

L'état d'internet en France

ÉDITION
2018

Sommaire

Introduction 3

PARTIE 1

ASSURER LE BON FONCTIONNEMENT D'INTERNET 7

1. Améliorer la mesure de la qualité de service de l'internet 8

1. UN BESOIN DE CARACTÉRISATION DE L'ENVIRONNEMENT DE MESURE ET DE TRANSPARENCE
SUR LA MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE 8

2. UNE DÉMARCHE INNOVANTE DE CO-CONSTRUCTION 12

3. LE TRAVAIL AUTOUR D'OUTILS EN PROPRE COMPLÉMENTAIRES 25

2. Superviser l'interconnexion de données 30

1. UNE MULTITUDE D'ACTEURS DANS UN ÉCOSYSTÈME EN ÉVOLUTION 30

2. UNE EXTENSION DES DONNÉES COLLECTÉES POUR MIEUX SUPERVISER ET ACCOMPAGNER 33

3. DES RÉSULTATS QUI CONFIRMENT LES TENDANCES DU MARCHÉ 35

3. Accélérer la transition vers IPv6 42

1. LA TRANSITION VERS IPV6: UNE NÉCESSITÉ TOUJOURS PLUS PRESSANTE 42

2. L'OBSERVATOIRE ARCEPOU LE CHOC DE TRANSPARENCE AU SERVICE D'UNE ACCÉLÉRATION
DE LA TRANSITION 46

3. LA FÉDÉRATION DE L'ÉCOSYSTÈME AUTOUR D'UN ATELIER IP♥6 51

PARTIE 2

VEILLER À L'OUVERTURE DE L'INTERNET 53

4. Garantir la neutralité des réseaux 54

1. LA NEUTRALITÉ D'INTERNET DANS LE MONDE 54

2. DANS UN CADRE JURIDIQUE STABLE, LES RÉGULATEURS EUROPÉENS POURSUIVENT
LA MISE EN ŒUVRE DE LEURS COMPÉTENCES 62

3. EN FRANCE, L'ARCEP S'EST PLEINEMENT ENGAGÉE DANS SON PLAN D'ACTION EN TROIS PHASES 64

5. Contribuer à l'ouverture des terminaux 72

1. LES ÉQUIPEMENTS TERMINAUX D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN PASSÉS AU CRIBLE DE L'ARCEP 72

2. LE SUCCÈS DE LA MOBILISATION DES ACTEURS DU NUMÉRIQUE 74

3. LES PISTES D'ACTION POUR ASSURER UN INTERNET OUVERT ET LE LIBRE CHOIX DES UTILISATEURS 76

Lexique 80

Annexes 84

Introduction

C'était comment, avant ? Si l'on peine souvent à se rappeler à quoi ressemblait la vie des citoyens et des entreprises avant le développement phénoménal de l'internet, c'est qu'il irrigue tellement la moindre de nos actions qu'il en est devenu invisible. Omniprésent à notre domicile, à notre travail, mais aussi dans la rue ou dans les transports, internet nous accompagne partout depuis qu'il est entré dans notre poche. En 2017, les *smartphones* sont d'ailleurs devenus le terminal le plus utilisé pour se connecter à internet devant l'ordinateur¹. En quelques années, ce réseau planétaire est devenu le « cœur vivant » de l'économie et de la société dans son ensemble. Il s'est transformé en une infrastructure essentielle à la liberté d'entreprise, d'innovation, d'expression et d'accès au savoir. Les enjeux techniques, économiques, sociaux et démocratiques autour de ce bien commun d'une importance « vitale » sont colossaux. Or rien n'est gagné d'avance.

Polémiques répétées sur les données personnelles ou les *fake news*, cyber-attaques, remise en cause de la neutralité de l'internet, concentration autour d'un nombre réduit de plateformes numériques, inégalités d'accès : nombreuses sont les fois où l'actualité nous rappelle qu'internet connaît des soubresauts. Autant d'alertes figurant sur son bilan de santé et de raisons de réfléchir à la médication nécessaire pour qu'il puisse continuer à fonctionner dans le temps comme un moteur d'innovations et de libertés respectueux de nos valeurs.

L'Arcep, architecte et gardien des réseaux d'échange, y prend sa part. À ce titre, l'Autorité identifie les accidents de santé et les menaces potentielles

futures relevant de son périmètre de compétence, et agit pour les guérir ou les prévenir. Expert neutre et vigilant au chevet de l'internet, l'Arcep suit ses évolutions dans la durée, dressant son bilan d'une année à l'autre, afin de s'assurer que ce réseau de réseaux demeure un bien commun inclusif.

Les enjeux de la fracture numérique sont fondamentaux. En 2017, seuls deux tiers des Français s'estimaient compétents pour utiliser un ordinateur². Si l'Arcep n'est pas en charge des aspects liés à la formation au numérique, l'Autorité suit de près le second volet essentiel du sujet : le déploiement des infrastructures. Ses travaux en matière d'accessibilité et de couverture sont disponibles dans le tome 2 de son rapport d'activité, « La régulation de l'Arcep au service des territoires connectés »³.

Le tome 3 du rapport d'activité de l'Arcep fait l'objet du présent document sur « l'état d'internet en France ». Au-delà de sa vocation première de rapport d'activité, il se veut être une présentation didactique de l'état des réseaux et des chantiers entrepris pour garantir au mieux la capacité d'échange des utilisateurs. L'Arcep y est soucieuse des constantes du patient internet relatives à son bon fonctionnement général et à son ouverture : qualité de service, interconnexion de données, transition vers IPv6, neutralité des réseaux et ouverture des terminaux. L'Autorité agit d'abord en améliorant les instruments à disposition pour « radiographier » les réseaux et déceler les symptômes, puis cherche à remédier aux causes le cas échéant par la prescription la plus appropriée.

¹ Selon le Baromètre du numérique 2017 : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/barometre_du_numerique-2017-infographie-271117.pdf

² Selon le Baromètre du numérique 2017 : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/barometre_du_numerique-2017-infographie-271117.pdf

³ https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-GRACO-2018_dec2017.pdf

1

QUALITÉ DE SERVICE

Pour améliorer la qualité de service d'internet, il faut pouvoir correctement la mesurer. Pourtant, les comparateurs aujourd'hui disponibles présentent des résultats si peu homogènes qu'ils ont de quoi laisser les utilisateurs pantois : impossible en l'état de faire de la performance un réel critère de choix de son fournisseur d'accès ! Pour « perfectionner le scanner », gagner en fiabilité, transparence, et lisibilité, l'Arcep a sollicité tous les acteurs de l'écosystème de la mesure et initié une démarche de co-construction. Objectifs : publier un code de conduite commun et développer une API déclinant la « carte d'identité de l'accès » de chaque terminal.

Chiffre clé
20 ACTEURS
impliqués dans la démarche de co-construction de la mesure de la qualité de service

Bonus
5 ASTUCES
pour augmenter la qualité de votre signal Wi-Fi (page 22 du rapport)

2

INTERCONNEXION

L'interconnexion permet à tous les réseaux de communiquer entre eux et de ne faire qu'un à nos yeux. Mais lorsque deux acteurs ne s'accordent pas sur leur interconnexion, c'est la qualité perçue par l'utilisateur qui est menacée. L'Arcep exerce donc un suivi vigilant du marché : sa collecte d'informations a été enrichie fin 2017 afin de tenir compte de l'évolution des pratiques. Les résultats, une fois consolidés, seront publiés dans un observatoire annuel dédié d'ici la fin d'année 2018. Quand la situation l'exige, l'Arcep peut aussi se faire «gendarme», et régler les différends entre les acteurs.

Chiffre clé
+44%
du trafic entrant vers les fournisseurs d'accès à internet en France en un an

Bonus
L'INTERCONNEXION POUR LES NULS
(page 32 du rapport)

3

TRANSITION VERS IPV6

La multiplication des objets connectés va épuiser le stock d'adresses IPv4 encore disponibles d'ici 2021. Or tout retard pris par la France dans la transition vers IPv6 érigerait une barrière à l'entrée significative pour les nouveaux acteurs et entraînerait le développement d'un internet scindé en deux, IPv4 d'un côté et IPv6 de l'autre : un frein pour la compétitivité des entreprises. Pour faire accélérer l'écosystème, l'Arcep publie un observatoire : par exemple, seuls deux opérateurs parmi les quatre principaux ont un nombre significatif de clients activés en IPv6. En octobre 2018, l'Arcep organisera des ateliers de travail « IPv6 » dédiés au partage d'expériences entre acteurs de la transition.

Chiffre clé
2021
la date estimée de l'épuisement du stock en adresses IPv4

Bonus
LE CLASSEMENT des opérateurs dans l'observatoire de la transition vers IPv6 de l'Arcep
(page 47 du rapport)

L'Arcep fait le bilan de santé 2018 d'internet en France

L'Arcep publie son rapport sur l'état d'internet en France : un examen sous toutes les coutures pour identifier risques, remèdes, thérapies de choc ou médecine préventive à mettre en place. À chaque composante d'internet, sa prescription !

#INTERNETCHECKUP

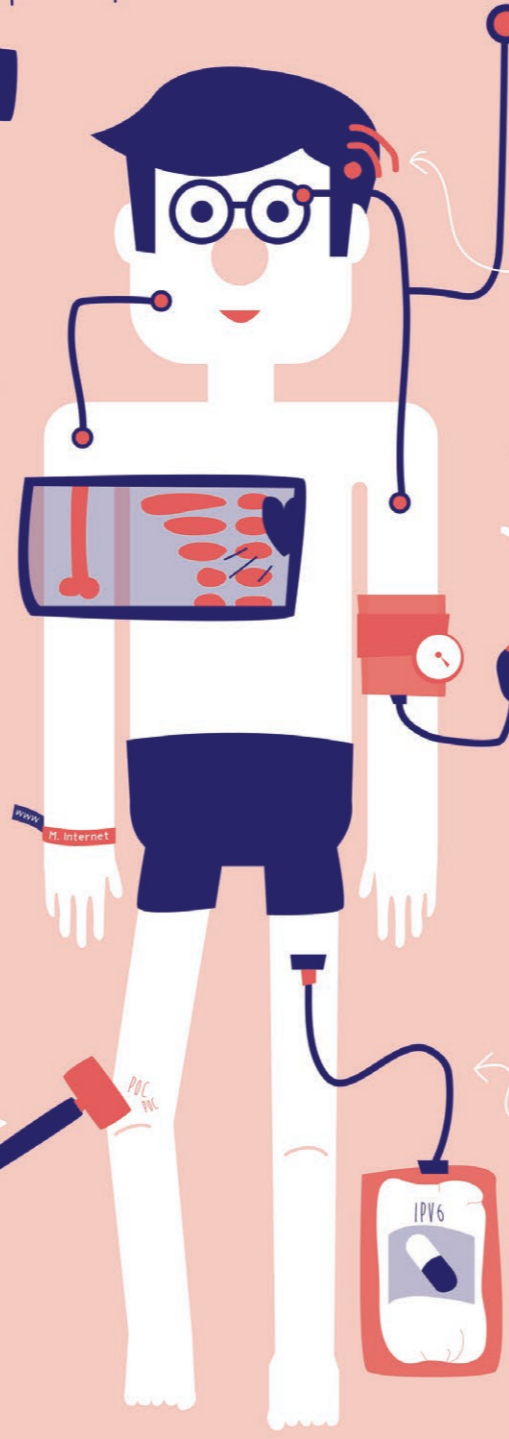
1
QUALITÉ DE SERVICE
« Un meilleur scanner est nécessaire pour établir un diagnostic plus précis »

2
INTERCONNEXION
« Un suivi vigilant est indispensable au vu des antécédents du patient »

5
OUVERTURE DES TERMINAUX
« Rétrécissement du champ de vision dépeint, des remèdes rapides sont préconisés afin d'éviter la cécité »

4
NEUTRALITÉ DU NET
« Les actions de prévention ont porté leurs fruits, suivez scrupuleusement les recommandations pour éviter toute chute de la tension »

3
TRANSITION VERS IPV6
« Carence en adresses IP, prenez en urgence vos IPv6 »



4

NEUTRALITÉ DU NET

Fin 2017, les États-Unis ont remis en cause la protection de la neutralité de l'internet. En Europe, dans un souci de liberté d'information, d'expression, mais aussi de liberté d'entreprendre, l'Arcep et ses homologues ont poursuivi l'application du règlement sur l'internet ouvert. La France bénéficie des fruits du dialogue proactif lancé avec les acteurs en 2016, mais l'Arcep veille à ce que l'écosystème ne relâche pas son attention et à ce que les fournisseurs d'accès ajustent leurs pratiques par une analyse au cas par cas. Ouverte en 2017, la plateforme « J'alerte l'Arcep » met le crowdsourcing au service de la bonne information du régulateur. Par ailleurs, l'Arcep contribue au développement d'outils de détection de pratiques de gestion de trafic.

Chiffre clé
367
signalements relatifs à la neutralité du net sur J'alerte l'Arcep depuis octobre 2017

Bonus
TOUT COMPRENDRE
des débats autour de la neutralité du net (page 58 du rapport)

5

CONTRIBUER À L'OUVERTURE DES TERMINAUX

Avec l'entrée en vigueur du règlement européen sur la neutralité du net, l'Arcep peut exercer sa protection sur les réseaux. Pourtant, au bout de la chaîne, il existe un maillon faible : les terminaux. Smartphones, assistants vocaux, tablettes... restreignent l'ouverture d'internet et enferment les utilisateurs avec leurs systèmes d'exploitation, leurs navigateurs et leurs magasins d'applications. Une série d'auditions et d'ateliers ont permis de produire une analyse circonstanciée de ces constats et de proposer des pistes d'action très concrètes, depuis l'amélioration de la transparence jusqu'à l'intervention directe du régulateur.

