations relatives au traitement approprié et à l'analyse statistique des données.

Lors de la mesure de la performance de bout en bout au moyen d'un test actif, de nombreux facteurs peuvent être contrôlés tels que la durée du test, la localisation du serveur de test, le nombre de flux simultanés, la taille des paquets, la fréquence d'échantillonnage voire le type de données envoyées (c'est-à-dire que la compression des données aléatoires par des routeurs de réseau peut ne pas être aussi efficace que pour le texte, les images ou les vidéos).

Lors de la mesure de la performance amont de bout en bout (c'est-à-dire, en chargement), un test actif peut être conçu pour mesurer la quantité de données reçues sur le serveur test, et pas uniquement la quantité de données envoyées par le dispositif. Lors de la mesure de la perte de paquets, un test actif peut être conçu pour comparer le nombre de paquets envoyés par rapport au nombre de paquets reçus par le serveur test. Lors de la mesure du chemin emprunté dans le réseau (c'est-à-dire, pour détecter les différences entre les chemins descendants et montants), seul un test actif peut générer des paquets adaptés, recevoir des réponses et constituer le chemin emprunté (c'est-à-dire, en utilisant une approche telle qu'un traceroute).

Il faut veiller à identifier les scénarios où le test actif ne représente pas la performance de bout en bout. Dans les scénarios qui suivent, un test sous-estimera probablement la performance:

- Lorsqu'un autre processus utilise des données. Par exemple, si un utilisateur diffuse du contenu vidéo tandis qu'un test est en cours, le test actif sera limité dans le débit qu'il mesure.
- Lorsque le système d'exploitation d'un système refuse l'accès au réseau. Cela arrive généralement pour économiser la durée de vie de la batterie. Dans de tels cas, un test actif peut ne pas parvenir à transmettre des données, sans que cela ne soit révélateur d'un défaut du réseau cellulaire.

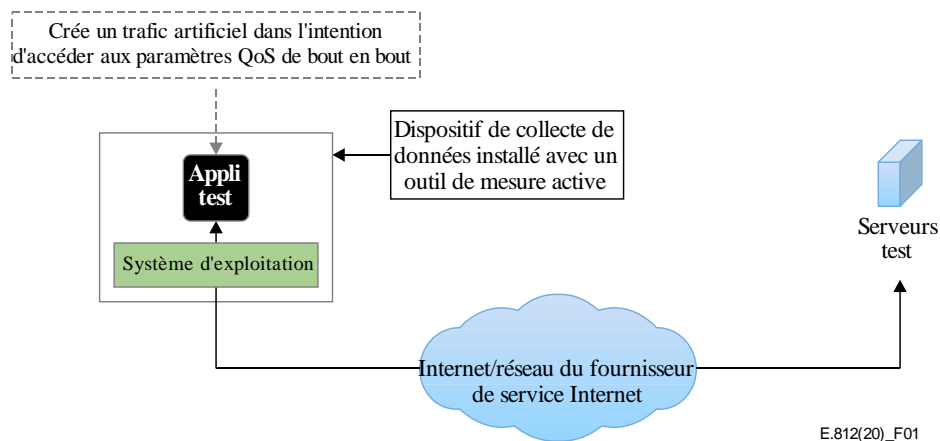


Figure 1 – Exemple de collecte de données active sur le réseau mobile

a) Avantages

Voici quelques-uns des avantages présentés par les méthodes actives:

- Normalisation potentielle des tests actifs.
- Les tests actifs peuvent être réalisés au niveau applicatif (sous la forme d'une application, d'un outil intégré, d'un navigateur web, etc.).
- Les tests actifs peuvent être configurés pour imiter le comportement de différents services¹ qui peuvent influencer sur les différents paramètres liés à la qualité de service (latence, perte de paquets, etc.).

b) Enjeux

Par ailleurs, certains enjeux ont été identifiés:

- Les tests actifs utilisent des ressources sur le réseau (autrement dit ajoutent de la charge sur un réseau lourdement chargé au moment de tenter d'obtenir la performance de crête de bout en bout) et les dispositifs de collecte de données (le quota de données de l'utilisateur final, la batterie, la mémoire vive (RAM), etc.).
- L'utilisation des données peut augmenter pour les réseaux haut débit, en fonction des mesures retenues.
- Les mesures utilisées pour représenter le débit de crête seront empêchées/bloquées si d'autres processus du dispositif consomment également des ressources (telles que connexion de réseau, unité centrale de traitement et mémoire vive).

Pour répondre à ces enjeux, les techniques suivantes peuvent être envisagées.

- Le fait de donner une date zéro aux données utilisées dans les tests consommant des données du plan de données de l'utilisateur répondrait aux préoccupations de l'utilisateur final concernant l'utilisation des données mais doit être utilisé avec précaution. Ce processus implique de fournir des détails sur les caractéristiques des solutions aux opérateurs de réseau, tels que les serveurs test ou l'adresse IP ce qui peut amener les opérateurs à manipuler les résultats dans un souci d'améliorer les paramètres relatifs à la qualité de l'itinéraire test. Toutefois, des outils statistiques peuvent être utilisés pour analyser la représentativité et la

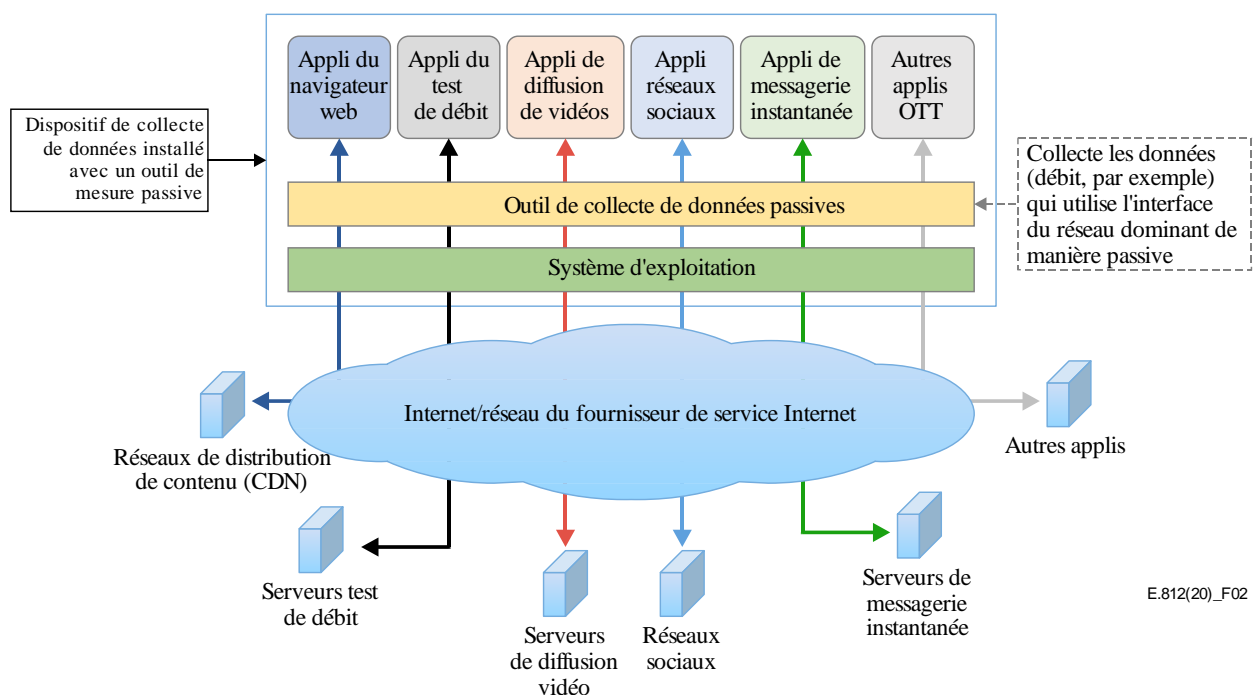
¹ Exemple: le trafic de la voix sur IP et des jeux en ligne impliquent généralement la transmission de petits paquets de protocole de datagramme à des niveaux de bande passante constants et bas; le téléchargement de pièces jointes au courrier électronique, la mise à jour des systèmes et d'autres fichiers passent généralement par TCP et peuvent utiliser des paquets bien plus grands et consommer bien plus de largeur de bande passante, qui est, quant à elle, seulement limitée par le réseau.

fiabilité des résultats. Le paragraphe 7.3.1 aborde les outils disponibles et met en évidence les considérations à respecter pour réaliser ces analyses.

- Les choix de conception des mesures peuvent signifier que les tests ne consomment pas davantage de données sur les réseaux plus rapides. Par exemple, les tests qui imitent des services spécifiques, tels que la transmission vidéo (utilisant une bande passante de 1-1,5 Mbit/s), les jeux ou le trafic voix (généralement <100 Kbit/s) – peuvent être conçus pour avoir une consommation de données fixe. À titre d'exemple, un test peut émettre un flux de 200 paquets à débit constant et recevoir des paquets renvoyés en écho. Appliquée correctement, cette méthode permettrait de mesurer la latence, la perte de paquets, la gigue et le débit en salve. Toutefois, la consommation des données par test resterait identique, quel que soit le débit du réseau.
- La solution est basée sur un vaste ensemble d'utilisateurs finals, chaque utilisateur réalisant des mesures à intervalles plutôt irréguliers. La solution doit trouver un équilibre pour collecter un nombre pertinent d'échantillons par dispositif, tout en évitant de consommer trop de ressources et en limitant la taille de la population qui peut être atteinte. Pour plus de flexibilité, la stratégie d'échantillonnage des mesures peut être conçue de façon modulable et centralisée pour permettre un réglage fin de cet équilibre.
- Sélection d'une synchronisation stratégique des mesures pour le débit de crête, par exemple réalisation de tests brefs de débit automatisés, immédiatement après le déverrouillage de l'écran et avant que l'utilisateur n'ait le temps de lancer des activités fortement consommatrices de données.
- Choix d'une approche hybride (c'est-à-dire, des méthodes actives et passives) pour avoir une vision globale de la qualité de service de bout en bout.

7.1.2 Mesures passives

Les mesures de données passives n'injectent pas de trafic artificiel, ni de charge utile test dans le réseau à des fins d'évaluation de la qualité de service. En revanche, elles agissent plus comme un observateur des paramètres radioélectriques, des données transférées par l'utilisateur final et collectent des informations concernant le trafic réel. Cette approche est illustrée à la Figure 2.



E.812(20)_F02

Figure 2 – Exemple de collecte de données passive sur le réseau mobile

Les mesures de données passives peuvent être spécialement conçues pour ne pas avoir connaissance des applications générant le trafic par souci de respect de la vie privée, il est ainsi difficile de dire avec certitude si les mesures effectuées sont imputables à l'application, au réseau ou même à l'utilisateur final. Par conséquent, la collecte de données passives produit des mesures représentant la performance de bout en bout constatée par les utilisateurs en cours d'utilisation réelle par les utilisateurs à un moment considéré.

Par exemple, lors de la mesure passive de la performance de bout en bout, le test passif ne permet pas de dire si l'application à l'origine du trafic était à son débit maximal. L'application pourrait émettre ou recevoir des données uniquement au moment où elle en a besoin (c'est-à-dire que les données pourraient être mises en cache localement), effectuer des calculs qui retardent une demande du réseau, ou les actions de l'utilisateur pourraient influencer sur le trafic (c'est-à-dire qu'un utilisateur pourrait avoir mis un flux vidéo sur pause).