Chiffre clé
12 PISTES D'ACTION

Bonus
1 APERÇU
du rapport de l'Arcep « Terminaux, maillon faible de l'ouverture d'internet » en bande dessinée (page 78 du rapport)

PARTIE 1

ASSURER LE BON FONCTIONNEMENT D'INTERNET

Au vu de la place centrale dont bénéficie internet dans la société, il est essentiel de garantir le bon fonctionnement des réseaux qui le composent.

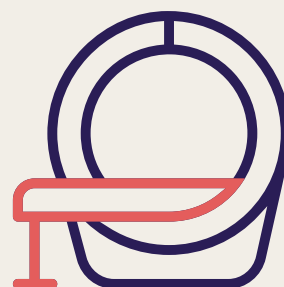
À cette fin, l'Arcep anime l'écosystème internet afin de faire progresser la mesure et les performances de la qualité de service, surveiller les évolutions du marché de l'interconnexion de données, et encourager la transition vers le protocole IPv6.

1. AMÉLIORER LA MESURE DE LA QUALITÉ DE SERVICE DE L'INTERNET	8
2. SUPERVISER L'INTERCONNEXION DES DONNÉES	30
3. ACCÉLÉRER LA TRANSITION VERS IPv6	42

I. Améliorer la mesure de la qualité de service de l'internet



*Un meilleur scanner
est nécessaire pour
établir un diagnostic
plus précis*



Comment se porte la qualité de service de l'internet en France ? S'il suffit qu'un corps soit à 37 °C pour considérer qu'il est à la « bonne » température, la mesure et l'analyse de la capacité des réseaux à véhiculer dans de bonnes conditions un trafic internet sont plus complexes : non seulement plusieurs indicateurs sont nécessaires à son évaluation, mais sa mesure est plus pertinente en relatif qu'en absolu.

En effet, un débit⁴ qui pouvait sembler très satisfaisant il y a quelques années ne permet pas aujourd'hui de réaliser certains usages apparus depuis. Afin d'évaluer les performances de la France en matière de qualité de service internet, il semble donc intéressant de se pencher dans un premier temps sur les analyses cherchant à comparer les différents pays européens.

I. UN BESOIN DE CARACTÉRISATION DE L'ENVIRONNEMENT DE MESURE ET DE TRANSPARENCE SUR LA MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE

Il existe deux grandes catégories d'observatoires au niveau mondial : ceux issus de mesures directes, et ceux issus de statistiques (par exemple la proportion d'abonnements proposés en haut débit) comme l'observatoire *Digital Economy and Society Index*⁵ de la Commission européenne ou *Broadband Portal* de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Instructifs à de nombreux égards, ces derniers se penchent néanmoins davantage sur des questions de couverture du territoire que de qualité de service – un sujet traité dans le rapport de l'Arcep sur les territoires connectés⁶ – et ne seront

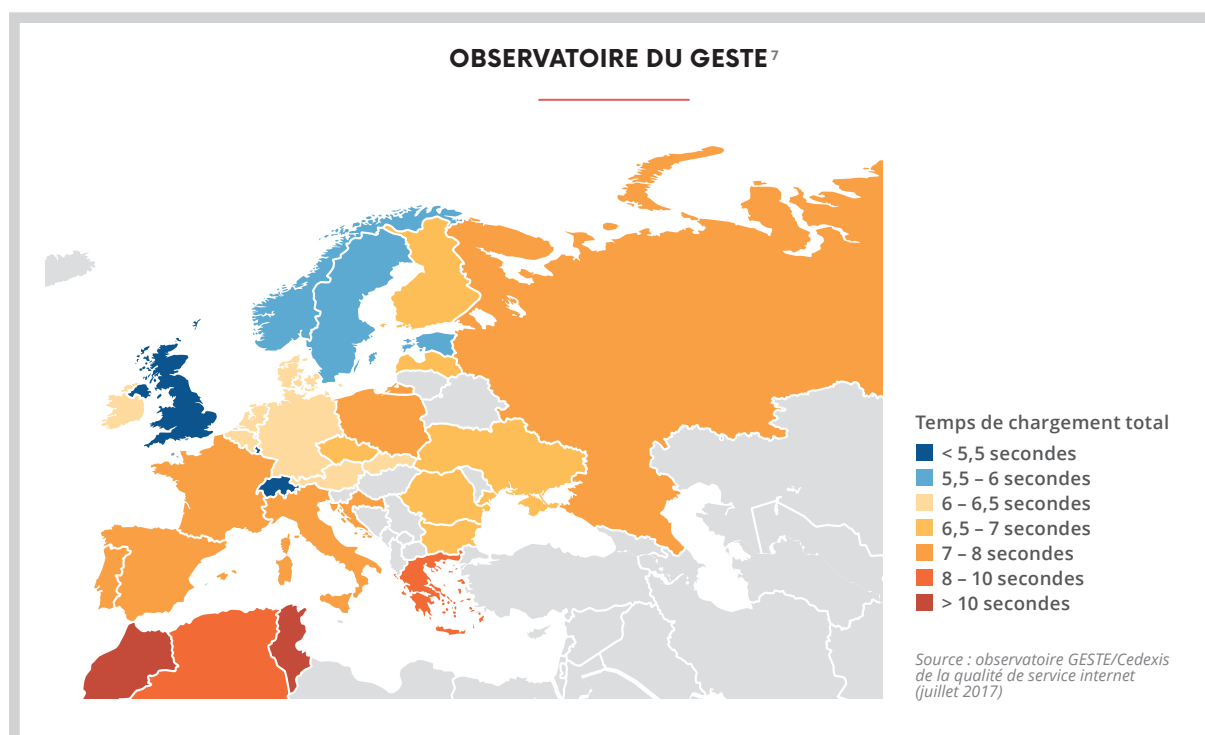
⁴ Voir lexique.

⁵ *The Digital Economy and Society Index (DESI)* : <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>

⁶ https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-GRACO-2018_dec2017.pdf

donc pas abordés dans la suite du présent rapport. Il est par ailleurs à noter que les observatoires de la qualité de service internet s'appuyant sur des mesures réelles reflètent donc la qualité moyennée sur les accès qui ont fait l'objet d'une mesure, peu importe le nombre de lignes déployées sur le territoire.

L'observatoire de la qualité de service internet sur les réseaux fixes du GESTE, un groupement d'éditeurs de contenus et de services, est l'un d'entre eux. Il positionne la France dans la seconde moitié du classement en termes de temps de chargement des pages web.



Deux points méritent d'être soulignés. D'une part, les pages web sélectionnées pour la réalisation des mesures correspondent à celles des membres du GESTE. On ne saurait donc tirer de cet observatoire des conclusions relatives à la qualité de service de l'ensemble de l'internet. Par ailleurs, il est à l'heure actuelle impossible pour les outils de test de qualifier la technologie d'accès fixe (fibre, ADSL, etc.) sur laquelle a été réalisée une mesure. Les observatoires sont donc contraints d'agréger les mesures toutes technologies confondues, ce qui permet de donner une idée du mix technologique d'un pays (et donc des choix entrepris, comme la modernisation du réseau câble ou le déploiement prioritaire de la fibre), mais pas de la qualité de ces accès sur une technologie donnée. Le problème est le même dans la publication de résultats comparatifs entre opérateurs : à titre d'illustration, un opérateur dont le parc serait exclusivement constitué d'accès fibre se retrouverait en première position, alors

que ses offres fibre ne sont pas forcément de meilleure qualité que celles de ses concurrents qui utiliseraient également le câble ou l'ADSL.

La mesure de la qualité de service internet sur les réseaux mobiles est plus simple. En effet, comme le montre l'observatoire de l'entreprise anglaise Open Signal ci-après page 10 focalisé sur les réseaux 4G, les applications mobiles de *crowdsourcing*⁸ sont en mesure d'identifier la technologie mesurée. Cet observatoire se donne pour but de comparer des pays du monde entier sur deux métriques principales : la proportion du temps où un utilisateur a accès à un réseau 4G (on parle de connectivité, notion très fortement liée à la couverture) et le débit descendant en 4G. Là encore, la France y est relativement mal placée sur les résultats du quatrième trimestre 2017⁹ : elle occupe la 36^e position sur 77, avec un débit descendant 4G de 25 Mbit/s.

⁷ Le fond de carte du schéma original a été modifié.

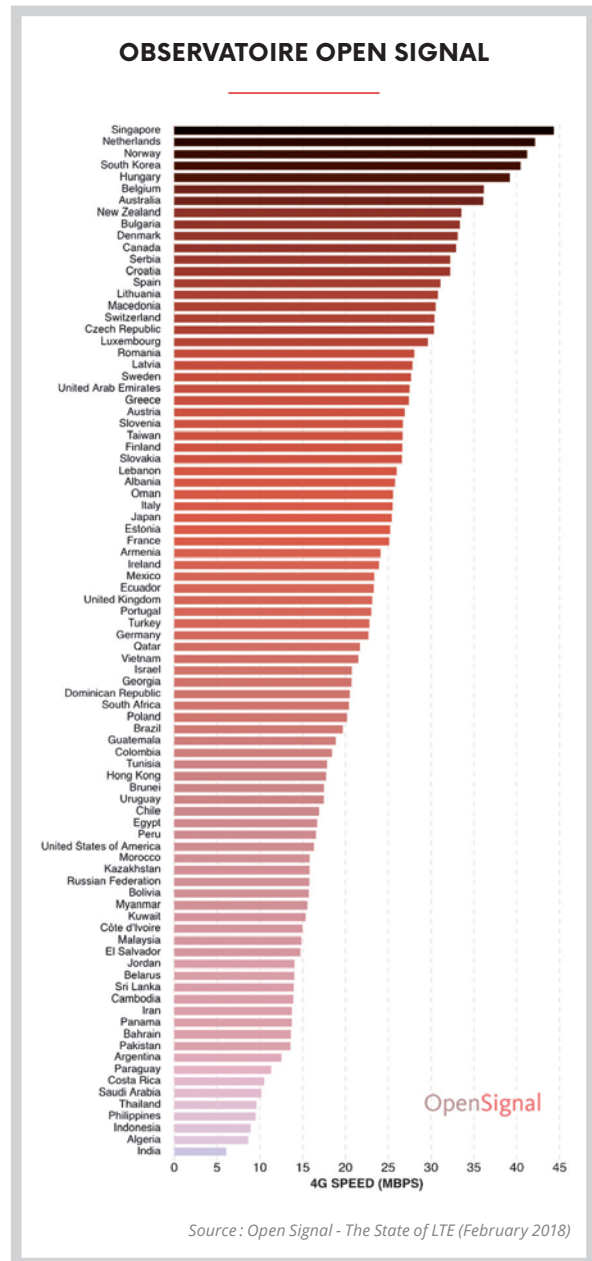
⁸ Les outils de *crowdsourcing* font référence aux dispositifs qui centralisent des mesures de QoS et/ou QoE faites par des utilisateurs réels.

⁹ <https://opensignal.com/reports/2018/02/state-of-lte>

On peut être surpris de constater que d'autres observatoires affichent des débits 4G moyens en France significativement différents que celui présenté ci-dessus. C'est par exemple le cas de l'observatoire nPerf, qui mesure un débit d'environ 33 Mbit/s¹⁰ qui classerait la France à la 11^e place dans l'observatoire Open Signal. Cette hétérogénéité est peu surprenante : les études menées par l'Arcep en 2017 ont montré que les choix méthodologiques réalisés par les outils de test avaient un impact considérable sur les résultats¹¹. L'emplacement des serveurs de test, le protocole de test des indicateurs, mais aussi le nombre et la représentativité des mesures effectuées sont autant de facteurs qui influencent directement la valeur mesurée.

Si la diversité de l'écosystème de la mesure en *crowdsourcing* est bénéfique, elle se doit néanmoins d'être couplée à une exigence de transparence sur les choix méthodologiques réalisés afin que toute personne tierce puisse être en mesure d'expliquer les différences constatées entre deux outils et de questionner la pertinence d'un choix sur un autre. Par ailleurs, un travail – de co-construction – visant à caractériser la technologie d'accès sur les réseaux fixes est envisagé afin que les résultats puissent être présentés sous des formats plus exploitables.

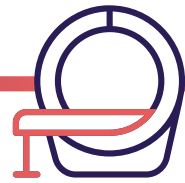
Les outils de mesure pourraient donc être affinés afin d'obtenir une meilleure évaluation de l'état de santé de la qualité de service internet en France, et de préconiser si nécessaire les remèdes les plus adaptés.



¹⁰ Nombre calculé à partir des données publiées par nPerf dans le rapport suivant : <https://media.nperf.com/files/publications/FR/2018-01-16-Barometre-connexions-mobiles-metropole-nPerf-2017-T4.pdf>. Débit moyen en 4G tout opérateur confondu : $0,24 \times 22 + 0,27 \times 39 + 0,25 \times 37 + 0,24 \times 31 = 32,5$ Mbit/s.

¹¹ https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-etat-internet-france-2017-mai2017.pdf, p. 28 à p. 40.

LA QUALITÉ DE L'INTERNET AU SERVICE DE L'INNOVATION



Jonathan ARDOUIN,
Directeur Général France, **KRY**



La téléconsultation médicale est en plein essor partout en Europe. Elle contribue à répondre aux problématiques de permanence des soins et de déserts médicaux, auxquelles la France est également confrontée. En France, le développement de ce nouveau canal de soin débute juste, la loi de financement de la Sécurité sociale 2018 entérinant le principe d'une admission au remboursement de la téléconsultation.

KRY est le premier prestataire de soins d'Europe en téléconsultation vidéo. Actifs depuis trois ans, nous assurons *via* vidéo près de 3 % de l'ensemble des consultations de premier recours en Suède, où la consultation vidéo est déjà une pratique courante remboursée par l'Assurance maladie. Le recul que procure notre expérience suédoise démontre que la vidéo est le meilleur canal, mieux que le téléphone ou l'envoi de photos, par lequel la consultation à distance peut garantir la même qualité qu'une consultation en présentiel. Elle permet au praticien d'établir un lien avec le patient et de poser avec confiance un diagnostic.



« POUR BÉNÉFICIER
DES ATOUTS DE LA
CONSULTATION VIDÉO,
UN DÉBIT INTERNET
RAPIDE ET STABLE
EST PRIMORDIAL POUR
LES PATIENTS COMME
POUR LES MÉDECINS.
EN FRANCE AUJOURD'HUI,
IL EST FRÉQUENT QUE
CE TYPE DE
CONSULTATION
SE TERMINE
AU TÉLÉPHONE, FAUTE
DE DÉBIT INTERNET
SUFFISANT. »

La condition est néanmoins que la vidéo soit de qualité suffisante pour permettre au médecin d'identifier avec certitude les symptômes visibles du patient. Pour bénéficier des atouts de la consultation vidéo, un débit internet rapide et stable est primordial pour les patients comme pour les médecins. En France aujourd'hui, il est fréquent que ce type de consultation se termine au téléphone, faute de débit internet suffisant. Et ce, y compris dans les grandes villes et pour des utilisateurs équipés de connexions « haut débit ».

L'implication d'une qualité insuffisante du service internet constitue une perte de chance pour les patients : dans les zones au débit trop faible, des patients seront privés d'un accès rapide aux soins. Des pathologies courantes, pourtant diagnostiquables en vidéo, devront être redirigées vers des canaux physiques (cabinets, centres de soin, urgences) déjà engorgés. Avec la télémédecine, la qualité de service de l'internet fixe en France devient donc un besoin vital.



2. UNE DÉMARCHE INNOVANTE DE CO-CONSTRUCTION

Le 19 janvier 2016, l'Arcep présentait les conclusions de sa revue stratégique et annonçait en particulier la mise en place de la régulation par la data, de l'intensification de la co-construction de la régulation, et du développement de l'Arcep autour d'un rôle d'expert neutre sur les sujets numériques.

Les travaux autour de la qualité de service internet s'inscrivent de plain-pied dans cette démarche.

L'Arcep souhaite en effet utiliser, dans une logique de régulation par la data, l'information sur la qualité pour encourager une concurrence qui s'exerce non seulement par les prix mais aussi par la qualité du service offert, dans une perspective de valorisation des investissements dans les réseaux.

Afin notamment de gagner en efficacité et en pertinence, l'Arcep cherche par ailleurs à co-construire cette régulation :

- avec la multitude, d'une part, en donnant la possibilité à chaque citoyen de devenir un mini-régulateur. C'est le sens du lancement en octobre 2017 de la plateforme « J'alerte l'Arcep », sur laquelle tout consommateur peut signaler à l'Autorité les dysfonctionnements qu'il rencontre sur ses accès internet (cf. encart « J'alerte l'Arcep »). Outre les signalements, les utilisateurs peuvent également faire remonter les mesures de la qualité de service de leur ligne effectuées *via* des outils de test en *crowdsourcing*, afin d'alimenter notamment la publication de résultats comparés entre fournisseurs d'accès à internet (FAI) ;
- dans le cadre de démarches partenariales avec les acteurs de l'écosystème, d'autre part, tant sur les aspects « signalements » que « mesures » évoqués ci-dessus. Concernant les signalements, l'Autorité étudie la possibilité d'initier, au-delà du lancement de sa propre plateforme, une démarche de partage de données entre les acteurs de la protection des consommateurs¹². Ce « dégroupage » des signalements pourrait permettre de casser les silos au service d'une meilleure appropriation collective des problématiques rencontrées. La démarche partenariale entreprise par l'Arcep au sujet des mesures en *crowdsourcing* est quant à elle présentée plus loin.

En complément de la démarche de co-construction, l'Arcep travaille également au développement d'outils en propre visant à collecter des mesures à même d'enrichir les données issues des outils tiers partenaires. Ces projets sont détaillés dans la section 3 de cette partie.



J'alerte l'Arcep

Lancée en octobre 2017, la plateforme « J'alerte l'Arcep » est à disposition de chaque citoyen qui souhaite remonter du terrain tout problème lié à l'internet mobile, à l'internet fixe ou aux services postaux. Depuis son lancement, la plateforme a enregistré plus de **22 500 signalements**. De ces signalements, **68 %*** concernent un problème lié à qualité et la disponibilité des services fixes ou mobiles. Parmi eux, **deux tiers concernent le marché fixe, et un tiers le marché mobile**.

Ces remontées précieuses contribuent aux travaux de l'Arcep cherchant à quantifier et identifier les difficultés rencontrées par les utilisateurs afin d'orienter ses actions vers les solutions les plus appropriées possible. Sur les sujets relatifs à la qualité de service internet, c'est tout l'enjeu de la démarche de co-construction, des travaux sur l'outil BEREC et de l'observatoire monréseauxmobile présentés dans la section 3 du chapitre 1.

* Pourcentage issu des signalements enregistrés d'octobre 2017 à mai 2018.

À SAVOIR

2.1. La fédération des parties prenantes

Jusqu'à fin 2016, l'observatoire Arcep de la qualité des services fixes reposait sur un dispositif en environnement contrôlé. Début 2017, ces mesures ont été abandonnées en raison notamment de leur manque de représentativité des situations réelles rencontrées par les utilisateurs, au profit d'une démarche visant à s'appuyer sur les outils effectuant des mesures en *crowdsourcing*.

Le rapport sur l'état de l'internet en France 2017 avait présenté les conclusions des deux études qui avaient initié la démarche de co-construction : la cartographie de l'écosystème des outils disponibles sur le marché et la comparaison des résultats de mesure de différents testeurs web. Ces études avaient mis en avant la nécessité d'un important travail de la communauté autour d'un certain nombre de thèmes prioritaires. Depuis, l'Arcep a lancé six chantiers qui en résultent directement.

¹² Dans le respect de la réglementation en vigueur, notamment sur les données personnelles.



Pour les mener à bien, l'Arcep agit en expert neutre qui fédère la communauté et stimule le travail autour de sujets d'intérêt général. Ces chantiers ont en effet été menés en collaboration avec des acteurs issus d'un large spectre de l'écosystème de la métrologie en *crowdsourcing*¹³ :

- des outils de mesure : ASSIA, Case on IT (MedUX), Cedexis, Directique, Ip-label, Gemalto, M-Lab, Ookla, nPerf, QoS, SamKnows, V3D ;

- des FAI : Bouygues Telecom, Free, Orange, SFR ;
- des acteurs académiques et de recherche : CNES, Inria ;
- des organismes de protection des consommateurs : INC, UFC Que-choisir, qui ont également développé leurs propres outils.

¹³ L'Autorité invite les acteurs non cités qui souhaiteraient participer à la démarche de co-construction à la contacter.

En parallèle des groupes de travail, l'Arcep a aussi échangé avec d'autres Autorités de régulation nationales (notamment AGCOM, BnetzA, COMREG, Ofcom et RTR) afin de mettre en commun leurs expériences sur la mesure de la qualité des services fixes.

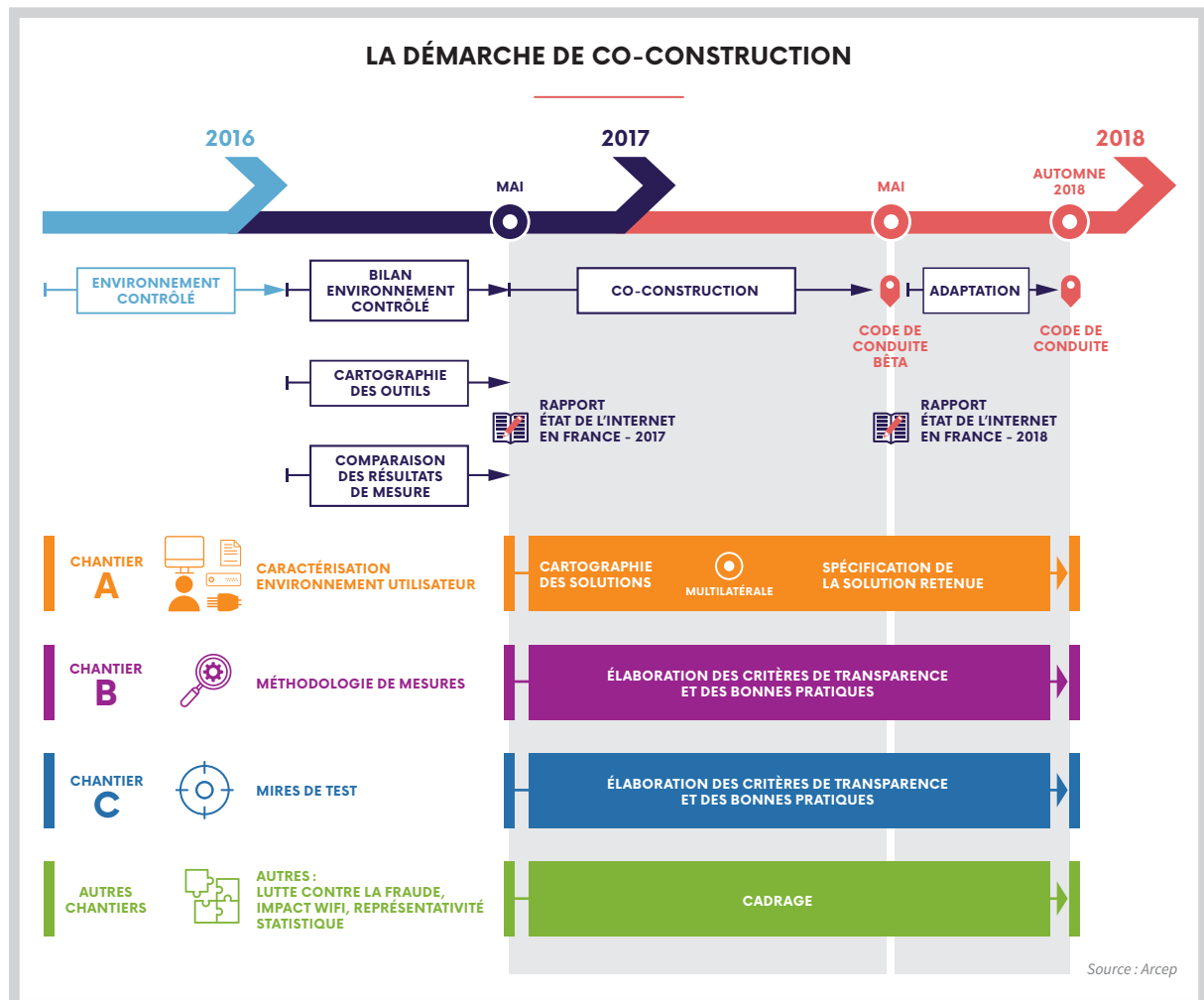
L'objectif transverse à tous les chantiers est de permettre aux outils de répondre au mieux aux besoins des consommateurs et de l'Autorité en termes d'information sur la qualité de l'internet fixe et mobile.

Plus précisément, le chantier A cherche à répondre au problème technique mis en avant dans la section précédente: la très faible caractérisation de l'environnement utilisateur dans la mesure de la qualité des services fixes. Les autres chantiers (B, C et ceux en cours de cadrage) permettent notamment de répondre à un plus grand besoin de transparence également identifié dans la section ci-dessus. Plus précisément, ils visent à établir un « code de conduite » à destination des outils de la mesure. Ce projet de code de conduite porte sur deux aspects: d'une part, inviter les outils à accompagner la

publication des résultats par une explication claire des choix méthodologiques réalisés afin que toute personne tierce puisse comprendre les différences potentielles observées d'une mesure à une autre; d'autre part, indiquer les bonnes pratiques essentielles à l'obtention de mesures robustes. En effet, si la plupart des choix réalisés présentent un intérêt, certaines pratiques semblent plus discutables et gagneraient à être modifiées.

La première version du code de conduite serait publiée d'ici la fin de l'année 2018. Le code a vocation à évoluer de façon continue: l'Autorité publiera ainsi à une fréquence *a priori* annuelle des versions successives sans cesse améliorées, comprenant non seulement les évolutions des chantiers A, B, C, mais aussi le fruit du travail des chantiers aujourd'hui en cours de cadrage.

Un projet bêta de cette première version figure en [annexe 1](#) du rapport. Les acteurs sont vivement encouragés à faire part à l'Autorité de tout commentaire qu'ils n'auraient pas encore pu lui faire parvenir avant le 15 juillet 2018.