À ce titre, lors de l'interprétation des résultats des tests passifs, des informations additionnelles telles que la quantité de données transférées, l'état du réseau (c'est-à-dire la force du signal dans le cas de réseaux mobiles) et l'agrégation de données participatives collectées peuvent être utilisées pour déterminer de façon plus précise la performance de bout en bout ressenties par les utilisateurs.

a) Avantages

Voici quelques-uns des avantages présentés par les méthodes passives:

- La réalisation des mesures ne consomme pas de données additionnelles ce qui signifie que davantage d'échantillons peuvent être collectés par utilisateur final.
- Il n'est pas nécessaire de maintenir un serveur test pour le transfert de trafic artificiel.
- La méthode ne génère pas de trafic artificiel sur le réseau, elle est donc efficace du point de vue du trafic.

b) Enjeux

Par ailleurs, certains enjeux ont été identifiés:

- Différentes plates-formes (systèmes d'exploitation, matériel, etc.) fournissent différentes capacités de mesures passives, ce qui complique les comparaisons entre les plates-formes.
- Les mesures passives ne peuvent pas contrôler certains indicateurs relatifs à la qualité de service (par exemple latence, perte de paquets ou débit maximum constant entre l'utilisateur final et le serveur).
- Si des données propres à l'application sont recueillies, la méthode de collecte devient intrusive.

Pour répondre à ces enjeux, les techniques suivantes peuvent être envisagées.

- Bien que toutes les plates-formes ne permettent pas de réaliser des mesures passives, il est nécessaire d'évaluer si l'exclusion de ces plates-formes modifie sensiblement les résultats des indicateurs de qualité de service.
- Adopter une approche hybride (c'est-à-dire, des méthodes actives et passives) pour avoir une vision globale de la qualité de service de bout en bout.
- S'assurer que tous les utilisateurs finals sont informés des types de données qui sont recueillies et acceptent de participer à la campagne de collecte participative de données.

7.2 Méthodes pour lancer la collecte de données participatives

Dans les cas où l'utilisateur final doit délibérément lancer la collecte de données, les tests sont classés dans la catégorie des tests lancés par l'utilisateur final. D'un autre côté, si la collecte des données est effectuée par un programme obéissant à des règles de démarrage préétablies, le test fait partie de la catégorie des tests automatiques.

7.2.1 Mesures lancées par l'utilisateur final

Cette approche requiert que l'utilisateur final lance le test et les résultats du test lancé sont généralement transmis aux utilisateurs finals.

a) Avantages

Ce type d'approche participative présente les avantages suivants:

- Les utilisateurs finals lancent le test ce qui signifie qu'ils acceptent la collecte des données pendant la durée du test, ce qui le rend plus transparent.
- Le démarrage initié par les utilisateurs finals donne aux utilisateurs finals l'option de réaliser plus de tests et de maintenir leur consentement à la collecte de données sur une durée plus longue, ce qui fournit plus d'informations collectées sur la performance de bout en bout et les conditions de mesure (telles que la localisation et l'utilisation du dispositif).
- Les utilisateurs finals ont la maîtrise des circonstances pour réaliser les tests (c'est-à-dire la localisation de l'utilisateur final et l'état du réseau).
- Les utilisateurs finals peuvent effectuer une évaluation de la qualité de service du réseau et obtenir à l'issue les résultats du test, ce qui sensibilise les utilisateurs finals sur l'état du réseau pendant cette période.
- Les tests lancés par les utilisateurs finals permettent de présenter des questions d'enquête qui peuvent fournir des informations complémentaires sur la connexion Internet de l'utilisateur final ou des motifs de tests.

b) Enjeux

Le lancement du test dépend de l'action de l'utilisateur final, ce qui peut induire les enjeux suivants:

- Étant donné que la démarche repose sur l'interaction avec l'utilisateur final, le nombre d'échantillons collectés peut être bien inférieur.
- La démarche peut présenter certains biais car les résultats d'évaluation de la qualité de service peuvent n'intéresser qu'un (des) groupe(s) spécifique(s) d'utilisateurs spécifiques. Par exemple, des utilisateurs finals peuvent vouloir collecter des données lorsqu'ils rencontrent des difficultés à accéder à certaines applications. Un autre biais possible est lié aux heures de la journée auxquelles la collecte est réalisée, étant donné qu'il n'y a pas de programmation.
- Il peut s'avérer plus simple pour les acteurs malveillants d'altérer les données recueillies qu'avec des tests automatiques étant donné que les utilisateurs finals ont une plus grande maîtrise des conditions dans lesquelles la mesure est prise.
- Lors de l'utilisation des questions de l'enquête, il convient de réfléchir au positionnement de l'enquête et à son caractère facultatif ou obligatoire pour effectuer le test. Positionner les questions à l'issue du test peut induire que les réponses seront influencées par le résultat du test, tandis que les placer avant peut dissuader ou encourager les réponses aléatoires, en particulier si les questions ne peuvent pas être supprimées.

7.2.2 Mesures automatiques

La collecte automatique des données peut être exécutée sans nécessité d'intervention de la part de l'utilisateur final que ce soit sous la forme d'une application indépendante ou par des solutions intégrées au sein d'autres applications ou du matériel. Les tests peuvent être programmés pour s'exécuter régulièrement ou se déclencher sur la base de certains algorithmes ou règles précises.

a) Avantages

Voici certains des avantages de cette approche:

- Il est possible de déterminer les heures et la localisation de la collecte de données. Cette démarche permet d'obtenir un grand nombre d'échantillons, ce qui peut contribuer à parvenir à une validation statistique.

b) Enjeux

La collecte automatisée de données peut présenter les enjeux suivants:

- Les utilisateurs finals peuvent ne pas avoir conscience que la collecte de données est en cours.
- Toutes les plates-formes ne permettent pas d'effectuer des mesures d'arrière-plan.

Les tests lancés automatiquement offrent une meilleure gestion de l'entité qui conçoit les tests, ce qui permet de déterminer la fréquence des tests et la zone géographique où ils doivent être réalisés, ce qui n'est pas accessible pour les configurations totalement dépendantes de tests lancés par l'utilisateur final.

Le Tableau 1 résume le contenu des § 7.1 et 7.2.

Tableau 1 – Avantages et enjeux des différents types et méthodes de lancement de la collecte de données participatives

		Méthodes pour lancer la collecte de données participatives	
		Lancée par l'utilisateur final	Automatique
Types de collectes de données participatives	Active	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ressentie comme plus transparente – Sensibilisation de l'utilisateur final – Normalisation potentielle des tests actifs – Multi-plates-formes – Configurable pour imiter le comportement du service – Possibilité d'être conçue comme une estimation de la performance de bout en bout durant la période de test 	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Peut avoir un nombre supérieur d'échantillons – Normalisation potentielle des tests actifs – Multi-plates-formes – Configurable pour imiter le comportement du service – Possibilité d'être conçue comme une estimation de la performance de bout en bout durant la période de test
		<p><u>Enjeux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Peut avoir un nombre inférieur d'échantillons – Peut présenter des biais – Consomme des ressources additionnelles – Augmentation potentielle de la consommation des données – Les résultats peuvent être altérés par l'état des dispositifs de collecte des données 	<p><u>Enjeux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ressentie comme moins transparente – Dans certaines conditions, non supporté par toutes les plates-formes – Consomme des ressources additionnelles – Augmentation potentielle de la consommation des données – Les résultats peuvent être altérés par l'état des dispositifs de collecte des données

Tableau 1 – Avantages et enjeux des différents types et méthodes de lancement de la collecte de données participatives

		Méthodes pour lancer la collecte de données participatives	
		Lancée par l'utilisateur final	Automatique
Passive	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ressentie comme plus transparente – Sensibilise l'utilisateur final – Peut avoir un nombre supérieur d'échantillons – Serveur test non nécessaire – N'encombre pas davantage le réseau – Informe sur la performance de bout en bout basée sur l'utilisation réelle de l'utilisateur final 	<p><u>Avantages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Peut avoir un nombre supérieur d'échantillons – Serveur test non nécessaire – N'encombre pas davantage le réseau – Informe sur la performance de bout en bout basée sur l'utilisation réelle de l'utilisateur final 	
	<p><u>Enjeux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Peut avoir un nombre inférieur d'échantillons – Peut présenter des biais – Dans certaines conditions, non supporté par toutes les plates-formes – Nombre limité d'indicateurs à surveiller – Potentiellement intrusif 	<p><u>Enjeux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ressentie comme moins transparente – Dans certaines conditions, non supporté par toutes les plates-formes – Nombre limité d'indicateurs à surveiller – Potentiellement intrusif 	

7.3 Exigences pour la collecte de données participatives

Le présent paragraphe traite des exigences concernant les solutions participatives telles que les procédures d'homologation, les méthodologies d'échantillonnage et de programmation et les règles de traitement des données.

7.3.1 Échantillonnage et programmation

Il est possible de collecter des données sur les indicateurs fondamentaux de performance (KPI) à partir d'un vaste ensemble de dispositifs, selon la capacité des serveurs test, de stockage et de programmation.

Dans le but d'obtenir la validation statistique, il est nécessaire de calculer le nombre minimum d'échantillons en considérant un nombre maximum prédéfini d'erreurs acceptable; sous réserve de la population et de la distribution de probabilité associée (par exemple Loi de Gausse pour estimations de médianes ou Loi binomiale pour estimations de proportions). Des références indiquant comment obtenir la taille de l'échantillon et répartir les échantillons figurent à l'Annexe A de [UIT-T E.806].

Outre le nombre minimum d'échantillons, un plan d'échantillonnage doit prendre en compte le fait qu'il est tout à fait possible d'éviter que les résultats ne soient biaisés. Il est ainsi recommandé que l'entité responsable de la collecte des données vérifie si l'origine géographique des échantillons est statistiquement cohérente avec la portée de la population ciblée, représentant la qualité de service réelle fournie aux utilisateurs finals.

Toutefois, si nécessaire, la distribution d'échantillonnage géographique et/ou temporelle peut également être incluse dans la méthodologie statistique. Par exemple, selon l'objectif de la campagne,

il peut être judicieux de limiter l'échantillonnage à des périodes de fort trafic, ainsi que de collecter un grand nombre d'échantillons dans les zones géographiques avec une densité d'utilisateurs finals élevée. Il est par conséquent plus convenable de définir le plan d'échantillonnage pour chaque opérateur en tenant compte de la distribution de base d'utilisateurs finals. Dans d'autres cas, il peut être envisagé de collecter une plus grande quantité d'échantillons sur les périodes de faible trafic ou dans des régions où la densité est faible pour fournir des tailles d'échantillon plus grandes à comparer à des groupes d'échantillons généralement sur-représentés.

En résumé, il est recommandé d'établir un nombre minimum d'utilisateurs finals à surveiller périodiquement et de manière aléatoire. Plus le plan de collecte de données d'une distribution temporelle et géographique contiendra d'utilisateurs finals, plus précise sera l'évaluation et la formulation des rapports.

Toutefois, compte tenu de l'environnement de test sans contrôle, les données participatives doivent être post-traitées afin d'écartier les résultats de test de bruit. De tels résultats apparaissent par exemple en raison de l'effet de programmes de tests aux heures de pointe, de modifications par les utilisateurs finals du plan contracté, de plans commerciaux contenant des restrictions, de modifications dans la technologie d'accès, notamment. Dans le cas de telles modifications, l'ensemble des échantillons restant après application des règles d'abandon doit être conforme aux exigences de validation statistique (nombre d'échantillons, erreur d'estimation et distribution géographique et temporelle).

L'approche d'échantillonnage, consistant à calculer la taille de l'échantillon (nombre minimum d'échantillons) pour une erreur d'estimation prédéfinie, peut être utilisée sous réserve d'un certain contrôle sur la collecte des données participatives. Par exemple, dans le cadre d'une campagne d'essais participative, la distribution géographique des échantillons peut être connue dans une certaine mesure si elle est programmée à l'avance.

Toutefois, dans d'autres cas, lorsque le contrôle de la distribution temporelle et géographique est limité, les résultats peuvent ne pas être représentatifs et présenter un biais au niveau des critères fondamentaux de performance estimés. Par exemple, s'agissant des résultats d'une ville entière, il peut arriver que la majorité des échantillons proviennent d'un seul quartier. Dans ce cas, les résultats seront représentatifs de ce quartier, mais pas de la ville entière.

Lors de la programmation d'une campagne de test, il convient de considérer la représentativité statistique des résultats. À cette fin, des formules statistiques bien définies permettent de déduire l'erreur d'estimation pour un groupe d'échantillons. Le paragraphe A.1.2 de l'Annexe A de [UIT-T E.806] présente les références des formules générales de l'échantillonnage aléatoire simple pouvant être utilisé pour déterminer la borne d'erreur d'estimation pour le niveau de confiance d'une taille d'échantillon donnée (nombre d'échantillons), considérant l'écart moyen et l'écart type du paramètre d'observation (vitesse de chargement amont/aval, latence, etc.). Cependant, pour savoir dans quelle mesure un groupe d'échantillons d'une région géographique est représentatif, il convient de calculer l'erreur d'estimation de la distribution spatiale des échantillons. L'échantillonnage stratifié fournit les formules nécessaires pour estimer la représentativité géographique (voir § A.1.2 de l'Annexe A de [UIT-T E.806] et [b-Scheaffer] pour les formules de l'échantillonnage stratifié).

Dans la stratification, la région géographique à l'étude (une ville, par exemple) doit être divisée en strates ou groupes de zones géographiques. Chaque groupe aura différentes caractéristiques, et il est possible de déduire le degré de représentativité d'un groupe de zones (avec des échantillons de données participatives) pour une région entière.

Pour ce faire, il est possible d'utiliser la technique de découpage en cellules pour subdiviser une région donnée en zones plus petites. La taille des cellules peut varier selon la taille de la région à l'étude (dizaines ou milliers de mètres, km). Une fois que le découpage en cellules a eu lieu, les cellules doivent être attribuées à l'une de ces strates. Au final, les formules de l'échantillonnage stratifié peuvent être utilisées pour estimer le nombre minimum de cellules nécessaires pour atteindre la

représentativité statistique d'une région. L'Appendice I donne un exemple chiffré pour illustrer cette approche de la stratification.

En utilisant les techniques mentionnées ci-dessus, il est possible d'estimer le nombre minimum de cellules (échantillonnage stratifié) avec une taille d'échantillon requise (échantillonnage aléatoire simple) garantissant une certaine erreur d'estimation. Toutefois, lorsque les données participatives proviennent de tests lancés par l'utilisateur ou d'une collecte de données passives, il n'est pas possible d'établir un programme à l'avance, il en résulte par conséquent des cellules sans mesures et/ou trop peu (inférieur au niveau de confiance de 95%) et/ou des cellules avec des mesures fortement concentrées. Par conséquent, des outils statistiques sont nécessaires pour calculer l'erreur d'estimation d'un groupe d'échantillons lorsqu'une programmation/une planification est impossible.

Dans ce cas, les formules permettent également d'obtenir l'inverse; il est possible de calculer l'erreur d'estimation à partir d'un nombre de cellules avec des échantillons d'une ville donnée. Une approche pourrait consister à attribuer des pondérations différentes aux cellules surpeuplées/sous-peuplées de manière à ce que les résultats soient comptabilisés en fonction du nombre de mesures que chaque cellule contient.

En résumé, étant donné les enjeux liés à la distribution géographique des échantillons participatifs, si les résultats sont agrégés pour une ville/une région, une analyse statistique doit être réalisée pour comprendre la fiabilité des échantillons en termes d'erreur d'estimation et de niveau de fiabilité associés, par exemple.

7.3.2 Traitement des données

Le présent paragraphe traite de considérations relatives au traitement correct des données en vue de fournir des analyses fiables.

Les ensembles de données se distinguent selon la manière dont les données ont été recueillies. Les objectifs des analyses varieront en conséquence. Pour cette raison, il est impossible de prescrire une procédure unique. Toutefois, il est utile d'envisager les différents types d'étapes de traitement et de citer quelques exemples pour chacun d'entre eux.

Voici certaines des catégories d'étapes de traitement identifiées:

- Filtrage
- Classement par catégorie
- Agrégation

Une méthode type de traitement peut consister en un ensemble d'étapes de filtrage, suivi par une série d'étapes de classement par catégorie et par une agrégation finale; toutefois les étapes de différentes catégories peuvent aussi se chevaucher.

7.3.2.1 Filtrage

Les processus de filtrage peuvent être utilisés pour supprimer les données redondantes, non fiables non pertinentes qui doivent être immédiatement exclues de l'analyse. Par exemple:

- les doublons;
- les données non collectées durant la période à l'étude, ou durant une période dont la valeur de temps n'est pas valable;
- les données sortant des bornes géographiques à l'étude, ou dont la valeur de localisation n'est pas valable.

Selon le cas d'utilisation, d'autres filtres peuvent s'avérer nécessaires. Par exemple, pour les tests actifs, il peut être souhaitable de supprimer les tests où le système d'exploitation du dispositif ou les préférences d'utilisation du dispositif risqueraient d'interdire ou de limiter l'accès au réseau, par

exemple si un mode d'économie d'énergie ou un mode avion est activé; ou lorsque l'utilisateur a désactivé manuellement les données.

7.3.2.1.1 Filtrage du comportement de test anormal

Un autre objectif du filtrage mérite une attention particulière. Comme évoqué au § 7.2.1, des acteurs malveillants peuvent tenter d'altérer les résultats, par exemple en exécutant délibérément des tests dans des localisations spatiotemporelles dont ils savent qu'elles produiront des résultats de test favorables, ou défavorables pour d'autres. Si des dispositifs présentent des caractéristiques de test inhabituelles, telles qu'un grand nombre de tests, ou produisent des résultats de test atypiques, ces données peuvent être isolées.

Bien qu'il soit possible de recourir aux techniques automatisées dans ces cas, les tentatives d'altérer les données peuvent évoluer de façon à éviter les filtres demandant une analyse adaptative. Notamment, en présence de rapports publics fréquents et granulaires sur des résultats participatifs, les utilisateurs ont la possibilité de déclarer si et dans quelle mesure, leurs tentatives d'altérer les résultats ont pu aboutir. Si les utilisateurs ont constaté que leurs tentatives avaient été filtrées, ils peuvent modifier leur stratégie. Pour les campagnes de collecte de données participatives longues et continues faisant intervenir des rapports publics, il est réaliste de s'attendre à devoir constamment concevoir de nouvelles mesures, au rythme où des contre-mesures sont décelées.

Le comportement de test anormal n'est pas toujours conçu pour altérer les résultats agrégés. Les utilisateurs peuvent avoir des motivations personnelles à utiliser des applications participatives qui les amènent à produire des caractéristiques de données inhabituelles. Par exemple, un utilisateur peut souhaiter produire une preuve qui le libérera de son contrat, en choisissant des endroits de son domicile où les données sont très faibles, exécuter des tests et effectuer des captures d'écran. À l'inverse, il peut souhaiter partager sur les réseaux sociaux une preuve de l'excellent débit de réseau dont il bénéficie, ce qui l'amènera à favoriser les emplacements où il a la meilleure expérience de réseau.

En sondant les utilisateurs sur leurs motivations à réaliser le test par le biais de l'agent intermédiaire (voir § 7.2.1), il peut être possible de filtrer ce type de cas. Il est recommandé que l'enquête soit simple, courte et facultative pour encourager un fort taux de participation (placée de telle manière que de nombreux utilisateurs la verront et y répondront: "démarrer le test en nous disant pourquoi vous faites le test aujourd'hui") et éviter une baisse du nombre de tests, ce à quoi on pourrait s'attendre si l'enquête est présentée comme une condition préalable au test. Même dans le cas où la plupart des utilisateurs ne répondent pas à cette question, si le nombre de réponses recueillies est suffisant, celles-ci peuvent servir de base d'apprentissage pour identifier les motivations générales des utilisateurs.

7.3.2.2 Classement par catégorie

Le classement par catégorie est l'étape lors de laquelle les données sont améliorées ou corrigées en vue de les préparer à un traitement ultérieur. Les étapes pouvant présenter un intérêt sont les suivantes:

- **Mise en correspondance d'identifiants de réseau:** les réseaux mobiles sont parfois capables de diffuser différents noms de réseau ou de fonctionner avec des codes de réseau du mobile (MNC) multiples. Dans ce cas, il peut s'avérer utile de le mettre en correspondance avec un identifiant et un nom canoniques. Il convient de noter qu'une attention particulière doit être portée aux cas où l'indicatif de pays du mobile (MCC) de la carte SIM indique un pays différent du pays indiqué par l'indicatif de pays du mobile du réseau connecté; selon l'analyse en cours d'exécution, il peut s'avérer judicieux de supprimer les résultats contenant des données en itinérance internationale.
- **Correction de l'heure de mesure:** étant donné que l'heure peut être modifiée manuellement sur les dispositifs de l'utilisateur final, l'heure indiquée par le dispositif peut ne pas être fiable.

Des corrections peuvent être appliquées lorsque la valeur horaire envoyée par le dispositif varie fortement par rapport à la valeur du serveur de la collecte faisant foi.

- **Géocodage**: des coordonnées de localisation sous la forme d'une latitude et d'une longitude peuvent se voir attribuer des identifiants de localisation, au moyen par exemple d'un indice spatial hiérarchique, ou un ensemble spécifique de polygones représentant des villes ou des provinces, notamment.

7.3.2.3 Agrégation

Les étapes d'agrégation comportent plusieurs résultats de tests individuels. En général, ces derniers ont fait l'objet d'un filtrage, d'un classement par catégorie et sont utilisés pour produire des statistiques récapitulatives finales.

L'agrégation dépendra grandement de l'analyse. Les facteurs suivants doivent être pris en considération:

- Les résultats doivent-ils d'abord être agrégés au niveau de l'utilisateur du dispositif; puis une moyenne de ces résultats sera effectuée? Cette stratégie "un utilisateur, une voix" tendra à éviter que les résultats ne soient trop influencés par les dispositifs utilisateur qui rapportent plus d'échantillons de données.
- Une nouvelle pondération des données est-elle nécessaire à un autre niveau – géographique ou temporel?