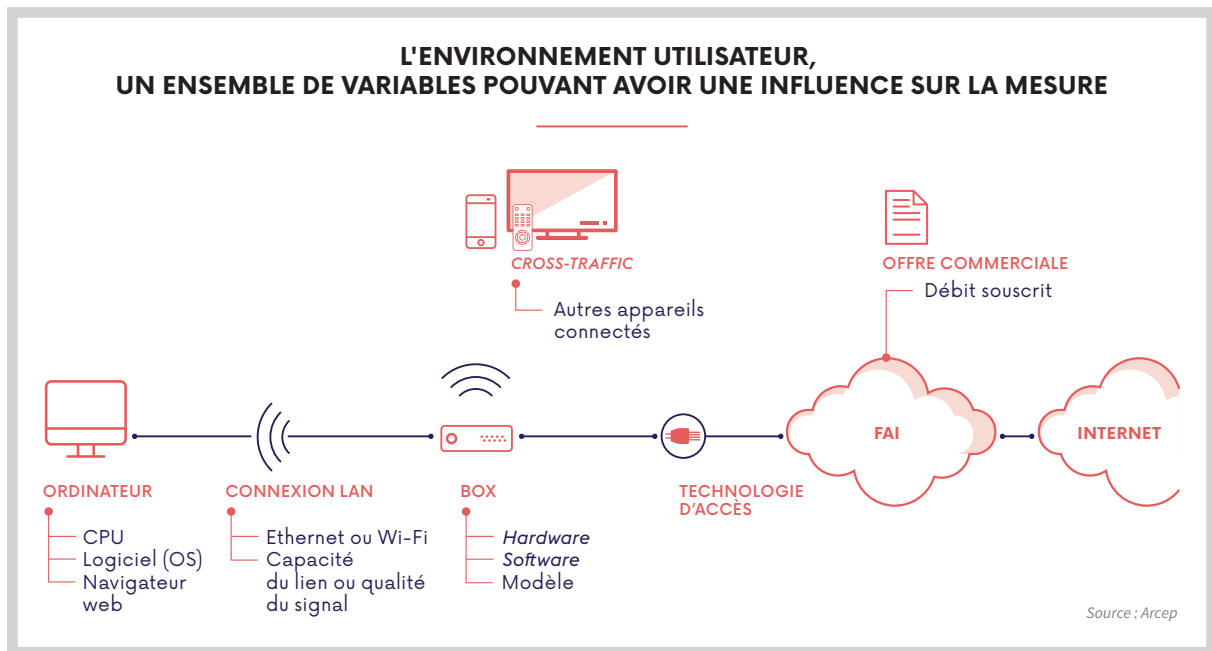


2.2. Chantier A: caractérisation de l'environnement utilisateur

Le chantier de la caractérisation de l'environnement d'un utilisateur sur un accès fixe, notamment de la technologie, présente un enjeu double : d'une part, il est indispensable à la réalisation d'observatoires plus pertinents pour le consommateur, et d'autre part, il représente un intérêt significatif dans l'établissement d'un diagnostic précis d'un problème de qualité de service. Il est par exemple important de savoir si une mauvaise qualité est due au réseau d'accès du FAI, à la qualité du Wi-Fi et/ou à l'utilisation parallèle d'autres appareils connectés au réseau local lors du test.

Le schéma ci-dessous récapitule les principales caractéristiques de l'environnement utilisateur ayant une influence sur la mesure.

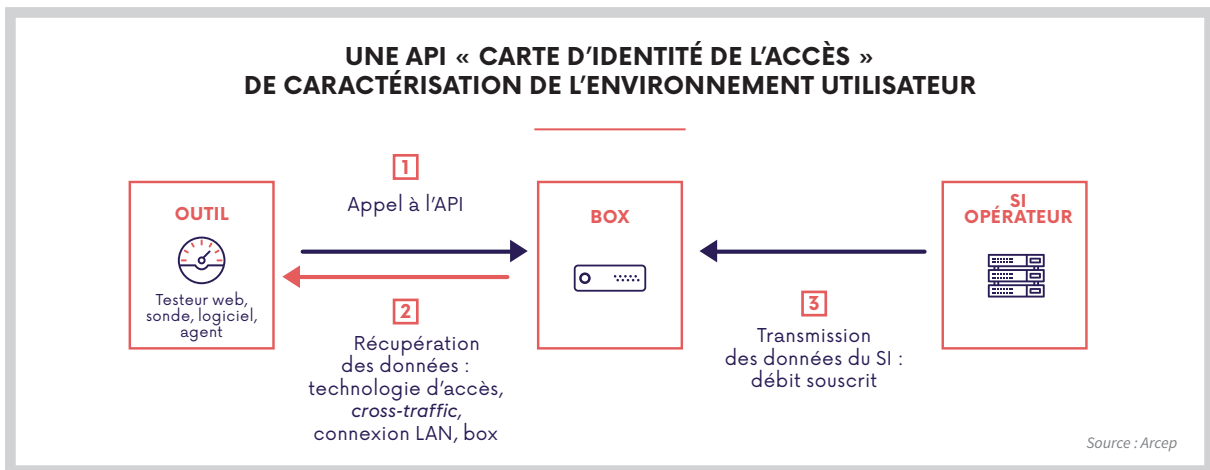
La caractérisation actuelle de ces différents éléments varie en fonction du type de l'outil de test utilisé. Certaines sondes matérielles¹⁴ sont par exemple en mesure de caractériser la connexion LAN¹⁵ voire d'estimer le *cross-traffic*¹⁶ sur le réseau local. À l'inverse, s'il est vrai que les testeurs web¹⁷ sont rapidement déployables à grande échelle, ils ne permettent de caractériser qu'un nombre très faible d'éléments (navigateur web utilisé, etc.).



^{14/15/16/17} Voir [lexique](#).

Ce chantier s'est déroulé autour de travaux coordonnés par l'Autorité impliquant outils de mesure, FAI et académiques. La communauté est d'abord entrée dans une phase de prospection, dans laquelle sept solutions tentant de répondre au besoin ont été examinées. Il a notamment été envisagé de caractériser la mesure grâce à un questionnaire rempli par la personne réalisant le test, plus ou moins guidée par des informations données

au préalable par les FAI (la liste d'offres disponibles sur une technologie donnée par exemple), ou par une API¹⁸ déployée entre les outils et les systèmes d'informations (SI) des FAI. À ce stade des discussions, il ressort qu'une autre solution semble présenter le meilleur compromis entre exhaustivité, fiabilité, sécurité et coûts de développement pour la majorité des acteurs. L'Arcep les remercie pour leur dynamisme et leur constructivité.



Cette solution est schématisée en ci-dessus. Lorsqu'un test est effectué, l'outil (quel qu'il soit : testeur web, sonde matérielle, agent dans la box, logiciel installable sur le terminal) lance en simultané une requête vers une API « carte d'identité de l'accès » située sur la box du testeur¹. Si l'outil interroge cette API, la box lui renvoie les caractéristiques de la ligne au moment du test². La plupart des informations sont disponibles nativement sur la box : technologie d'accès, informations sur la connexion LAN et sur la box, et – pour la plupart des FAI – compteur de trafic sur le port WAN¹⁹ permettant de détecter le *cross-traffic*. D'autres caractéristiques, comme le débit souscrit, ne sont pas présentes en local dans la box mais dans le SI de l'opérateur : *via* une autre API, le SI les transmet à la box à la fréquence nécessaire pour que les informations soient toujours à jour³. Il est à noter que le SI des opérateurs – système au cœur du fonctionnement de leurs processus internes dont la réactivité peut être faible – n'interagit à aucun moment directement avec les outils.

Cette solution est par ailleurs invisible pour la personne effectuant le test et ne dégrade pas l'expérience utilisateur. Plus de détails sur les caractéristiques techniques de la solution se trouvent en [annexe 2](#) du présent rapport.

Ce chantier ambitieux devrait permettre donc aux outils de mesure des réseaux fixes d'atteindre un niveau de caractérisation quasi-équivalent à celui obtenu nativement par les applications mobiles – déjà à même d'identifier par exemple le réseau d'accès (2G, 3G ou 4G) ou l'intensité du signal car elles sont directement en lien avec le système d'exploitation du mobile et qu'il n'y a pas d'intermédiaire entre le terminal et le réseau (*versus* la présence d'une box sur le fixe).

Par l'élaboration, en concertation avec les parties prenantes, des spécifications de l'API, l'Arcep continuera de créer les conditions de la confiance nécessaires à la collaboration des différents acteurs. Dans une véritable logique d'État-plateforme, l'Autorité remplira ainsi sa mission d'information au consommateur tout en laissant le soin à ses partenaires de développer des innovations sur la base des informations récoltées.

^{18/19} Voir [lexique](#).

LE POINT DE VUE D'OUTILS DE MESURE WEB



Renaud KERADEC,
CEO/CTO et fondateur, **nPERF SAS**



La caractérisation de l'environnement utilisateur est un enjeu important pour nPerf. Tous les utilisateurs des outils nPerf y trouveront un intérêt. Les opérateurs bénéficieront de données plus complètes et permettant un meilleur diagnostic des situations anormales. nPerf sera en mesure de publier des études plus précises avec

des comparaisons plus pertinentes des performances fournies par les différents opérateurs en fonction des technologies disponibles chez les internautes français. L'utilisateur final aura ainsi une meilleure visibilité sur la qualité du service fourni par les différents fournisseurs d'accès à internet. nPerf sera également en mesure d'indiquer simplement à l'utilisateur si

le débit annoncé par son opérateur est bien au rendez-vous! Chez nPerf, nous sommes convaincus que la solution co-construite avec l'Arcep, les éditeurs d'outils de mesure et les opérateurs apportera, à terme, tous les éléments nécessaires à une meilleure caractérisation des données collectées dans l'intérêt de tous.



Adam ALEXANDER,
VP Strategic Partnerships, **OOKLA LLC**



Ookla, la société qui a créé Speedtest.net, comprend qu'il est essentiel que les consommateurs, les régulateurs et les FAI puissent appréhender les performances de l'accès internet individuel grâce à des analyses comparatives précises. Dans le cadre de nos travaux avec l'Arcep, nous sommes conscients de l'intérêt que représente la caractérisation de l'environnement de l'utilisateur - pour pouvoir ensuite réaliser une analyse comparative

du débit et de la qualité de la connexion fournie à l'utilisateur final. Nous sommes tout aussi conscients de la nécessité de pouvoir isoler chaque caractéristique de cet environnement afin de s'assurer que ce qui est mesuré relève uniquement de facteurs que les FAI sont en mesure de contrôler. Ainsi, Ookla reconnaît la valeur ajoutée de la solution proposée: pouvoir faire appel à une API qui serait capable de croiser les données tech-

niques et les informations sur les débits souscrits de l'utilisateur pour comparer la performance réelle avec la performance attendue par le consommateur. Bien que cette solution requière à la fois un investissement des FAI pour fournir l'API et d'Ookla pour l'intégrer, nous estimons que la richesse des données collectées et l'exactitude des analyses comparatives constituent un rendement net positif.



Arnaud BÉCART,
Sr Solutions Engineer, **CEDEXIS (NOW PART OF CITRIX)**



Cedexis - récemment acquis par Citrix - mesure la performance des plateformes Cloud et CDN depuis plus d'un milliard de sessions utilisateurs par jour. Ces données communautaires réelles permettent à ces plateformes d'améliorer leur connectivité réseau. Elles peuvent aussi être utilisées par les FAI pour mesurer et comparer l'accessibilité de leurs internautes à ces plateformes comme Google, Amazon ou Akamai. Les bases GeoIP permettent d'identifier le réseau et la région de l'internaute mais sont peu précises sur le type de réseau (fixe, mobile) ou l'offre d'accès

(3G, 4G, FttH, xDSL, etc.). La mise en place d'une API donnant ces informations serait très utile pour distinguer les temps d'accès (DNS, TCP, latence ou débit). La solution proposée par l'Arcep, bien que répondant techniquement au manque de caractérisation, implique de nombreuses contraintes techniques car elle nécessite des développements pour l'opérateur (API entre son SI et la box, et API dans la box) et pour l'outil de mesure (intégration de l'API box). Une interface directe (API entre le SI des opérateurs et le SI des outils) serait selon Cedexis plus simple à développer,

à maintenir et à reproduire dans d'autres pays car elle ne nécessite pas de changement côté box ni côté outil. Les opérateurs pourraient mettre en place un échange sécurisé et automatisé avec nos serveurs, que nous pourrions intégrer plus facilement à notre plateforme étant donné que cette approche ne nécessite pas de modification importante de notre outil collectant plus de 14 milliards de mesures par jour. En parallèle de ce chantier, nous étudions d'autres méthodes de caractérisation comme l'API *Network Information* ou des échanges en direct avec les FAI.

2.3. Chantier B: méthodologies de mesures

Comme expliqué dans la publication des résultats de l'étude « cartographie des outils » dans le rapport 2017, chaque choix de protocole sert des objectifs différents : le foisonnement existant est donc bénéfique à l'écosystème. À titre d'exemple, une mesure de débit en *monothread* (avec une unique connexion TCP) mesure le débit que l'on peut espérer atteindre lors du chargement d'une page web ; alors qu'une mesure en *multithread* (avec plusieurs connexions TCP en parallèle) sature la ligne et se rapproche d'une mesure de capacité.

Néanmoins, comme indiqué précédemment, il semble indispensable que la publication d'une mesure s'accompagne de transparence concernant la méthodologie employée afin que tout tiers soit en capacité d'expliquer les résultats obtenus. Il est également utile de voir disparaître les pratiques susceptibles d'introduire des biais importants. Dans ce but, l'Arcep a établi un projet de code de conduite à destination des acteurs de la mesure de la qualité de service et d'expérience de l'internet qui comporte deux volets :

- une liste de « critères de transparence », qui devraient accompagner toute publication de résultats ;
- une liste des bonnes pratiques, que l'Arcep souhaiterait voir associées à certains critères particuliers.

Pour établir la définition des critères de transparence et des bonnes pratiques des méthodologies de mesure des débits et de la latence, l'Arcep s'est appuyée sur le rapport « *Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology*²⁰ » publié par le BEREC en octobre 2017 qui contient des recommandations quant aux méthodologies de mesure de ces indicateurs techniques.

L'Arcep envisage d'introduire dans le code de conduite des critères de transparence et des bonnes pratiques relatives au temps de chargement de pages web et à la qualité de la vidéo en *streaming* même si le BEREC n'a pas émis de lignes directrices concernant la mesure – plus complexe – de ces indicateurs d'usage. En effet, comme évoqué ci-contre dans les points de vue croisés de l'INC et de l'UFC, ces indicateurs présentent un intérêt tout particulier : d'une part, ils sont plus éloquents pour le consommateur, et d'autre part, ils permettent de suivre la qualité réelle de nouveaux usages toujours plus exigeants.

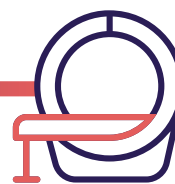
Les versions bêta de ces deux listes sont présentées en annexe 1.