Pour ce deuxième point, l'Appendice I fournit un exemple sur la manière d'appliquer l'échantillonnage stratifié dans le contexte des services mobiles.

Il convient de noter que toutes les entités impliquées dans la collecte et le traitement des données, c'est-à-dire vendeurs, opérateurs, régulateurs, doivent se conformer à la législation sur la protection des données correspondante. Cela vaut pour le traitement des données car l'agrégation requiert souvent un identifiant de dispositif pour un utilisateur unique et dans certains cadres juridiques, la présence d'une telle information assortie de données sur la localisation constituent une donnée personnelle.

8 Scénarios de configuration

Comme évoqué précédemment, l'approche participative peut être classée comme catégorie active ou passive et comme collecte de données lancée par l'utilisateur final ou automatisée. Parallèlement à l'approche de la solution participative, il existe différentes options de configuration pour la mise en œuvre de la collecte de données sur la qualité de service basée sur une approche participative. Les scénarios de configuration reposent à ce titre sur deux éléments centraux: i) le dispositif dans lequel la solution participative sera intégrée et ii) le point de réseau auquel le serveur test sera attribué. Il est important de mettre en avant que les solutions de collecte passive de données participatives ne nécessitent pas de serveur test, dès lors qu'aucun trafic artificiel ou charge utile test n'est généré(e). Les tests, qu'ils soient lancés par l'utilisateur final ou automatisés, présentent des caractéristiques qu'il convient également de prendre en compte dans la définition des scénarios de configuration.

Ces définitions doivent également prendre en considération les compromis liés aux objectifs de l'évaluation de la qualité de service. Le présent paragraphe approfondit les caractéristiques des différents scénarios de configuration pour la collecte de données participatives dans les réseaux large bande fixes et mobiles.

8.1 Appareil de collecte de données

La collecte de données dans l'approche participative peut s'effectuer sur différents types de dispositifs rattachés à différents éléments de la fourniture de service comme expliqué dans le modèle de la qualité de service de bout en bout présenté dans [UIT-T E.800], illustré à la Figure 3.

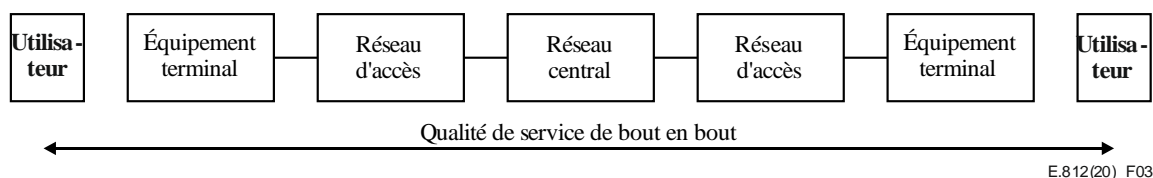


Figure 3 – Modèle d'évaluation de la qualité de service de bout en bout [UIT-T E.800]

NOTE– Conformément à [UIT-T E.800], la configuration illustrée ci-dessus correspond à un service classique avec des utilisateurs à chaque extrémité d'une connexion. Dans la présente Recommandation, le terme utilisateur final désigne l'indication d'utilisateur présenté à la Figure 3.

Ainsi, lors de l'évaluation de la qualité de service de bout en bout, la solution de collecte de données doit être affectée à l'équipement terminal de l'utilisateur final.

Pour les réseaux large bande fixes, cela signifie que la solution participative est intégrée dans l'équipement des locaux d'abonné (CPE) ou dans le dispositif de l'utilisateur final (tel que les appareils mobiles, les ordinateurs personnels, les télévisions intelligentes, etc.). Pour les réseaux mobiles, la solution est embarquée dans les dispositifs mobiles. Les solutions présentes dans les dispositifs sont sujettes à certaines variables telles que des variables environnementales (par exemple, la force du signal WiFi où le test est réalisé influe sur les résultats collectés).

Les solutions attribuées aux dispositifs mobiles peuvent être notamment des applications dédiées à l'évaluation de la qualité, généralement fournies par des vendeurs spécialisés. La solution peut aussi être intégrée dans une application spécifique, telle que l'application de service à la clientèle de l'opérateur (lorsque l'opérateur met en place sa propre solution) ou des applications de tiers, telles que les réseaux sociaux, les jeux ou les éditeurs de photos.

Les solutions attribuées à des ordinateurs personnels peuvent être des pages web auxquelles les utilisateurs accèdent à des fins de test, ou des applications d'arrière-plan qui fonctionnent sur des navigateurs web ou des applications spécifiques.

En particulier, pour les scénarios large bande fixe, lorsque la solution participative est placée dans les appareils des utilisateurs finals, la qualité de service évaluée est liée à ce dispositif; il existe par conséquent des limitations du fait des caractéristiques techniques du dispositif et des limitations dans la technologie de connexion (telle que WiFi ou Ethernet). D'un autre côté, si la solution est intégrée directement dans l'équipement des locaux d'abonné, l'information relative à la qualité de service reflétera le service fourni d'un point de vue général.

8.2 Allocation de serveurs test

Les serveurs utilisés pour héberger les tests actifs altèrent considérablement les résultats et doivent par conséquent être sélectionnés avec soin. Un bon point de départ consiste à examiner les différents types de serveurs. Une synthèse non exhaustive des serveurs d'hébergement les plus courants est fournie dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Comparaison des options des serveurs d'hébergement test

Type de serveur d'hébergement	Caractéristiques	Services types
Points de présence (PoP) du réseau	<p>Les serveurs sont placés dans l'infrastructure de réseau des fournisseurs de service ou de l'entité connectée (universités, entreprises privées, ou agences gouvernementales), jugée proche de l'utilisateur final.</p> <p>Les serveurs test hébergés à cet emplacement sont conçus pour tester la performance du réseau d'accès.</p>	<p>Hébergement de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – fichiers; – sites web.
Réseau de fourniture du contenu (CDN)	<p>Les ressources de contenu sont généralement distribuées par le biais de centaines ou de milliers de nœuds à travers l'Internet et sont conçues pour fournir du contenu. Le réseau CDN est une forme de traitement de l'information sans serveur et peut présenter différents liens avec le contenu fréquemment consulté caché dans de nombreux nœuds périphériques.</p> <p>Certains réseaux CDN permettent la création d'applications qui peuvent être utilisées pour réaliser des tests.</p>	<p>Distribution de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – vidéo fréquence et audio fréquence à la demande; – artefacts binaires d'applications mobiles; – contenu de site web (image, texte, fichiers JavaScript, etc.).
Services reposant sur l'informatique en nuage	<p>Les ressources informatiques sont généralement distribuées à travers quelques dizaines d'emplacements sur l'Internet et conçues pour supporter une vaste gamme de services nécessitant des services informatiques modulables.</p> <p>Ce type d'hébergement comprend également des modèles informatiques périphériques qui présentent des serveurs plus petits dans un nombre d'emplacements plus grand, généralement pour les applications ayant besoin de moins de latence.</p>	<p>Hébergement des éléments suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – applications basées sur le nuage; – bases de données; – moteurs de jeux; – communications vidéo over-the-top, communications vocales de groupe over-the-top; – services liés à l'Internet des objets (informatique en périphérie); – jeux en nuage (informatique en périphérie).

En outre, la connectivité de l'utilisateur final vers le (les) serveur(s) test influe également sur les caractéristiques mesurées. Les serveurs test peuvent être attribués à des opérateurs de réseau (on-net) ou au réseau de façon externe (off-net). Une comparaison des types d'accès au serveur est présentée dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Comparaison des types d'accès au serveur

Type d'accès au serveur	Types de serveur d'hébergement	Caractéristiques
On-net	<ul style="list-style-type: none"> – Fournisseur de service de l'utilisateur final – Serveurs cache CDN – Serveurs cache périphériques des services reposant sur l'informatique en nuage 	Utile pour qualifier les indicateurs du réseau d'accès des services les plus prisés ou fréquemment utilisés.
Off-net	<ul style="list-style-type: none"> – Entité connectée (universités, entreprises privées, ou agences gouvernementales) – Fournisseurs de service autres que le fournisseur de service de l'utilisateur final – Réseaux CDN – Services reposant sur l'informatique en nuage 	Utile pour qualifier les indicateurs de tous les types de services et emplacements réseau, qu'ils soient prisés ou non.

Le profil des services de réseau et de données consultés par un utilisateur final d'un réseau donné renseignera sur la proportion à appliquer pour les mesures des serveurs on-net et off-net. Les régulateurs peuvent sélectionner des profils de données de réseau correspondant à leurs besoins. En présence de serveurs test multiples, des options peuvent être prévues pour sélectionner le serveur test automatiquement ou manuellement. Si la sélection du(des) serveur(s) test se fait automatiquement, l'une des options est de sélectionner le(s) serveur(s) test proche(s) de l'utilisateur final, qui garantira que le nombre de segments de réseau est minimisé, donnant ainsi une mesure plus précise du réseau d'accès. D'un autre côté, la sélection manuelle du serveur permet de mesurer l'accès d'une entité donnée.

Il est évident que les distributions de serveurs pour une mesure représentative de la qualité de service varient selon le service à l'étude. Comme évoqué dans les précédents paragraphes, les tests actifs peuvent être conçus pour être spécifiques à différents services; en termes de serveurs, cela peut signifier qu'un test de vidéo à la demande diffuserait des données à partir d'un réseau de fourniture de contenu CDN utilisé par des services vidéo prisés tandis qu'un test de jeux en ligne communiquerait avec un serveur en nuage utilisé conjointement par plusieurs moteurs de jeux.

Si l'on considère le réseau de fourniture de contenu comme des serveurs test, deux autres points doivent être relevés:

- Le contenu fréquemment consulté peut être mis en cache plus près des utilisateurs finals que le contenu moins consulté. Ainsi, un test actif téléchargera initialement un fichier caché sur certains nœuds seulement du réseau de fourniture de contenu, mais une fois que le test aura été exécuté plusieurs fois, le fichier pourra être distribué sur davantage de nœuds et commencera à se charger plus rapidement. Autoriser une période d'adaptation pour toute nouvelle solution participative permet d'éviter ces points de variation.
- Les tests concernant l'allocation dynamique d'adresses IP et le protocole de transport hypertexte sécurisé (HTTPS) sont plus fiables face au traitement inéquitable du trafic test par les opérateurs de réseau mobile. À titre d'exemple, si un test diffusant une vidéo utilise une adresse IP statique connue des opérateurs de réseau, un opérateur qui bride le trafic vidéo pourrait supprimer la limitation du réseau uniquement pour le test; l'utilisation du protocole de transport hypertexte sécurisé (HTTPS) et une adresse IP statique complique cette démarche.