© Fotolia/ifa27, Fotolia/Julien Eichinger

²⁰ http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/regulatory_best_practices/methodologies/7295-berec-net-neutrality-regulatory-assessment-methodology

LA QUALITÉ D'EXPÉRIENCE, UNE INFORMATION ESSENTIELLE POUR LE CONSOMMATEUR



Thierry MARTIN,
Ingénieur d'Études au Centre d'Essais Comparatifs,
INSTITUT NATIONAL DE LA CONSOMMATION



L'INC, éditeur de « 60 Millions de consommateurs », s'est engagé dès 1990 dans l'amélioration de la qualité des services d'accès à l'internet en publiant des essais comparatifs de FAI dans son magazine. Le Centre d'Essais de l'INC a conçu des méthodologies de mesures en faisant le constat, début 2000, que ses mesures en environnement contrôlé ne reflétaient plus suffisamment la diversité des usages. Les nombreux courriers de clients mécontents de leur accès à l'internet ont confirmé ce constat.

Cette démarche nous a conduits à proposer une information plus personnalisée et prenant en compte plus systématiquement le point de vue « ressenti et expérience utilisateur ». Notre solution, disponible depuis 2002, est le « Testeur de connexion internet » qui permet de tester les performances de sa connexion fixe.

Au fil du temps, l'unique mesure de débit s'est complétée d'une série d'indicateurs d'usage : téléchargement, navigation web, *streaming* vidéo, etc. Poussé par un consommateur aux besoins croissants de connectivité, l'INC s'est engagé depuis

deux ans dans la refonte de ses outils afin de fiabiliser la collecte des indicateurs d'usage. Mais assurer la fiabilité de la mesure n'est qu'une des intentions dans tous nos travaux dont la finalité est l'accompagnement, à l'aide d'une restitution compréhensible et pédagogique, du consommateur dans ses décisions d'achats.

D'autres idées de services sont déjà à l'étude pour accompagner au quotidien le consommateur dans sa vie connectée ; signe que l'INC poursuit sa démarche pour et avec le consommateur.



Antoine AUTIER,
Responsable adjoint du service des études, **UFC-QUE CHOISIR**



Lorsqu'il s'agit pour un consommateur de choisir son fournisseur d'accès à internet ou son opérateur de services mobiles, le prix est évidemment scruté de près. Mais il est loin d'être le seul critère pris en compte : la qualité de service demeure un critère essentiel.

Les indicateurs attendus des consommateurs concernent bien sûr de prime abord ceux ayant trait aux usages. Un consommateur utilisant fréquemment un service de *streaming* vidéo portera ainsi une grande attention à un indicateur d'usage d'un tel service. Mais les indicateurs techniques ont également une importance, particulièrement en ce qui concerne l'internet fixe, dont le marché

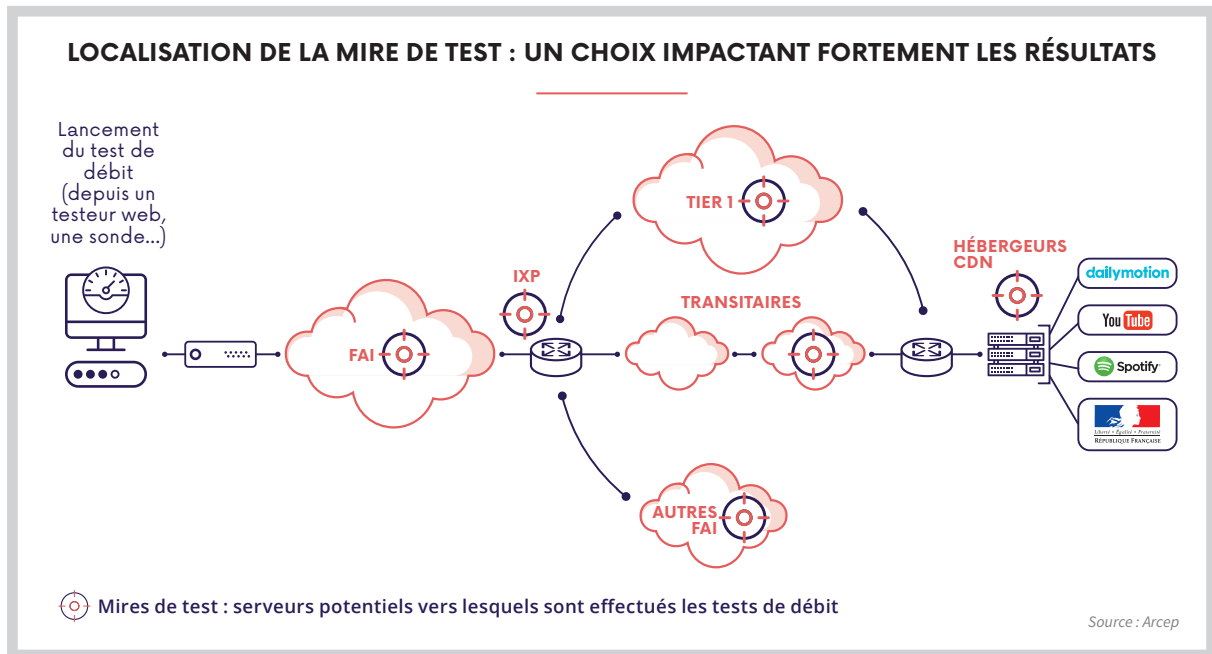
ne se caractérise pas par sa fluidité. Un consommateur pourra ainsi être particulièrement attentif aux débits dans le sens où un écart important entre les débits proposés aujourd'hui, jugé pour l'instant sans effet, affectera très probablement la qualité d'utilisation de futurs services très gourmands en bande passante.

Concernant la production d'indicateurs, et même si l'UFC-Que Choisir a parfois pu être en désaccord avec des choix méthodologiques opérés par l'Arcep, il convient de souligner que les publications de l'Autorité relatives aux services mobiles constituent dans l'environnement actuel un socle sérieux et éclairant pour les consommateurs.

Le schéma est bien différent pour les services fixes, où l'on constate un relatif désert sur la production d'indicateurs aussi bien techniques que, surtout, d'usage. Si ceci s'explique en grande partie par l'existence de nombreux biais, cela ne doit pas décourager les initiatives compte tenu des enjeux consomméristes.

C'est la raison pour l'UFC-Que Choisir a récemment lancé son observatoire de la qualité de l'internet fixe. Basé sur des résultats collectés auprès d'un panel de testeurs, cet observatoire ambitionne l'élaboration d'indicateurs de référence pour les consommateurs afin d'éclairer au mieux le choix engageant d'un fournisseur d'accès à internet.

2.4. Chantier C : mires de test



Outre les méthodologies, un facteur impactant considérablement les résultats est le serveur vers lequel est lancée une mesure, aussi appelée la « mire de test ». Le débit mesuré est alors le débit disponible entre le terminal de test (ordinateur, sonde ou autre) et la mire de test.

Comme explicité sur le schéma ci-dessus, les mires de test peuvent être localisées à différents endroits :

- dans le réseau du FAI de l'utilisateur : le résultat du test ne dépend que du FAI mais il est très peu représentatif d'un usage réel des services internet, souvent hébergés au-delà de ce premier réseau ;
- dans le réseau d'un autre FAI : le test prend non seulement en compte le réseau du FAI de l'utilisateur mais également la qualité du réseau et de l'interconnexion avec un autre FAI ; ce test est très peu représentatif d'un usage réel des services internet ;
- à un point d'échange internet (IXP, pour *Internet Exchange Point*) : le réseau testé ne dépend pratiquement que du FAI et se rapproche d'un usage réel, une partie du trafic internet passant par les IXP ;

- dans le réseau d'un transitaire : le test n'est pertinent que si le transitaire échange beaucoup de trafic avec le FAI de l'utilisateur ; il est à noter que les observatoires réalisés par des transitaires (comme celui d'Akamai) représentent uniquement la qualité de service vers un horizon précis de l'internet ;
- dans le réseau d'un Tier 1²¹ : le réseau testé va au-delà des seules performances du réseau du FAI ; les mesures sont encore plus représentatives d'un usage réel que lorsque les mires sont placées à un IXP ;
- au plus proche des serveurs des FCA : le réseau testé est celui emprunté de bout en bout jusqu'à un hébergeur donné ; les tests sont donc très représentatifs d'un usage en particulier (l'observatoire de Netflix par exemple, donne uniquement une mesure de la qualité vers son service).

Au vu de l'impact que peuvent avoir les caractéristiques des mires de test (leur localisation, mais également la capacité des serveurs, etc.), des critères de transparence ont également été inclus dans le projet de code de conduite (cf. [annexe 1](#)). Comme pour le chantier B, ils s'accompagnent de bonnes pratiques visant à maîtriser l'impact des mires dans la mesure de la qualité.

²¹ Les Tier 1 sont les réseaux capables de joindre tous les réseaux internet par une interconnexion directe.

2.5. Autres chantiers: lutte contre la fraude, représentativité statistique et environnement Wi-Fi

En complément de ces trois chantiers, des travaux concernant la lutte contre la fraude, la représentativité statistique des mesures et l'impact de l'environnement Wi-Fi sont en cours de cadrage.

Lorsqu'ils auront suffisamment progressé, ces trois chantiers ont également vocation à enrichir le code de conduite présenté en annexe dans sa version bêta. Le chantier de lutte contre la fraude est essentiel à la crédibilisation de la mesure, notamment en vue de la détection et de l'exclusion des tests automatiques. Sur proposition de plusieurs acteurs de l'écosystème, l'Arcep étudie la piste d'une charte *via* laquelle les signataires s'engageraient à respecter un certain nombre de règles de déontologie.

Une attention particulière doit également être portée au nombre et au profil des utilisateurs réalisant les tests afin de garantir la représentativité statistique des mesures. Différentes solutions ont déjà été mises en place par certains acteurs, comme la réalisation de campagnes de *drive tests* visant à combler le manque de mesures sur certaines zones géographiques, ou l'élaboration de modèles statistiques évolués.

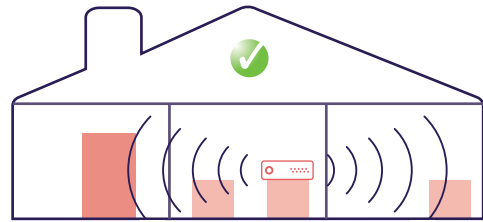
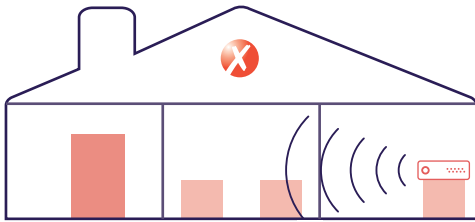
Enfin, le Wi-Fi pouvant être une limitation significative au débit perçu *in fine* par l'utilisateur, il est important de travailler à sa prise en compte et à la diminution de son impact. En première approche, l'Arcep a pensé utile de lister quelques bonnes pratiques à destination des particuliers souhaitant optimiser la qualité de leur signal Wi-Fi (voir page suivante).



CINQ ASTUCES POUR OPTIMISER LA QUALITÉ DE SON SIGNAL WI-FI

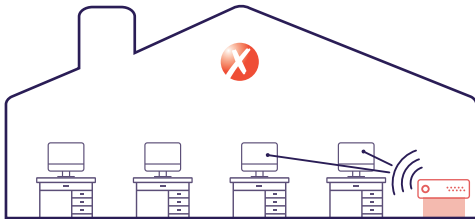
1 PLACER LA BOX DANS UNE PIÈCE CENTRALE DU LOGEMENT

Il est recommandé de placer la box dans une pièce centrale du logement afin de limiter les obstacles que le Wi-Fi rencontre pour se connecter aux terminaux. En effet, les murs atténuent le signal radio et diminuent sensiblement le débit internet reçu par les équipements situés dans les pièces les plus éloignées. Ainsi, placer la box à l'extrémité du logement ou dans un local fermé ne permet pas de tirer le meilleur parti du réseau Wi-Fi.



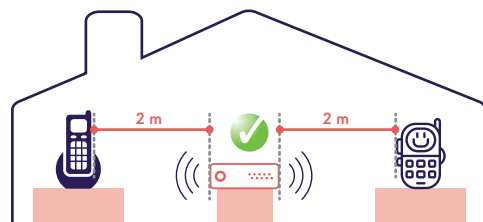
2 METTRE LA BOX DANS UN ENDROIT AUSSI DÉGAGÉ QUE POSSIBLE

Pour les mêmes raisons, il est recommandé de mettre la box dans un endroit aussi dégagé que possible, idéalement en hauteur. À l'inverse, mettre la box au sol, entre des livres, dans un meuble TV ou près de meubles hauts dégrade le signal Wi-Fi et l'expérience utilisateur.



3 ÉLOIGNER LA BOX D'AUTRES ÉQUIPEMENTS SANS FIL

Afin de bénéficier des capacités maximales de son accès, il est également souhaitable de laisser un espace d'environ 2 mètres entre la box et d'autres équipements radio comme la base d'un téléphone sans fil, un *babyphone*, micro-onde, etc. Ainsi, les interférences entre les différentes ondes radio seront limitées et le signal Wi-Fi optimisé.



4 PRIVILÉGIER LES FRÉQUENCES WI-FI 5 GHz

Dans le cas où la box est en capacité d'émettre dans les fréquences 2,4 GHz et 5 GHz (ce qui est le cas des box de dernière génération), il est conseillé de la paramétrer pour qu'elle émette des fréquences 5 GHz.



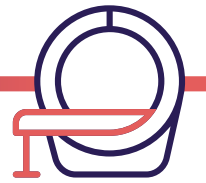
5 EN CAS DE RENOUVELLEMENT DE VOTRE PC, VÉRIFIEZ QU'IL EST COMPATIBLE WI-FI 802.11 AC

Il est recommandé de privilégier les ordinateurs compatibles avec la norme Wi-Fi 802.11ac. Cette norme est en effet bien plus performante que la norme 802.11n, qui existe également sur certains ordinateurs neufs. Par ailleurs, elle ne présente pas de risque d'incompatibilité avec la box puisqu'elle est rétro-compatible avec toutes les anciennes normes.



Source : Arcep

SONDES MATÉRIELLES ET MESURE DES PERFORMANCES WI-FI



Luis MOLINA,
Co-fondateur, **CASE ON IT**



Les réseaux internet fixes permettent des connexions Ethernet et Wi-Fi aux caractéristiques techniques différentes et aux potentiels de qualité de service bien distincts. La connexion Wi-Fi fait face à deux principales difficultés : les interférences entre canaux aggravées par le voisinage et l'affaiblissement du signal à l'intérieur de la maison, sous l'effet des cloisons et des obstacles.

C'est la raison pour laquelle MedUX a conçu des sondes disposant à la fois d'une interface Ethernet et d'une inter-

face Wi-Fi à la norme 802.11 a/b/g/n/ac. Ceci permet la mesure concomitante en temps réel de la qualité de service Ethernet et Wi-Fi.

MedUX 2018 vise la création d'un écosystème renforçant les sondes fixes avec les applications mobiles. Ainsi les applications pourront : communiquer avec la sonde pour faire des ajustements locaux, conduire des tests de vérification de la couverture Wi-Fi dans la maison, extraire des KPI Wi-Fi (utilisation du canal et des canaux voisins), etc.

Comme la plupart des utilisateurs font usage du Wi-Fi sur leur réseau fixe, MedUX adresse leurs besoins avec une combinaison de mesures spécifiques Wi-Fi et de compléments apportés par des moyens additionnels de l'écosystème. Avec une couverture complète de la maison de l'utilisateur final, MedUX peut mesurer exhaustivement l'impact de la qualité Wi-Fi aussi bien sur les indicateurs techniques que d'usage.

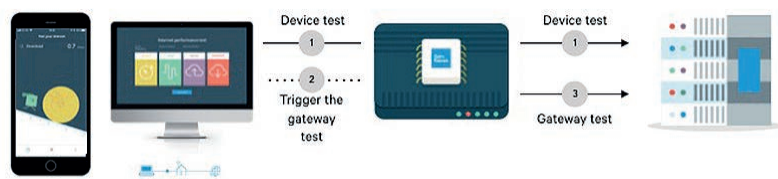


Sam CRAWFORD,
CTO and founder, **SamKnows**



Ces dernières années, les vitesses d'accès à internet et le nombre d'appareils connectés au Wi-Fi de la maison ont connu une augmentation significative. Cependant, la qualité de la connectivité n'a pas suivi cette tendance et les facteurs internes au domicile sont souvent à l'origine de problèmes de performance et de fiabilité de l'internet. Sauf si les tests sont réalisés dans des conditions de laboratoire optimales, même les *smartphones* et les réseaux Wi-Fi de dernière génération ne parviennent pas à saturer une ligne à 1 Gbit/s.

Par ailleurs, il n'y a souvent pas de moyen facile pour un utilisateur ou même pour un FAI de savoir de manière fiable si le problème est causé par des facteurs à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison. SamKnows a développé un test de performance en deux étapes qui mesure activement la performance entre le terminal de l'utilisateur et internet d'une part, et entre le routeur SamKnows (ou Whitebox) et internet d'autre part.



Source : SamKnows



« LES FACTEURS
INTERNES AU DOMICILE
SONT SOUVENT
À L'ORIGINE
DE PROBLÈMES
DE PERFORMANCE
ET DE FIABILITÉ
DE L'INTERNET. »

Ces deux résultats permettent de déterminer si le goulot d'étranglement se situe au niveau du terminal, du réseau domestique ou de la ligne internet.

Ces informations peuvent être utiles dans bien des situations : un utilisateur peut par exemple s'en servir pour auto-diagnostiquer sa ligne et résoudre un problème de connectivité sans même avoir à contacter son FAI. Ces mesures de performance ne sont pas limitées à des tests de débit. N'importe quel indicateur SamKnows, comme les tests de *streaming* vidéo ou de jeux en ligne, peut être évalué de cette manière.

MESURE DES PERFORMANCES WI-FI



Dr John CIOFFI,
Président Directeur Général, **ASSIA Inc**



L'ultra haut débit devient désormais une réalité pour une partie croissante de la population. Cette explosion des débits s'accompagne d'une augmentation du nombre de terminaux connectés sans fil. Pour les réseaux fixes, cette révolution se traduit par de nouvelles contraintes sur le réseau de distribution domestique qui dès lors s'appuie de plus en plus sur le Wi-Fi devenant désormais un élément critique dans la qualité d'expérience.

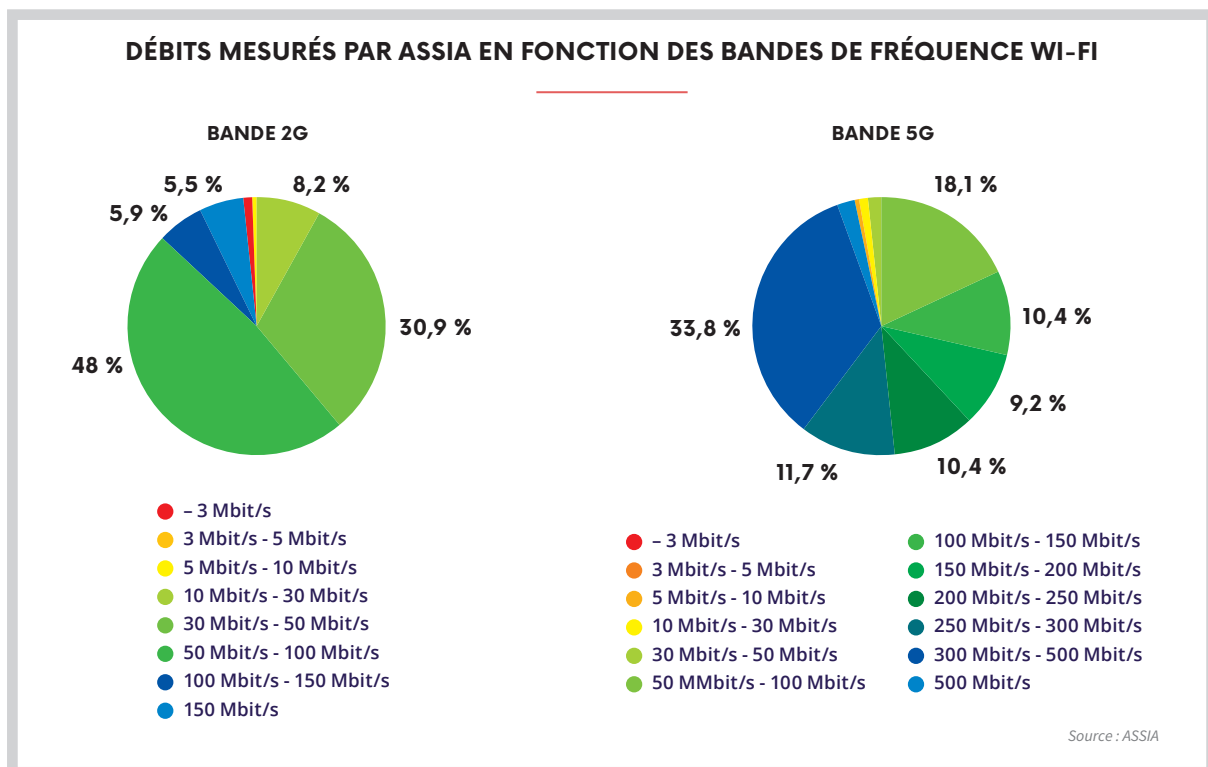
Des études effectuées par ASSIA sur les réseaux de ses clients montrent que dans la bande Wi-Fi 2,4 GHz, 30 % des

lignes souffrent de problématiques de débit/latence sur le lien station/point d'accès Wi-Fi impactant l'utilisateur. Ce chiffre diminue à 10 % pour la bande 5 GHz. Dans la bande 2,4 GHz, 40 % des stations ont un débit inférieur à 50 Mbit/s (1 % des stations ont un débit inférieur à 3 Mbit/s), dans la bande 5 GHz ce chiffre tombe à 20 %. Parallèlement nous observons également que l'équipement de l'utilisateur, sur une même technologie Wi-Fi, joue un rôle primordial dans le débit Wi-Fi disponible et que les performances varient de manière importante en fonction du matériel utilisé. En 15 ans,

la façon de « consommer » l'internet chez soi a été profondément modifiée: d'un ordinateur de bureau connecté par un câble Ethernet au modem, nous disposons aujourd'hui d'une multitude d'équipements connectés, la quasi-totalité en Wi-Fi (12 en moyenne par foyer en Amérique du Nord).

Les méthodes d'analyse de la qualité de service basées sur le débit doivent également évoluer pour prendre en compte ces réalités et notamment l'impact du Wi-Fi sur ces mesures.

Pour plus d'informations : <https://www.assia-inc.com/defining-next-wi-fi-revolution/>

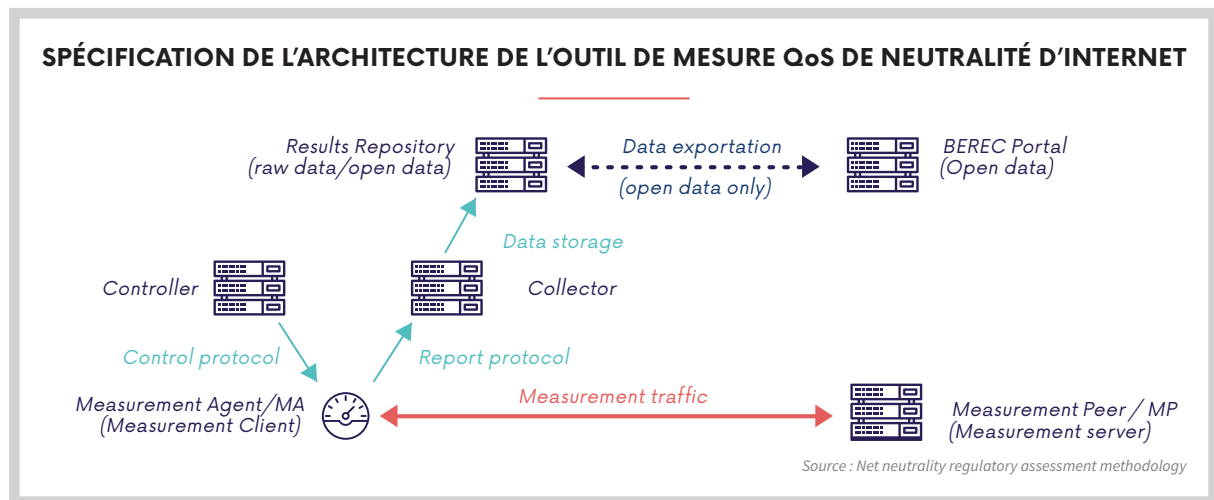


3. LE TRAVAIL AUTOUR D'OUTILS EN PROPRE COMPLÉMENTAIRES

3.1. L'outil commun du BEREC

En octobre 2017, le BEREC a publié deux rapports posant les bases d'un outil commun de mesure de la qualité de service : le rapport « *Net neutrality regulatory assessment methodology* »²², qui donne des recommandations sur

les méthodologies de mesure de différents indicateurs de qualité de service, et le rapport « *Net neutrality measurement tool specification* »²³, qui spécifie l'architecture d'un tel outil.



À la suite de ces travaux, le BEREC a lancé en mars 2018 un appel d'offres visant à sélectionner le prestataire qui développera l'outil.

Le cahier des charges inclut trois composants essentiels : un logiciel *open source*, qui permettra de mesurer les différents indicateurs et pourra être réutilisé par les Autorités de régulation nationales (ARN) qui souhaiteront implémenter l'outil ; un système de mesure de référence, qui exécutera le logiciel *open source* et présentera les résultats de mesure en *open data* (la « *proof-of-concept* », qui servira d'implémentation de référence) ; et un portail BEREC, qui collectera et traitera les résultats des mesures afin de générer des statistiques, des cartes et des rapports.

Les fonctionnalités exactes de l'outil dépendront des options proposées par le prestataire sélectionné. *A minima*, l'outil BEREC sera constitué d'une application mobile (sur Android et iOS) et d'un testeur web capables de mesurer les indicateurs techniques habituels (débits, latence, etc.) ainsi que le blocage des ports. S'ils sont

proposés par le prestataire, l'outil pourra mesurer également des indicateurs d'usage tel que le temps de chargement d'une page web ou la qualité d'un *streaming* vidéo, et des indicateurs liés à la neutralité du net tel que la détection de proxy ou de manipulation DNS²⁴. Une version installable de l'outil (sur Windows, Mac et/ou Linux) pourrait aussi être disponible.

La fin du développement des trois composants mentionnés ci-dessus est prévue pour le troisième trimestre 2019. Par la suite, les ARN pourront, sur base volontaire, implémenter l'outil sur leur territoire après une adaptation aux besoins nationaux (traduction de l'interface utilisateur, mise en place de serveurs de tests locaux, ajout d'indicateurs de test supplémentaires, etc.).

Une grande partie des ARN, dont certaines possédant déjà un système de mesure national, voit un réel intérêt à adopter cet outil. En effet, il permettra notamment de garantir une méthodologie de mesure harmonisée entre pays européens et de fournir des mesures transfrontalières, plus représentatives de la

²² http://www.berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/regulatory_best_practices/methodologies/7295-berec-net-neutrality-regulatory-assessment-methodology

²³ http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/7296-net-neutrality-measurement-tool-specification

²⁴ Domain Name System.

connectivité internet réelle à travers l'Europe (qui reste rarement nationale). Il facilitera en outre le partage de connaissance et d'expertise entre les différents ARN ayant adopté l'outil.