Pour mesurer la qualité de service de bout en bout, il peut s'avérer insuffisant d'effectuer des tests par rapport à des serveurs hébergés dans des endroits neutres (par exemple au même endroit que des

points d'échange Internet (IXP)) étant donné que le trafic de réseau risque pour l'essentiel de ne pas franchir cette route. Cette approche de mesure de la qualité de service de bout en bout peut présenter des facteurs sur lesquels les opérateurs de réseau n'ont pas de contrôle direct. Dans l'exemple du paragraphe précédent, les serveurs les plus proches utilisés pour les jeux mobiles en ligne prisés peuvent se trouver dans un autre pays que celui à l'étude, ainsi la qualité des liens internationaux (et la distance qu'ils couvrent) sera incluse dans la qualité de service mesurée.

Pour conclure ce paragraphe, étant donné la grande diversité de services auxquels les utilisateurs finals accèdent et la diversité correspondante de points d'extrémité de ces services, il est souhaitable de se concentrer sur un petit ensemble de services de base, en particulier ceux qui sont prisés et nécessitent une bonne performance de bout en bout. Pour ces services, il est possible de concevoir des mesures spécifiques pour définir la qualité de service de bout en bout. Cela implique de sélectionner une distribution de serveur (ou un ensemble de distributions de serveur) correspondant précisément à celle utilisée par le trafic réel de ce service.

9 Autres lignes directrices pour les régulateurs

Ce paragraphe présente d'autres lignes directrices pour les régulateurs souhaitant utiliser les mesures de la qualité de service basé sur une approche participative.

Un régulateur peut réaliser sa propre collecte de données, demander à des opérateurs de lui fournir des données ou utiliser les solutions de tiers selon les lignes directrices exposées dans la présente Recommandation.

Pour faciliter l'interprétation et la comparabilité des résultats, il est essentiel d'adopter une définition adaptée et une méthodologie commune.

Pour garantir la neutralité et la comparabilité des résultats, il est recommandé aux régulateurs de:

- a) définir des règles de garantie de transparence en termes de description de la méthodologie d'échantillonnage choisie, d'indicateurs de la qualité de service et de mode de comptabilisation, et des règles de traitement des données;
- b) s'assurer qu'il n'existe pas d'interférence sur les résultats de la collecte de données, par exemple, en mettant en place des outils participatifs pour l'envoi des données, sans filtre, de préférence en temps réel, vers une plate-forme centrale, et en surveillant toutes les caractéristiques de test indiquant des tentatives de manipulation des outils participatifs utilisés;
- c) réaliser des processus d'audit pour vérifier la conformité aux exigences et à la méthodologie de test définie;
- d) demander aux fournisseurs des données d'informer le régulateur des modifications de la méthodologie (y compris les configurations, l'échantillonnage et la collecte de données, entre autres) pour validation.

Dans le cas de solutions participatives mises en œuvre par les opérateurs, pour assurer la comparabilité des résultats, un régulateur peut décider d'adopter une procédure d'approbation ou d'audit qui peut inclure une validation de solution pour les scénarios de configuration choisis.

Les procédures de validation peuvent garantir la fiabilité des comparaisons de résultats entre les opérateurs et/ou les régions. Dans ce cas, l'objectif de la validation est d'évaluer la solution de collecte de données et sa capacité à générer des échantillons avec un degré de précision et d'exactitude par rapport aux exigences définies, telles que les normes techniques, l'échantillonnage, le traitement des données et la méthodologie de test pour la collecte de données.

Le régulateur peut demander que le fournisseur de service ou le vendeur de test fournisse un manuel opérationnel contenant la méthodologie de test utilisée, les scénarios de configuration de test, les

spécifications techniques des données collectées ou les valeurs de mesure, et les méthodes de traitement des données employées.

Si une information ne peut être obtenue à partir de la collecte de données du régulateur ou qu'une information est susceptible d'arriver à expiration, les régulateurs peuvent demander aux opérateurs de fournir ces informations sur une base régulière.

NOTE – Parmi les informations non comprises dans l'équipement des locaux d'abonné figurent notamment dans le cas des réseaux large bande fixes, des informations contractuelles des utilisateurs finals (dont la vitesse maximale, minimale ou garantie), et les modèles de dispositifs prenant en charge les normes techniques requises pour exécuter les mesures.

Appendice I

Exemple numérique de l'approche de l'échantillonnage stratifié pour les services mobiles

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Cet Appendice contient un exemple numérique qui illustre les formules d'échantillonnage selon la méthodologie décrite à l'Annexe A de [UIT-T E.806] pour estimer la représentativité des données participatives concernant le service mobile.

Si des données doivent être publiées sur le débit moyen ascendant/descendant pour chaque ville, les valeurs de mesure tiendront compte des données participatives. Avec les données participatives tirées du service mobile, il est important d'évoquer l'erreur d'estimation spatiale des échantillons, en d'autres termes de définir le degré de représentativité de ces échantillons pour une région géographique. Étant donné qu'il n'existe pas de contrôle de l'origine géographique des échantillons, il est possible d'estimer la représentativité statistique spatiale.

Pour parvenir à cette estimation, chaque ville est tout d'abord divisée en cellules de 100 m × 100 m (la taille des cellules peut varier selon la taille des villes, etc.). Il existe différentes méthodes pour établir ces cellules, dont Geohash.

Afin de déterminer le degré de représentativité des échantillons du point de vue géographique/spatial, les cellules peuvent être classées dans des catégories (strates). Un aspect important de la stratification est que les éléments de chaque catégorie auront des caractéristiques communes et d'autres qui les distingueront des autres catégories.

Si nous revenons à notre exemple, la première étape de l'échantillonnage stratifié consiste à choisir un critère pour former une strate et classer les cellules selon ce critère. Le critère choisi est la distribution de population. Toutefois, il peut exister une autre variable pertinente dans l'étude, telle que la densité d'utilisateurs, la densité de dispositifs, etc.

Dans l'exemple qui suit, on utilise le critère de la densité de population pour définir la strate:

Nombre de strates	Fourchette	Nombre de cellules
1	Densité de population $\leq 2\ 000$	193 760
2	$2\ 000 < \text{Densité de population} \leq 4\ 000$	260 766
3	$4\ 000 < \text{Densité de population} \leq 6\ 000$	213 436
4	Densité de population $\leq 8\ 000$	306 937
		974 899

Une fois que les cellules sont classées, une borne d'erreur d'estimation (B) utilisant les variables descriptives correspondantes de chaque strate (média, écart type et variance du débit descendant, par exemple) peut être définie.

Au final, le nombre total de cellules représentant la zone à l'étude (ici une ville), avec une certaine erreur d'estimation, peut s'obtenir au moyen de la formule d'échantillonnage stratifié suivante (décrite au § A.1.1 de [UIT-T E.806]):

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i)^2}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2} \quad D = \frac{B^2}{4}$$

où:

L est le nombre total de strates (groupes utilisés pour diviser le pays; dans le cas de la classification urbaine ou rurale, $L = 2$)

σ_i est l'écart type attendu pour la strate i

N_i est le nombre de zones géographiques dans chaque strate (nombre de localités classées comme urbaines ou rurales)

N est le nombre total de zones géographiques (nombre total de localités au sein d'un pays)

$D = \frac{B^2}{4}$, où B est la borne de l'erreur d'estimation

$$n_i = n \left(\frac{N_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i} \right) \quad i = 1, 2, 3$$

où:

n_i est le nombre de zones géographiques à mesurer dans la strate i (pour $i = 1$ [localité urbaine], n_i serait le nombre de localités urbaines à mesurer);

n est le nombre total de zones géographiques à mesurer (nombre de localités urbaines et rurales à mesurer).

Strate	Fourchette	Nombre de cellules	Média	Écart type	Variance
1	Densité de population <= 2 000	193 760	5,60	0,66	0,43
2	2 000 < Densité de population <= 4 000	260 766	5,67	0,43	0,18
3	4 000 < Densité de population <= 6 000	213 436	5,23	0,56	0,31
4	Densité de population <= 8 000	306 937	5,32	0,60	0,36
		974 899			

Après avoir calculé le nombre total de cellules nécessaires pour connaître l'importance statistique d'une ville, il faut ensuite calculer le nombre minimal de cellules pour représenter chaque strate de la ville.

À titre d'exemple, la borne d'erreur d'estimation B est fixée à 0,1. Cette variable peut également être obtenue à partir de résultats précédents, ou elle peut être fixée selon l'amplitude de l'erreur acceptable. Une chose importante à garder à l'esprit est que la formule est très sensible à l'erreur d'estimation, par conséquent si B est faible, la taille de l'échantillon sera plus grande. Des scénarios multiples peuvent également être analysés en définissant différentes valeurs pour B .

En appliquant la formule de stratification, avec $D = 0,0025$, il apparaît que $n = 124$ cellules (nombre total de cellules) qui sont ensuite réparties dans chaque strate (n_i étant le nombre de cellules nécessaires dans chaque strate) à l'aide de la seconde formule d'échantillonnage stratifié décrite au § A.1.1 de l'Annexe A dans [UIT-T E.806]:

$$n_i = n \left(\frac{N_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i} \right) \quad i = 1, 2, 3$$

Nombre de strates	Fourchette	n_i
1	Densité de population $\leq 2\ 000$	29
2	$2\ 000 < \text{Densité de population} \leq 4\ 000$	25
3	$4\ 000 < \text{Densité de population} \leq 6\ 000$	27
4	Densité de population $\leq 8\ 000$	42
		124

À ce titre, chaque ville peut se caractériser par au moins n cellules (distribuées selon n_i). Les résultats du débit descendant (ou autre variable à l'étude) auront une erreur d'estimation de B . Bien entendu, les formules permettent aussi de faire le calcul inverse. Étant donné que les données participatives seront disponibles à l'avance, il est possible de calculer l'erreur d'estimation à partir d'un nombre de cellules avec des échantillons d'une ville donnée.

Il est important de mentionner que chaque cellule peut également être considérée comme valide dès lors qu'elle a un nombre minimum d'échantillons. Dans ce cas, un échantillonnage aléatoire simple peut être utilisé pour définir la taille de l'échantillon avec une erreur d'estimation associée.

Lors de la programmation d'une campagne de test, les trois méthodes suivantes pourraient être utilisées pour calculer la taille d'échantillon de la strate: allocation proportionnelle, allocation optimale et allocation mixte.

a) Allocation proportionnelle:

Avec une allocation proportionnelle au nombre d'unités, les fréquences d'échantillonnage sont les mêmes pour toutes les strates:

$$f_h = \frac{n_h}{n} = \frac{N_h}{N}$$

En d'autres termes, plus la strate est grande plus l'échantillon sélectionné dans cette strate sera grand.

Cette allocation entraîne un plan d'échantillonnage auto-pondéré où tous les individus ont la même pondération $w_k = \frac{n}{N}$.

Cela garantit la fiabilité des résultats lorsque plusieurs variables sont analysées simultanément. S'agissant des variances, l'échantillonnage aléatoire simple stratifié avec allocation proportionnelle est plus efficace que le simple échantillonnage aléatoire.

b) Allocation optimale:

L'allocation optimale ou allocation de Neyman optimise la précision de l'estimateur du total de cette variable d'intérêt au niveau de la population globale.

L'allocation de Neyman suppose qu'un grand échantillon doit être sélectionné dans une grande strate et dans une strate avec une dispersion élevée.

Soit C le coût de l'enquête, avec:

$$C = \sum_{h=1}^H n_h \times c_h$$

où n_h est la taille de la strate h et c_h est le coût d'une unité dans la strate h .

Alors:

$$n_h = \frac{N_h \times S_h}{\sqrt{c_h}} \cdot \frac{C}{\sum_{h=1}^H N_h \cdot S_h \cdot \sqrt{c_h}}$$

où N_h est la taille de la population de la strate h et S_h est la variance de la strate.

c) Allocation mixte:

Cette attribution permet de combiner les avantages de deux méthodes précédentes ce qui garantit la fiabilité à faibles coûts.

Avec:

$$n = \alpha n_{prop} + (1 - \alpha)n_{opti}$$

habituellement $\alpha = 1/2$

Appendice II

Cas d'utilisation de l'approche participative

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

II.1 Exemples de cas d'utilisation possibles

Il existe différentes possibilités d'appliquer l'approche relative à la collecte de données participatives dans le contexte des mesures de la qualité de bout en bout. Cette approche comprend notamment les éléments cités dans le [Tableau II.1](#).

Tableau II.1 – Domaines d'application de l'approche participative pour les cas d'utilisation

<u>Domaines d'application</u>	<u>Type de collectes de données participatives</u>	<u>Réseaux fixes/mobiles</u>
<u>Couverture de réseau</u>	<u>Passive</u>	<u>Mobile</u>
<u>Surveillance de la performance et études comparatives</u>	<u>Active et passive</u>	<u>Fixe et mobile</u>
<u>Vérification des réclamations</u>	<u>Active</u>	<u>Fixe et mobile</u>
<u>Vérification des engagements de licences</u>	<u>Active</u>	<u>Fixe et mobile</u>
<u>Planification du réseau</u>	<u>Active et passive</u>	<u>Fixe et mobile</u>
<u>Optimisation du réseau</u>		

En cas de besoin, le déploiement des domaines d'application ci-dessus peut généralement se faire en combinaison avec d'autres couches d'informations du réseau disponibles (par exemple, bandes de fréquence, emplacements des stations de base). Les cas d'utilisation ci-dessous font partie des usages potentiellement identifiés pour l'approche participative de la collecte de données; ils exploitent les données tirées de [b-CrowdWhitepaper]:

II.1.1 Couverture de réseau mobile

Les cas d'utilisation suivants visent à identifier la couverture de réseau mobile disponible dans les environnements à la fois extérieurs et intérieurs.

a) Extérieur

- 1) Avec des points de données suffisants (déterminés par la participation ouverte), il est possible de fournir des cartes de couverture de résolution fine par opérateur mobile. Cela permet de donner une vision détaillée de la couverture de réseau par opérateur et d'éviter des tests en mouvement coûteux en temps et en efficacité.
- 2) Si des données représentatives sont disponibles, elles peuvent être utilisées pour valider les réclamations ou identifier des zones problématiques s'agissant de la qualité de service de bout en bout.
- 3) Indicateur de la distribution des utilisateurs pour les zones géographiques d'intérêt. Étant donné que les données participatives d'une zone spécifique présentent une distribution d'échantillons contenant plus de points de données d'opérateurs ayant plus d'utilisateurs, on peut en tirer un indicateur sur la manière dont les utilisateurs sont distribués entre les opérateurs de réseau.

b) Intérieur

- 1) Validation des réclamations portant sur les environnements intérieurs.

- 2) Possibilité de pointer et d'identifier la faiblesse de la couverture intérieure au moyen des indicateurs de niveau de signal, bien que le niveau de signal puisse affecter de la même manière l'exactitude d'emplacement voire empêcher totalement la couverture (étages inférieurs de garages souterrains).
- 3) Accès à des bâtiments essentiels à accès restreint tels que des hôpitaux, des institutions publiques.
- 4) Indicateur de la distribution des utilisateurs pour les zones publiques essentielles et les centres commerciaux. Étant donné que les données participatives d'une zone spécifique disposeront d'une distribution d'échantillons contenant plus de points de données d'opérateurs ayant plus d'utilisateurs, on peut en tirer un indicateur sur la manière dont les utilisateurs sont distribués entre les opérateurs de réseau.

II.1.2 Surveillance de la performance et études comparatives

- a) À travers la surveillance (à la fois active et passive) des indicateurs fondamentaux de performance ou l'interaction des utilisateurs (par exemple, avis d'utilisateur après une session de service), les données participatives peuvent être utilisées pour évaluer des tendances de performance à différents niveaux géographiques (communes, villes, régions, etc.).
- b) Des données participatives détaillées (dans le temps et l'espace) portant sur l'accès au service et les causes de la libération du service peuvent faciliter l'identification de la racine potentielle de problèmes de performance ressentis par les utilisateurs finals d'une version donnée d'un service en un moment et un lieu donnés et contribuer à trouver rapidement une solution.
- c) Associées aux outils d'interaction avec l'utilisateur (enquêtes et autres sources de résultat de mesures tels que des tests en mouvement), elles peuvent dresser une comparaison plus fiable entre les opérateurs de réseau et les fournisseurs de service en termes de qualité de service.

II.1.3 Vérification des réclamations

- a) Donner aux utilisateurs finals les moyens de trouver des réponses à leurs réclamations concernant le débit Internet trop faible, la couverture mobile insuffisante voire inexistante (notamment dans les zones à faible densité de population), l'impossibilité de passer des appels, les pertes de communication, l'absence d'Internet mobile (malgré la présence de couverture). Tous ces aspects peuvent être analysés ultérieurement, et potentiellement validés à l'aide des résultats émanant des données participatives.
- b) Après confirmation des problèmes liés à une réclamation, les données participatives peuvent également être utiles pour qualifier la réclamation et proposer des solutions disponibles.

II.1.4 Vérification des engagements de licences

Les obligations de couverture mobile pour un opérateur peuvent inclure des engagements de déploiement tels qu'un certain pourcentage de la population ou d'un territoire couvert dans un certain délai. De telles obligations peuvent découler de la licence de l'opérateur ou des conditions de la mise aux enchères de fréquences. Si les points de données sont suffisants, les données participatives peuvent être utilisées pour vérifier le respect de l'engagement de déploiement de réseau à la fois en termes d'infrastructure et de fréquences. Un autre exemple serait le cas d'un opérateur fixe qui aurait pris l'engagement de garantir un ensemble de paramètres de qualité de service minimum aux utilisateurs finals. Les données participatives peuvent être utilisées pour vérifier la performance de ces paramètres.

II.1.5 Planification du réseau

Conformément à [b-CrowdWhitepaper] et aux informations émanant de la planification du réseau et du vendeur d'outils de test, les cas d'utilisation type de systèmes participatifs dans la planification du réseau sont les suivants:

- a) Expansion et/ou déploiement de nouvelles technologies. Dans ce cas, les données participatives peuvent aussi être utilisées pour cartographier l'activité humaine (en termes de mobilité) en considérant comment la distribution d'utilisateur évolue avec le temps. L'identification des zones à forte consommation de données peut être utilisée dans le cadre de la sélection de l'emplacement optimal et de la densité des sites de déploiement du réseau.
- b) Création et réglage des modèles de propagation en lien avec les données topographiques et géolocalisées. Dans ce cas, les données participatives nécessitent des mesures des caractéristiques de fréquences radioélectriques (RF), telles que le niveau de signal, la qualité de signal, l'utilisation des fréquences ou les bandes de fréquences, notamment. En outre, les données participatives utilisées pour ce domaine doivent être exactes, non biaisées, exemptes de défauts potentiellement liés à la collecte des données et elles doivent faire preuve d'une granularité élevée (des lignes directrices pour les exigences de la collecte de données, telles que l'échantillonnage, la programmation, le filtrage, le classement par catégorie et l'agrégation se trouvent au § 7.3).
- c) Optimisation des modèles de trafic utilisés dans la planification.
- d) Rentabilité accrue sur la base de l'optimisation de la qualité (couverture, latence et débit) et retour sur investissement (RoI).

II.1.6 Optimisation du réseau

L'utilisation des données participatives pour l'optimisation du réseau nécessite une précision et une granularité des données élevées. Si cette condition est remplie avec soin, les cas d'utilisation suivants peuvent être pris en charge par des données participatives:

- a) suivre les tendances (même des signaux faibles non perceptibles par des solutions de supervision basées sur le réseau), sur une base régulière (généralement quotidienne), dans l'utilisation et la qualité des services fournis par le réseau observé, en vue d'anticiper les améliorations telles qu'une augmentation de la capacité à l'emplacement et au moment opportuns;
- b) définir les causes à l'origine des problèmes de réseau: les données participatives peuvent être utilisées pour détecter un problème sur le réseau géographique lié au lancement du service, à la couverture, au débit et/ou à la capacité;
- c) effectuer une collecte dédiée de données participatives sur un objectif spécifique (par exemple une zone géographique, un groupe d'utilisateurs avec le même modèle de dispositif mobile) en vue de déceler et de réparer les problèmes spécifiques plus rapidement;
- d) optimiser et/ou remplacer les tests en mouvement en aveugle (n'importe où) et globaux (partout) par des tests ciblés et à la demande (quand et où le problème se produit);
- e) visualiser l'utilisation de la capacité des services mobiles via la densité d'utilisateurs finals en intérieur;
- f) surveiller l'efficacité des solutions d'optimisation du réseau après leur déploiement.

II.2 Exemples d'indicateurs de qualité de service et de calcul des solutions participatives

Le Tableau II.2 présente des exemples d'indicateurs de la qualité de service obtenus à partir des approches participatives assortis de leurs caractéristiques. Les indicateurs peuvent être agrégés séparément pour différents opérateurs, technologies, régions et délais.

Il est important de souligner que les conclusions basées sur les résultats de ces indicateurs doivent prendre en compte le type de solution et le scénario mis en place.

Tableau II.2 – Exemples d'indicateurs de qualité de service

<u>Indicateur</u>		<u>Description</u>	<u>Service</u>	<u>Observations</u>
<u>Vitesse de chargement amont et aval</u>	<u>Conformité à la vitesse souscrite (amont et aval)</u>	<u>Pourcentage de tests au cours desquels la vitesse mesurée était égale à la vitesse souscrite, calculée en liaison descendante et en liaison montante.</u>	<u>Fixe</u>	<u>Cet indicateur ne peut être obtenu que si l'information à propos de la vitesse souscrite est disponible. Les solutions utilisant l'équipement des locaux d'abonné comme dispositif peuvent donner des résultats plus convenables, car le test n'est pas altéré par des restrictions de connexion WiFi.</u>
	<u>Conformité à la vitesse minimale (amont et aval)</u>	<u>Pourcentage de tests au cours desquels la vitesse mesurée était égale à la vitesse minimale, établie pour chaque technologie (3G, 4G), calculée en liaison descendante et en liaison montante.</u>	<u>Mobile</u>	<u>Cet indicateur ne peut être obtenu que si l'information à propos de la vitesse souscrite est disponible.</u>
	<u>Vitesse type (débit descendant et montant)</u>	<u>Résultats de la tendance centrale d'une série de tests de vitesse, calculée en liaison descendante et en liaison montante.</u>	<u>Fixe et mobile</u>	<u>Les calculs peuvent appliquer des statistiques moyennes ou médianes, selon le comportement statistique des données.</u>
<u>Latence</u>		<u>Temps de transmission aller-retour dans une série de tests de latence (transmission des paquets UDP).</u>	<u>Fixe et mobile</u>	<u>Les formules de calcul peuvent appliquer des statistiques moyennes ou médianes, selon le comportement statistique des données.</u>
<u>Gigue</u>		<u>Temps de transmission aller-retour dans une série de tests de latence (transmission des paquets UDP).</u>	<u>Fixe et mobile</u>	<u>Les formules de calcul peuvent appliquer des fourchettes ou des valeurs associées à des centiles bas et élevés pour les statistiques récapitulatives, selon le comportement statistique des données.</u>
<u>Perte de paquets</u>		<u>Pourcentage de paquets de protocole de datagramme d'utilisateur (UDP) perdus durant une série de tests de latence (transmission des paquets UDP).</u>	<u>Fixe et mobile</u>	<u>Les calculs peuvent appliquer des statistiques moyenne ou médianes, selon le comportement statistique des données.</u>
<u>Technologie d'accès mobile (3G, 4G, 5G, etc.)</u>		<u>Points de données observés au moyen de différentes technologies d'accès mobile.</u>	<u>Mobile</u>	<u>Les formules de calcul peuvent appliquer un pourcentage ou un ratio de différentes technologies d'accès.</u>

NOTE 1 – Les indicateurs 10ème centile (bas) et 90ème centile (élevé) peuvent s'obtenir aussi pour différents groupes dans des tableaux précédents et peuvent convenir pour compléter des indicateurs moyens et médians, en fournissant des renseignements sur les pires et les meilleurs résultats.