Néanmoins, comme pour les outils de *crowdsourcing* existants sur les réseaux fixes, la caractérisation de l'environnement utilisateurs restera très faible. Ainsi, le chantier A de la démarche de co-construction de l'Arcep est indispensable et complémentaire aux travaux sur l'outil BEREC, dans lesquels l'Arcep s'investit également.

3.2. Le suivi par l'Arcep de la qualité de l'internet mobile

Depuis 1997, l'Arcep mène chaque année une enquête d'évaluation de la qualité des services mobiles des opérateurs métropolitains. L'objectif est d'apprécier, sur une base comparative, la qualité des services mobiles offerts aux utilisateurs par les opérateurs mobiles, et refléter ainsi l'expérience des utilisateurs dans différentes situations d'usage (en ville, en zone rurale, dans les transports, etc. et pour les principaux services utilisés (appels, SMS, chargement de page web, *streaming* vidéo, téléchargement de fichiers, etc. En 2017, plus d'un million de mesures en 2G, 3G et 4G ont été réalisées sur l'ensemble du territoire, dans tous les départements (à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments et dans les transports (TER, Transiliens, RER, métros, TGV, routes

Afin de mettre en valeur ces résultats, l'Arcep a lancé en 2017 un nouvel outil cartographique et interactif, *monreseaumobile.fr*, qui permet de visualiser l'ensemble des données de cette enquête de qualité de service, ainsi que données relatives à la couverture des opérateurs. Si les cartes de couverture mobile des opérateurs – réalisées à partir de simulations numériques – donnent une information nécessaire sur l'ensemble du territoire, elles présentent des visions simplifiées de disponibilité des services mobiles. Ces cartes sont complétées par les données relatives à la qualité de service réalisées en conditions réelles : elles n'offrent pas une vision exhaustive du territoire, mais permettent de connaître de façon précise le niveau de service proposé par chaque opérateur dans tous les lieux mesurés.

L'enquête annuelle menée par l'Arcep permet de mesurer la progression de la qualité de service des réseaux de chacun des opérateurs. En particulier, le suivi par l'Arcep des performances de la 4G s'est avéré essentiel : fin 2017, les utilisateurs 4G représentaient environ 90 %²⁵ du volume total d'échange de données mobiles. En effet, afin de suivre l'explosion des usages, la 4G est devenue le fer de lance des investissements des opérateurs.

Les débits moyens en téléchargement relevés sur les réseaux mobiles sont en constante progression. En 2017, ils s'établissaient à 24 Mbit/s toute technologie (2G, 3G, 4G) et tout opérateur confondu. En 4G, ce débit est sensiblement supérieur : 34 Mbit/s, lui-aussi en constante progression. Par ailleurs, en 2017, 78 % des pages web

À SAVOIR



Obligations de transparence des opérateurs

L'article 4.1 d) du règlement européen relatif à l'accès à un internet ouvert* prévoit notamment que les FAI mettent à disposition de leurs clients « une explication claire et compréhensible » concernant les débits montants et descendants alloués dans leurs offres d'accès à internet. Ainsi, en application du règlement, les FAI sont tenus d'inclure dans leurs contrats les débits minimums, normalement disponibles, et maximum pour les réseaux fixes, et le débit maximum pour les réseaux mobiles.

Les lignes directrices du BEREC pour la mise en œuvre par les Autorités nationales du règlement européen** apportent des premières précisions quant à la définition de chaque type débit. Dans le but d'obtenir des engagements harmonisés de la part des FAI, l'Arcep et la DGCCRF travaillent à la mise en œuvre pratique de ces dispositions. En parallèle, l'Autorité étudie les possibilités d'un mécanisme de contrôle qui permettrait d'évaluer l'écart entre les performances réelles et les performances annoncées dans le contrat.

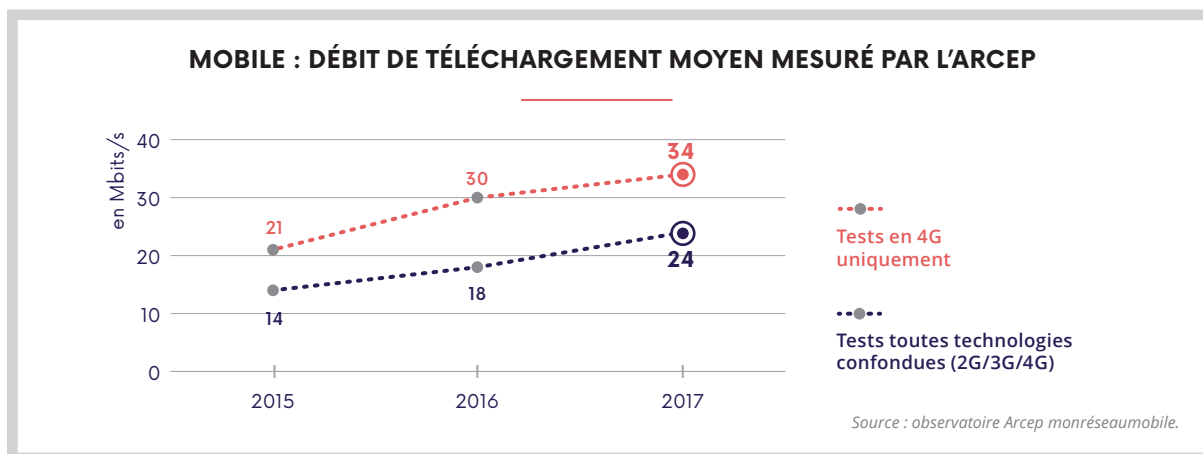
* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2120&from=FR>

** https://www.arcep.fr/fileadmin/uploads/tx_gspublication/2016-10-21-Lignes-directrices-NN-version-francaise.pdf

²⁵ Donnée issue de l'observatoire des marchés des communications électroniques en France pour le T4 2017 : <https://www.arcep.fr/index.php?id=13921>
Données concernant les résultats issus de l'observatoire Arcep 2017 : https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/observatoire/qsmobile/2017-06-21_Rapport_QoS_Data.pdf

mesurées par l'Arcep - parmi un échantillon des 30 sites les plus consultés en France - étaient chargées en moins de 10 secondes. La 4G apporte également un gain très

important sur cet indicateur puisque le taux de pages web chargées en moins de 10 secondes uniquement en 4G s'établit quant à lui à 95 %²⁶.



Afin de compléter la vision de l'Arcep et de la rendre toujours plus en phase avec les attentes des utilisateurs, l'Arcep souhaite, au-delà de ses propres mesures, accentuer ses interactions avec les acteurs de mesures tiers, que cela soit du *crowdsourcing* mobile ou d'autres acteurs, comme SNCF ou RATP. Les liens tissés et à développer permettront l'émergence d'une appréhension commune des méthodologies de collecte des données, tout en visant un haut niveau d'exigence de qualité, de transparence et de représentativité. C'est dans ce sens, par exemple, que l'Arcep et QoSi ont annoncé en janvier 2018 l'intégration, en plus des données relatives à la qualité de service mobile, des données relatives à la couverture mobile en services voix et SMS dans le comparateur Qosbee.

QoSi transmettra également à l'Arcep les données obtenues de son côté *via* ses applications de *crowdsourcing* et ses propres enquêtes terrain. Non seulement les données obtenues permettront à l'Arcep de renforcer sa connaissance de la qualité de service des opérateurs, mais elles pourraient également être publiées sur *monreseaumobile.fr*, en complément des mesures Arcep, afin d'enrichir la restitution qui en est faite aux utilisateurs. Cette démarche partenariale s'inscrit pleinement dans les chantiers de co-construction exposés ci-dessus, concernant aussi bien les réseaux fixes que les réseaux mobiles.

²⁶ Méthodologie de mesure disponible au lien suivant : https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/observatoire/qsmobile/2017-06-21_Rapport_QoS_Data.pdf



CO-CONSTRUCTION ET ÉCHANGE DE DONNÉES PUBLIC-PRIVÉ



Fabien RENAUDINEAU,
CEO, **QoSi**



L'Arcep s'est engagée dans une stratégie de régulation par la data : nouveau mode d'action du « pouvoir par la multitude » qui fait de chaque citoyen un micro-régulateur grâce à une information précise et personnalisée. Les services proposés par QoSi s'inscrivent parfaitement dans le *nudge*²⁷ voulu par l'Arcep. Nous faisons donc le choix de travailler étroitement avec l'Arcep en participant aux groupes de réflexion et de co-construction des prochains cadres de régulation sur les services mobiles mais aussi, plus récemment, sur ceux du fixe.

Plus encore, sur la qualité de service mobile, nous avons noué un partenariat portant notamment sur un échange mutuel de données entre le régulateur et notre application Qosbee. En alimentant Qosbee des données de couverture mobile (voix et SMS), l'Arcep donne la possibilité à chaque utilisateur de connaître le meilleur opérateur mobile en fonction

de ses usages et ses lieux de vie. Ces derniers mois, cette nouvelle dynamique de régulation « à la française » rencontre un intérêt manifeste et grandissant chez les régulateurs en Afrique et dans certains pays d'Asie. Un signe supplémentaire que cette vision est porteuse de grandes opportunités pour nos marchés.



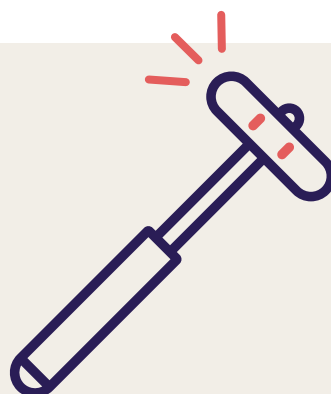
« CETTE NOUVELLE DYNAMIQUE DE RÉGULATION « À LA FRANÇAISE » [...] EST PORTEUSE DE GRANDES OPPORTUNITÉS POUR NOS MARCHÉS. »

²⁷ La théorie du *nudge* est un concept des sciences du comportement qui fait valoir que des suggestions indirectes peuvent influencer la prise de décision des individus, de manière aussi efficace sinon plus efficacement que l'instruction directe ou la législation.

2. Superviser l'interconnexion de données



*Un suivi vigilant
est indispensable
au vu des antécédents
du patient*



1. UNE MULTITUDE D'ACTEURS DANS UN ÉCOSYSTÈME EN ÉVOLUTION

Plusieurs acteurs principaux interagissent dans l'écosystème de l'internet :

- les fournisseurs de contenu et d'applications (FCA) : les propriétaires du contenu, qui font appel à plusieurs intermédiaires pour acheminer leur contenu aux utilisateurs finals ;
- les hébergeurs²⁸ : les propriétaires des serveurs hébergeant un contenu géré par des tiers (FCA ou individus) ;
- les transitaires : les gestionnaires des réseaux internationaux qui font office d'intermédiaires entre les FCA et les FAI pour acheminer le trafic ;
- les points d'échange internet (IXP – *Internet Exchange Point*) : les infrastructures qui permettent aux différents acteurs de s'interconnecter directement, *via* un point d'échange, plutôt que par le biais d'un ou de plusieurs transitaires ;
- les réseaux de diffusion de contenu (CDN – Content Delivery Network) : les réseaux qui se spécialisent dans la livraison de volumes de trafic importants vers plusieurs FAI, dans des zones géographiques variées et grâce à des serveurs cache au plus proche des clients finals ;
- les fournisseurs d'accès internet (FAI) : les opérateurs de réseaux qui sont chargés de livrer le trafic au client final ;
- les clients finals : les individus qui utilisent leurs propres équipements et contractent un abonnement auprès d'un FAI pour accéder à du contenu sur internet.

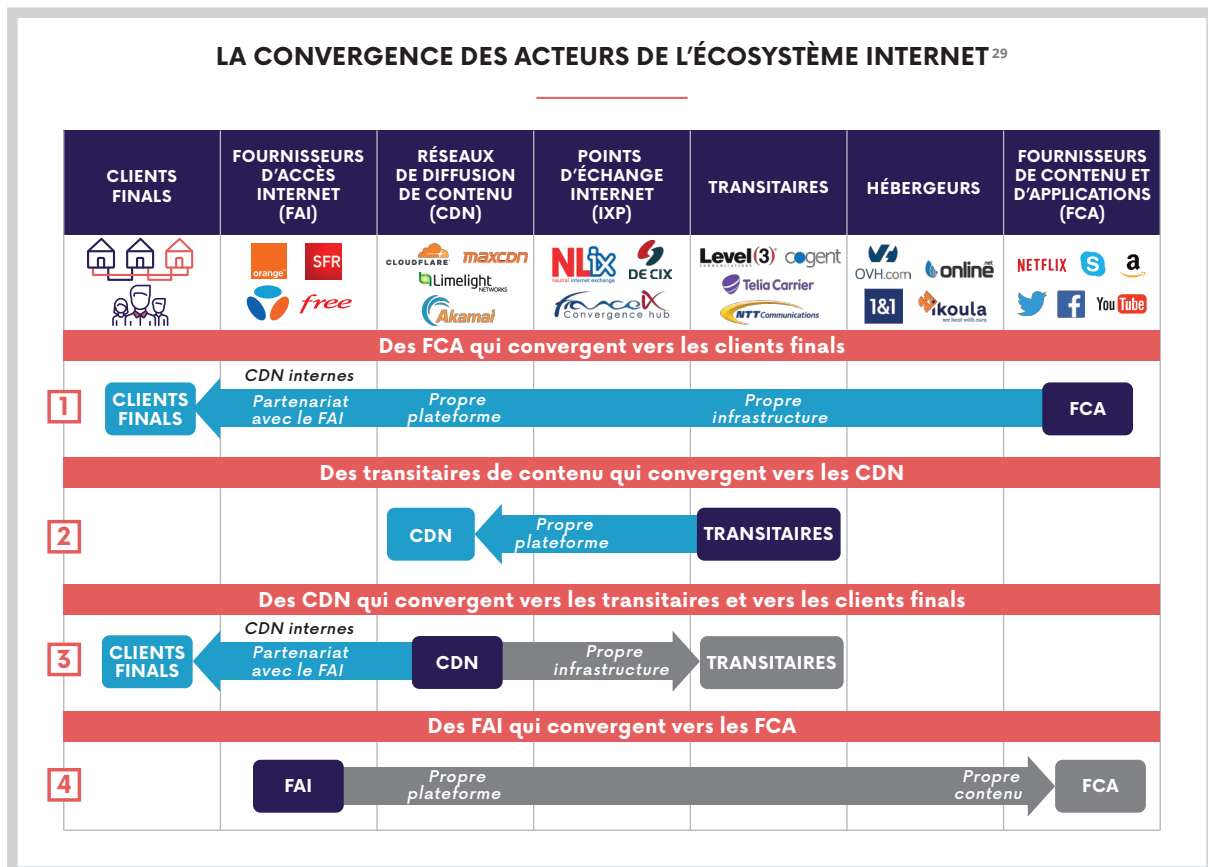
²⁸ Plus précisément, l'article 6-1-2° de la loi 2004-575 du 21 juin 2004 pour la confiance dans l'économie numérique définit les hébergeurs comme étant les personnes physiques ou morales qui assurent, même à titre gratuit, pour mise à disposition du public par des services de communication au public en ligne, le stockage de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de messages de toute nature fournis par des destinataires de ces services.