NOTE 2 – La conformité à une latence, gigue et perte de paquets définies a minima peut aussi être utilisée comme des indicateurs complémentaire pour la comparaison des résultats de différentes régions et de différents opérateurs.

NOTE 3 – Pour certains indicateurs agrégés tels que, par exemple, sans toutefois s'y limiter, perte de paquet, gigue et vitesse, l'accès à des informations détaillées telles que l'intervalle de temps peut contribuer à compléter les valeurs moyennes. Ainsi, une session avec faibles pertes de paquets, qui se caractérise par un trafic sporadique, pourra donner une expérience utilisateur moins bonne qu'une session avec plus de pertes de paquets mais où les paquets sont répartis de manière homogène.

II.3 Exemples de règles de filtrage de données

L'un des aspects majeurs de l'évaluation de la qualité de service au moyen de l'approche participative consiste à valider les données collectées et d'appliquer des critères prédéfinis pour approuver ou rejeter les enregistrements de données.

Le Tableau II.3 présente des exemples de ces critères, également appelés règles de rejet:

NOTE – Le paragraphe 7.3.2 fournit des lignes directrices relatives aux considérations de traitement des données, par exemple le filtrage, le classement par catégorie et l'agrégation.

Tableau II.3 – Exemple de règles de filtrage

<u>Situation identifiée</u>	<u>Description</u>	<u>Observations</u>
<u>Duplications</u>	<u>Enregistrements représentant le même horaire et même dispositif.</u>	
<u>Erreur de mesure</u>	<u>Des champs de fanions d'erreur indiquent qu'une erreur s'est produite en cours de test.</u>	
<u>Conditions de mesure modifiées</u>	<u>Pour les tests actifs qui ne se terminent pas instantanément, tels que des tests de téléchargement, pour lesquels le type de réseau ou l'interface varie considérablement (alternance entre cellulaire et WiFi, ou entre différentes technologies cellulaires).</u>	<u>S'applique aux analyses visant à mesurer la performance d'un scénario spécifique tel que tout-mobile ou tout-WiFi. Toutefois, pour certaines analyses, ces tests seront pertinents et pourraient être intégrés.</u>
<u>Parité chargement amont et aval</u>	<u>Tests qui ne donnent des résultats que pour le chargement aval ou amont.</u>	<u>Ne s'applique qu'aux solutions où chaque test de chargement aval présente une paire d'essai de chargement amont.</u>
<u>Identification du serveur de test</u>	<u>Le serveur de test ne correspond à aux serveurs acceptés.</u>	<u>Ne s'applique qu'aux tests actifs où les serveurs de test sont prédéfinis. Par exemple, si le trafic international est hors de portée de la stratégie de mesure, des tests sur des serveurs situés en dehors du pays doivent être exclus. De la même manière, si l'objectif est de mesurer la performance on-net d'un fournisseur de service Internet, il est nécessaire d'exclure les tests sur un serveur en dehors du réseau du fournisseur de service Internet.</u>
<u>Nombre de mesures maximales par fenêtre de temps dépassée</u>	<u>Si le nombre de mesures excède un maximum</u>	<u>Pour les tests automatiques, il est également possible de définir un nombre</u>

Tableau II.3 – Exemple de règles de filtrage

<u>Situation identifiée</u>	<u>Description</u>	<u>Observations</u>
		<p>maximum de tests pour éviter de collecter ce type de données.</p> <p>À titre alternatif, cette donnée peut être admise dans la liste tant que le processus d'agrégation statistique empêche de telles valeurs d'altérer les résultats de façon injustifiée. Par exemple, cela pourrait être réalisé en pré-agrégeant des segments pour les dispositifs de temps en amont du calcul final.</p>
<u>Données hors de portée de lieu et de temps</u>	<u>Tests présentant des fourchettes de localisation et/ou de période horaire sortant du périmètre désiré.</u>	
<u>Valeurs de champs non valides ou incomplètes</u>	<u>Tests contenant des valeurs incomplètes ou non valides pour des champs indispensables au calcul des indicateurs (tels que localisation, niveau de batterie, identification du dispositif)</u>	<u>Les règles acceptables pour les champs de données doivent être prédéfinies.</u>
<u>Résultats de champs conflictuels</u>	<u>Les résultats de différents champs fournissent des informations conflictuelles.</u>	
<u>Batterie faible</u>	<u>Résultats fournis par des dispositifs en état de batterie faible ou dont l'utilisation du niveau de batterie est inférieure aux seuils tolérés</u>	<p>S'applique à des solutions intégrées dans le dispositif de l'utilisateur final.</p> <p>Pour les tests automatiques, il est possible de définir cet aspect comme une condition pour ne pas démarrer le test.</p>
<u>Niveau de signal faible</u>	<u>Résultats obtenus par des dispositifs présentant un niveau de signal faible</u>	<p>S'applique à des solutions intégrées dans le dispositif de l'utilisateur final et aux connexions sans fil (mobiles ou WiFi).</p> <p>Pour les tests automatiques, il est possible de définir cet aspect comme une condition pour ne pas démarrer le test.</p> <p>Toutefois, pour certaines analyses, ces tests seront pertinents et pourraient être intégrés.</p>
<u>Trafic concurrent</u>	<u>Résultats compromis par un trafic concurrent dans le dispositif</u>	<p>S'applique uniquement aux tests actifs.</p> <p>Pour les tests automatiques, il est possible de définir cet aspect comme une condition pour ne pas démarrer le test.</p>

Par conséquent, lors de l'évaluation de la conformité des résultats avec les niveaux souscrits (voir le premier indicateur cité dans le Tableau II.2), la liste de critères de filtrage ci-après peut apporter une aide au calcul des indicateurs d'une région/période de temps donnée:

- L'adresse IP du dispositif ne correspond pas à la réserve d'adresses IP de l'opérateur supposé.
- Des modifications ont été apportées dans les niveaux de souscription de l'abonné.
- Le contrat de l'abonné a été résilié.

- L'adresse de l'abonné a été modifiée.
- Les informations du contrat de l'abonné n'ont pas pu être trouvées.

Appendice III

Approches participatives pratiques relatives au large bande fixe

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Les régulateurs et les opérateurs sont confrontés à des enjeux liés à l'approche participative du réseau fixe qui diffèrent de ceux se produisant dans le réseau mobile. Cet appendice propose des approches qui peuvent être considérées pour mettre en œuvre des solutions participatives de réseau fixe.

III.1 Normes relatives à la collecte de données à partir de l'équipement des locaux d'abonné

Dans l'approche participative pour le réseau fixe large bande, trois normes peuvent être considérées lorsqu'il s'agit de définir une solution attribuée à des dispositifs d'équipement des locaux d'abonné:

- i) Rapport technique 069 du Broadband Forum [b-BBF TR-069], "CPE WAN management protocol CWMP".
- ii) Rapport technique 143 du Broadband Forum [b-BBF TR-143], "Enabling Network Throughput Performance – Tests and Statistical Monitoring".
- iii) Rapport technique 471 du Broadband Forum [b-BBF TR-471], "Maximum IP-Layer Capacity Metric, Related Metrics, and Measurements".

TR-069 est un protocole de couche application pour la communication entre l'équipement de l'utilisateur final et les contrôleurs centraux du fournisseur d'accès, définissant une procédure normalisée pour la gestion à distance de l'équipement des locaux d'abonné (CPE). Ce protocole prend en charge des fonctions telles que l'auto-configuration, la gestion d'image logicielle ou micrologicielle, la gestion et le statut de module logiciel. Les mécanismes d'identification inclus dans le protocole permettent d'approvisionner un équipement CPE sur la base soit des spécifications propres à cet équipement soit d'un ensemble de critères tels que le fabricant, le modèle ou la version logicielle de l'équipement CPE.

L'architecture du protocole TR-069 autorise la gestion du dispositif avec l'équipement CPE sur la passerelle du client, mais aussi avec des dispositifs intégrés dans le réseau d'entreprise/domestique du client.

Le protocole TR-143 a été conçu à l'origine pour les opérateurs comme un outil permettant de surveiller la performance du réseau en continu pour empêcher les problèmes de se produire et diagnostiquer les problèmes quand ils surviennent. Le rapport technique définit les objets de modèles de données de l'équipement CPE pour les tests de débit et la surveillance des données sur l'interface IP d'un équipement CPE au moyen du mécanisme de diagnostic défini dans le protocole TR-069.

Dans le contexte du protocole TR-143, une surveillance active est décrite comme la "transmission ou la réception active de données au cours d'un test piloté". En ce sens, les tests menés sont centrés sur la couche du réseau et sont indépendants du réseau d'accès sous-jacent. Par ailleurs, le protocole prend en charge les diagnostics réseau tout comme les diagnostics lancés par l'équipement CPE. Le protocole TR-471 est la dernière évolution du Broadband Forum (BBF) dans la catégorie de mesure et de surveillance active, améliorant les méthodes du TR-143 d'évaluation de l'accès haut-débit à l'Internet. Le protocole TR-471 contient des lignes directrices pour le déploiement dans le BBF Bord IP et équipement CPE, et des travaux complémentaires du BBF apportent le modèle des données pour configurer et piloter les mesures TR-471.

Les protocoles comportent aussi des outils pour gérer les éléments d'applications ou de services facultatifs propres à l'équipement CPE pour lesquels il est nécessaire de contrôler un niveau supplémentaire de sécurité, par exemple ceux qui font intervenir un paiement.

Dans le contexte de l'approche participative pour l'évaluation des réseaux large bande fixes, il est possible d'appliquer les protocoles définis dans TR-069, TR-143, et TR-471 pour la collecte des données et d'obtenir des indicateurs pour la qualité de service. Cette approche permet d'utiliser des équipements CPE existants comme dispositifs de test. Toutefois, les recommandations concernant la collecte de données participatives, y compris l'échantillonnage de données, telles que la programmation et le traitement des données, peuvent s'appliquer.