Comme le montre le tableau ci-dessous, la tendance actuelle du marché est à la convergence entre les différents acteurs. Plusieurs scénarios d'intégration verticale sont observés, vers l'amont comme vers l'aval de la chaîne de valeur :

- 1 dans l'optique de se rapprocher du client final et d'améliorer la résilience et la qualité de service de leurs services, les FCA mettent en place leur propre infrastructure réseau et leurs propres plateformes CDN ;
- 2 au-delà de leurs prestations de transit, les transitaires se basent sur leur infrastructure existante pour développer des services CDN et héberger du contenu tiers ;

- 3 d'une part, les CDN se comportent de plus en plus comme des opérateurs de réseaux en déployant leur propre infrastructure à travers le monde. D'autre part, ils concluent des partenariats avec les FAI afin de placer leurs serveurs dans le réseau de ces derniers et être le plus proche possible des clients finals ;
- 4 les FAI diversifient leurs activités en créant leurs propres contenus et en assurant leur diffusion via leurs propres plateformes.

N.B. : pour plus de précisions sur les termes techniques employés ci-après, l'Arcep invite le lecteur à se reporter à l'annexe 6 du rapport au Parlement et au Gouvernement sur la neutralité d'internet publié en septembre 2012.



²⁹ Inspiré d'un schéma de la présentation « The value of Network Neutrality to European consumers » de Detecon Consulting.



L'INTERCONNEXION POUR LES NULS

Stéphane BORTZMEYER, expert internet,

s'est pris au jeu de répondre aux questions les plus fréquemment posées sur l'interconnexion de données.

À quoi ça sert, l'interconnexion ?

Le client de SFR ne veut certainement pas interagir qu'avec les autres clients de SFR. Il veut un accès à tout l'internet. Les opérateurs doivent donc se connecter entre eux, s'interconnecter, et ce sont ces interconnexions qui finissent par former l'internet, ce réseau de réseaux.

Cela ressemble à quoi, physiquement, une interconnexion ?

C'est une fibre optique qui passe entre les machines de deux opérateurs. Pour simplifier le processus, les opérateurs profitent en général de leur présence dans le même centre de données où se trouvent des salles spécialisées dans l'interconnexion, les « *meet-me rooms* ». Ou alors ils sont connectés au même point d'échange, ces services dédiés à l'interconnexion, où une nouvelle connexion ne nécessite même plus de passer une nouvelle fibre.

Lorsque deux acteurs souhaitent s'interconnecter, comment s'y prennent-ils ?

Se connecter physiquement n'est qu'une partie du processus. Il faut un accord entre les deux opérateurs, pour que chacun puisse envoyer ses données à l'autre, et acheminer les données reçues. Un tel accord est avant tout une décision « *business* », et non technique. À part quelques pays, il n'y a pas de lois nationales ou internationales encadrant de tels accords. Bien que le terme d'« accord » fasse penser à un contrat écrit et signé, beaucoup de décisions d'interconnexion restent informelles, décidées autour d'une poignée de mains. Il y a deux types importants d'accords, le « *peering* » et le

« transit ». Le terme de *peering* vient de l'anglais « *peer* », désignant un pair, un égal. Le *peering* typique interconnecte deux acteurs de taille comparable, il n'y a pas d'échange d'argent, et chacun ne « donne » accès qu'à son réseau, pas à ceux de tiers. Tout opérateur a une « politique de *peering* » (qui est souvent formalisée dans un texte, parfois public) qui définit quels acteurs il accepte de considérer comme pair. Par exemple, cette politique peut indiquer un seuil minimal de débit (les gros n'aiment pas *peerer* avec les petits). Le *peering* ne peut pas suffire à tout car deux opérateurs peuvent être simplement trop éloignés pour cela. Si un client de Free veut regarder le site web de l'université nationale de Colombie, il est probable que Free et le réseau qui connecte l'université n'ont pas de possibilité physique de s'interconnecter. On fait alors appel à des opérateurs qui ont une présence plus large sur la planète, les « transitaires ». Quand un opérateur se connecte à un transitaire, c'est lui qui « achète du transit » en payant le transitaire. Le contrat est alors presque toujours formel, et le transitaire lui donne accès à tout l'internet. Les différents transitaires se connectent entre eux par des accords de *peering* et la boucle est bouclée. M. Toutlemonde peut regarder le site web de l'université colombienne.

Comment choisissent-ils entre le *peering* ou le transit ?

Rappelez-vous qu'il s'agit de décisions essentiellement « *business* ». Prenons l'exemple d'un petit FAI. Il a intérêt à négocier le maximum d'accords de *peerings* gratuits et il aura ainsi des possibilités d'interconnexion avantageuses. Mais cela ne lui donnera pas accès aux réseaux des gros opérateurs (qui refuse-

ront de *peerer* avec ce petit et exigeront plutôt qu'il devienne leur client payant), ni aux réseaux lointains, dans d'autres pays (le transitaire ne voudra pas lui rendre service gratuitement). Notre petit FAI devra donc payer un ou plusieurs transitaires. Dans certains cas, des gros opérateurs font payer leurs pairs tout en ne donnant accès qu'à leur propre réseau (contrairement au transitaire). On parle alors de « *peering* payant ». Cela dépend entièrement des rapports de force respectifs. Des politiques de *peering* ajoutent parfois un critère de symétrie (à peu près autant d'octets dans chaque direction). Ils peuvent exiger le passage à un *peering* payant si le trafic est trop asymétrique. D'une manière générale, l'asymétrie exerce une pression négative sur les relations, d'où l'importance des échanges en pair-à-pair, pour augmenter la symétrie. Il est intéressant de noter qu'il n'existe pas de mécanisme officiel de péréquation entre les opérateurs, comme ce fut le cas pour la téléphonie.

Et les CDN, ça change la donne ?

Un CDN (*Content Delivery Network*) est un service de distribution de contenus qui dépose ces contenus à l'avance en de nombreux endroits, proches du futur client. L'endroit le plus proche est évidemment chez le FAI du client (on parle alors de « CDN internes, ou *on-net* »). Ces serveurs, gérés par l'entreprise qui possède le CDN mais installés dans le réseau même du FAI, sont avantageux pour le fournisseur de contenus (car plus proches de ses clients) et pour le FAI (car ils diminuent la nécessité d'interconnexion). Cependant, ils font également l'objet de rudes négociations d'affaires pour déterminer si l'une des deux parties va payer pour l'hébergement de ce service.

2. UNE EXTENSION DES DONNÉES COLLECTÉES POUR MIEUX SUPERVISER ET ACCOMPAGNER

Étant donné les tensions ponctuelles³⁰ qui peuvent apparaître sur le marché de l'interconnexion, une supervision continue s'impose afin que l'Arcep puisse inciter les acteurs à un comportement vertueux et réagir rapidement en cas de problème éventuel. À ce stade, il n'apparaît pas nécessaire que l'Arcep intervienne directement par la voie d'une décision de régulation *ex ante*. Toutefois, l'Autorité dispose des compétences qui lui permettraient d'agir si des difficultés venaient à survenir³¹.

Afin d'améliorer sa connaissance des marchés de l'interconnexion et de l'acheminement des données sur internet, l'Arcep a instauré en 2012, *via* la décision n° 2012-0366, une collecte périodique d'informations sur les conditions techniques et tarifaires de l'interconnexion et de l'acheminement de données.

La décision n° 2012-0366 a fait l'objet d'une première modification en 2014 (décision n° 2014-0433-RDPI). En 2017, après avoir tiré les enseignements des différents cycles de fonctionnement de la nouvelle collecte et des réponses à un questionnaire *ad hoc*³² envoyé aux opérateurs sur les nouvelles modalités d'interconnexion et la composition du trafic en France en mars, la formation compétente de l'Arcep a adopté le 12 décembre 2017, après consultation publique, la décision n° 2017-1492-RDPI. Cette actualisation a eu pour but, d'une part, d'alléger le dispositif de la décision et de simplifier des indicateurs de capacité, et d'autre part, de demander des informations sur le trafic relatif aux serveurs CDN internes (aussi appelés CDN on-net ou serveurs cache internes). La formation compétente de l'Arcep a en effet estimé nécessaire de disposer d'un indicateur lui permettant de déterminer la structure technique et tarifaire du trafic relative aux serveurs cache internes pour prendre en considération leur place grandissante aux côtés des modes d'interconnexion traditionnels.

Ces ajustements permettront notamment d'affiner la compréhension de l'Autorité relative au fonctionnement technico-économique des relations entre les fournisseurs d'accès à l'internet et les fournisseurs de contenus et d'applications pour l'acheminement de leur trafic.

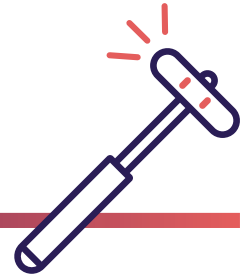
Les résultats et enseignements de cette collecte d'information actualisée sont présentés pour la première fois dans le présent rapport. L'Arcep a par ailleurs décidé de pérenniser les publications relatives à l'interconnexion de données *via* la création, d'ici la fin d'année 2018, d'un observatoire dédié qui sera mis à jour sur une base annuelle.



³⁰ Cf. l'affaire ayant opposé Cogent et Orange devant l'Autorité de la concurrence, conclue en 2012, ou l'enquête administrative concernant Free et Google, relative aux conditions techniques et financières de l'acheminement du trafic, menée par l'Arcep en 2012-2013.

³¹ Pour plus d'informations sur le cadre de régulation applicable à l'interconnexion, le lecteur pourra se référer à l'encart page 45 du rapport sur l'état d'internet en France de 2017.

³² Envoyé sur le fondement de la décision de collecte des informations sur les conditions techniques et tarifaires de l'interconnexion et de l'acheminement de données.



LES POLITIQUES D'INTERCONNEXION DE BOUYGUES TELECOM ET D'ORANGE FRANCE



Benoît PLESSY,
Responsable Architecture *Backbones* IP/optique,
peering manager, **BOUYGUES TELECOM**



Le besoin d'accéder à internet est considéré par nos clients finals comme indispensable dans leurs activités quotidiennes. Ils désirent disposer d'un service d'accès internet de qualité.

Outre le service de fourniture d'accès délivré, des accords d'interconnexion entre Bouygues Telecom et les acteurs d'internet doivent être envisagés pour permettre aux clients finals de consommer certains services et/ou applications disponibles sur internet.

De ce constat, Bouygues Telecom a retenu une politique d'interconnexion ouverte

pouvant se résumer de la manière suivante :

- permettre aux acteurs d'internet d'acheminer leurs services et applications sur notre réseau au travers d'une interconnexion directe dans le cadre d'accords d'interconnexions, ou d'utiliser un point d'échange public;
- régionaliser (Marseille, Lyon, Lille) les points d'échanges et introduire dans notre réseau des caches de *Tiers*, afin de rapprocher les contenus du client et diminuer les risques en cas d'incident;

- disposer d'interconnexions correctement dimensionnées de manière à prévenir une saturation du lien d'interconnexion, y compris avec nos transitaires.

Cette approche nous semble contribuer au bon développement d'internet en France. Il convient néanmoins de rappeler que l'évolution du trafic, sans cesse en expansion du fait d'acteurs majeurs d'internet, impacte significativement nos infrastructures réseau.



Aurore CROCHOT,
Responsable interconnexions IP et *peering*,
ORANGE FRANCE



Fournir un contenu internet avec la meilleure qualité de service passe par une implication de chaque acteur de la chaîne de diffusion.

En tant qu'acteur de l'internet, Orange constate une augmentation massive du trafic issu des plus importants fournisseurs de contenus. Ces quelques acteurs majeurs représentent à eux seuls plus de la moitié du trafic global internet à destination de nos clients Orange en France.

Face à cette croissance exponentielle, Orange adapte donc ses capacités réseaux et renforce ses multiples points d'accès, afin d'obtenir un réseau robuste, fiable pour fournir la meilleure qualité de service à ses clients.

Cette qualité de service, primordiale pour Orange, est cependant aussi à la main des fournisseurs de contenus. Ces derniers possèdent en effet leurs propres choix de prestataires et/ou transitaires pour écouler leur trafic jusqu'aux utilisateurs de leur service.