Les avantages et les enjeux de ces protocoles sont les suivants:

- Avantages:
 - Les tests sont indépendants du réseau d'accès sous-jacent.
 - Le mécanisme d'approvisionnement permet de prendre en charge directement des extensions futures relatives à l'approvisionnement en services.
 - De nombreux routeurs prennent déjà en charge la norme TR-069 (plus d'un milliard à travers le monde) et la mise en œuvre peut par conséquent s'avérer efficace et rentable.
 - Tandis que la norme TR-069 est principalement utilisée pour les opérateurs, des vendeurs disposent déjà d'un ensemble d'outils TR-069 dont la finalité peut être redéfinie pour un usage réglementaire.
- Enjeux:
 - Bien que la norme TR-069 soit largement disponible, les anciens routeurs peuvent ne pas la prendre en charge, ce dont il faut tenir compte en particulier dans les zones rurales.
 - Du point de vue du régulateur, mettre en œuvre des campagnes de mesure basées sur ces protocoles peut constituer un défi étant donné que cela nécessite une collaboration étroite de la part des opérateurs et des vendeurs.

III.2 Fourniture d'outils de mesure à destination de l'utilisateur final

Les régulateurs tout comme les opérateurs peuvent offrir des outils de mesure, par exemple des tests de débit, à leurs utilisateurs finals. Ces outils peuvent être accessibles au moyen d'un navigateur web ou peuvent être installés sur un ordinateur ou un dispositif mobile. Pour ce faire, le dispositif mobile doit être connecté par le biais du WiFi à l'équipement CPE qui à son tour est connecté à l'Internet au moyen d'une technologie d'accès fixe (ADSL/fibre, etc.). Les outils sont basés typiquement sur un programme automatisé ou lancé par l'utilisateur. L'avantage d'une telle approche est que de tels outils sont faciles à utiliser et à comprendre par les utilisateurs finals et peuvent fournir des informations et une aide instantanées. À la différence des scénarios reposant sur une approche participative mobile, la fiabilité des mesures peut être altérée par l'existence d'une connexion sans fil entre le dispositif client et l'équipement CPE. Les solutions participatives résolvent ce problème de plusieurs façons:

- Elles empêchent l'exécution du test sur des connexions sans fil: ceci est possible uniquement sur des ordinateurs où l'outil de test de débit est installé dans le système d'exploitation et est capable de détecter si un utilisateur est connecté via Ethernet ou une connexion sans fil.
- L'outil de mesure sur le dispositif de l'utilisateur final se connecte à une interface de programmation d'applications spécialisée (API) présente dans l'équipement CPE pour déterminer la qualité de la connexion sans fil et peut informer l'utilisateur final si le test a été altéré du fait de la connexion sans fil. L'interface API de l'équipement CPE peut également fournir des informations complémentaires au sujet de l'utilisation de la bande passante à partir d'autres dispositifs connectés au même équipement CPE. Cette information est utile pour adapter le résultat de la mesure et compenser la capacité additionnelle absorbée par d'autres dispositifs ou pour exclure complètement le résultat de la mesure.
- L'outil de mesure qui fonctionne en natif sur l'ordinateur ou le dispositif mobile est capable d'évaluer la connexion sans fil locale entre le dispositif et l'équipement CPE à partir des paramètres fournis par le système d'exploitation et de réaliser des tests complémentaires pour

valider les valeurs de débit mesurées. Des mesures complémentaires actives réalisées au moyen du protocole UDP pour mesurer, par exemple, le paquet IP émettant le débit binaire peuvent estimer la capacité WiFi et informer les utilisateurs finals que le résultat du test correspond bien à la vitesse de leurs connexions Internet.

Le choix de la manière dont l'outil est offert à l'utilisateur impacte la nature des données collectées à propos de l'équipement et de l'état de réseau durant la mesure. Le Tableau III.1 compare les données collectées selon le type d'outils proposé.

Tableau III.1 – Données collectées avec différents outils

	<u>Outil basé sur le web</u>	<u>Application native</u>	<u>API sur le CPE</u>
<u>Information relative au dispositif</u>	<u>Limité</u>	<u>Oui</u>	<u>Limité</u>
<u>Fournisseur de service Internet de l'utilisateur</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Type de connexion fixe (fibre/ADSL)</u>	<u>Non</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>
<u>Plan souscrit par l'utilisateur (100 Mbit, 1 Gbit, par exemple)</u>	<u>Non</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>
<u>Modèle de routeur</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Liste des dispositifs connectés à l'équipement des locaux d'abonné</u>	<u>Non</u>	<u>Limité</u>	<u>Oui</u>
<u>Bande passante de trafic transversal local</u>	<u>Non</u>	<u>Limité</u>	<u>Oui</u>
<u>Débit WiFi</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Débit Internet</u>	<u>Oui, mais peut produire différents résultats selon les outils</u>	<u>Oui, mais peut produire différents résultats selon les outils</u>	<u>Oui, mais peut produire différents résultats selon les outils</u>
<u>Capacité de la couche IP WiFi</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Capacité de la couche IP Internet</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Latence WiFi</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Latence Internet</u>	<u>Oui, mais peut produire différents résultats selon les outils</u>	<u>Oui, mais peut produire différents résultats selon les outils</u>	<u>Oui, mais peut produire différents résultats selon les outils</u>
<u>Propriétés de connexion WiFi (fréquence, canaux, etc.)</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>
<u>Possibilité de détecter les limitations des dispositifs (CPU, RAM, etc.)</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>	<u>Non</u>

Le Tableau III.1 permet de conclure qu'une interface de programmation d'applications sur l'équipement CPE est le meilleur choix pour l'approche participative fixe étant donné qu'elle fournit

le plus grand nombre de données collectées. Toutefois, la complexité du déploiement d'une telle solution pour tous les utilisateurs qui souhaitent tirer avantage du système doit également être considérée.

De ce point de vue, la solution la plus adaptée est celle basée sur le web, dans la mesure où elle peut être déployée sur une page web et qu'elle est facilement accessible pour tous les utilisateurs.

Les applications natives fournissent un bon équilibre entre la quantité de données collectées et la complexité de déploiement. Les applications natives pour systèmes d'exploitation variés présentent un petit obstacle à franchir pour les utilisateurs, mais généralement les utilisateurs savent comment installer de nouveaux logiciels sur leurs dispositifs.

Une interface de programmation d'applications API sur l'équipement CPE est particulièrement complexe à déployer, car les fabricants de routeurs ou les fournisseurs de services Internet qui distribuent l'équipement CPE aux utilisateurs finals devront intégrer l'interface API sur chacun des routeurs. Les réseaux présentant la base déployée d'équipements CPE la plus homogène et les modèles les plus avancés sont ceux qui conviennent le mieux à cette approche. Les nouveaux modèles CPE auront de meilleures ressources disponibles pour exécuter de nouvelles fonctions ainsi que de meilleures options pour la mise à niveau du micrologiciel à distance.

Le Tableau III.1 fournit un sous-ensemble de données collectées utiles pour des analyses agrégées et pour tirer des conclusions sur la qualité de service. En outre, d'autres données collectées s'avèrent très utiles pour la validation des mesures mais ne présentent guère d'intérêt pour une agrégation dans différents dispositifs.

Exemples de données collectées utiles pour des analyses agrégées:

- Fournisseur de services Internet (ISP) de l'utilisateur
- Type de connexion fixe
- Plan souscrit par l'utilisateur
- Modèle de routeur
- Débit/latence Internet.

NOTE – Les données concernant le débit/la latence Internet collectées de plusieurs façons sur diverses couches peuvent fournir des résultats différents. Il convient donc de veiller à éviter les résultats incohérents en mélangeant plusieurs méthodologies de collecte.

III.3 Déploiement à grande échelle des capteurs du matériel propriétaire vers les utilisateurs finals

Les régulateurs et les opérateurs peuvent décider de déployer à grande échelle des capteurs de matériel au domicile des clients. De manière générale, un capteur est un dispositif matériel autonome bon marché qui peut être connecté à un équipement CPE au moyen d'une connexion Ethernet fiable. Un capteur matériel exécute des tests automatisés en arrière-plan de la connexion de l'utilisateur et rapporte les résultats à l'opérateur du système participatif.

Parmi les avantages et les enjeux des capteurs matériels dans un scénario d'approche participative figurent:

- l'aptitude à programmer des mesures automatisées tenant compte de l'état du réseau;
- la possibilité d'exécuter de façon fiable divers ensembles de mesures sur le matériel conçu spécifiquement pour exécuter des mesures;
- comparés à d'autres méthodes, les capteurs de matériel ont un coût plus élevé en raison de la nécessité d'acheter du matériel spécifique et du transport;
- du fait des coûts élevés et des enjeux logistiques, il n'est pas certain que tous les utilisateurs tirent avantage du système, ce qui en retour pourrait limiter la taille des échantillons en termes

de représentativité (le § 7.3.1 fournit des lignes directrices sur l'échantillonnage et la programmation de la validation statistique);

- nécessité constante de préserver une réserve durable d'utilisateurs, étant donné que les utilisateurs peuvent potentiellement arrêter d'effectuer des mesures ou que des capteurs matériels peuvent présenter des dysfonctionnements.

Bibliographie

- [b-UIT-T G.9961] Recommandation UIT-T G.9961 (2018), *Émetteurs-récepteurs de réseau domestique filaires unifiés à haut débit – Spécification de la couche liaison de données.*
- [b-UIT-T P.912] Recommandation UIT-T P.912 (2016), *Méthodes d'évaluation subjective de la qualité vidéo pour les tâches de reconnaissance.*
- [b-UIT-T Y.1540] Recommandation UIT-T Y.1540 (2019), *Service de communication de données par protocole Internet – Paramètres de performance pour le transfert de paquets IP et la disponibilité de ce service.*
- [b-CrowdWhitepaper] Tobias Hoßfeld et Stefan Wunderer (2020/03), *White Paper on Crowdsourced Network and QoE Measurements – Définitions, Use Cases and Challenges (Livre blanc sur le réseau participatif et les mesures de la qualité de service – Définitions, cas d'utilisation et enjeux), eds., Würzburg, Allemagne, doi: 10.25972/OPUS-20232.*
- [b-BBF TR-069] Rapport technique TR-069 (03/2018) du Broadband Forum, *CPE WAN management protocol CWMP (Le protocole de gestion d'équipements des locaux client sur un réseau étendu).*
- [b-BBF TR-143] Rapport technique TR-143 (08/2015) du Broadband Forum, *Enabling Network Throughput Performance – Tests and Statistical Monitoring (Tests de qualité de fonctionnement du réseau et surveillance statistique).*
- [b-BBF TR-471] Rapport technique TR-471 (07/2020) du Broadband Forum, *Maximum IP-Layer Capacity Metric, Related Metrics, and Measurements (Paramètre de capacité maximale de couche IP, paramètres associés et mesures).*
- [b-Scheaffer] Scheaffer, Richard & Mendenhall, William & Ott, Lyman (2012). *Elementary Survey Sampling (Échantillonnage de sondages élémentaires), 7ème Édition, Cengage Learning.*

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Équipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication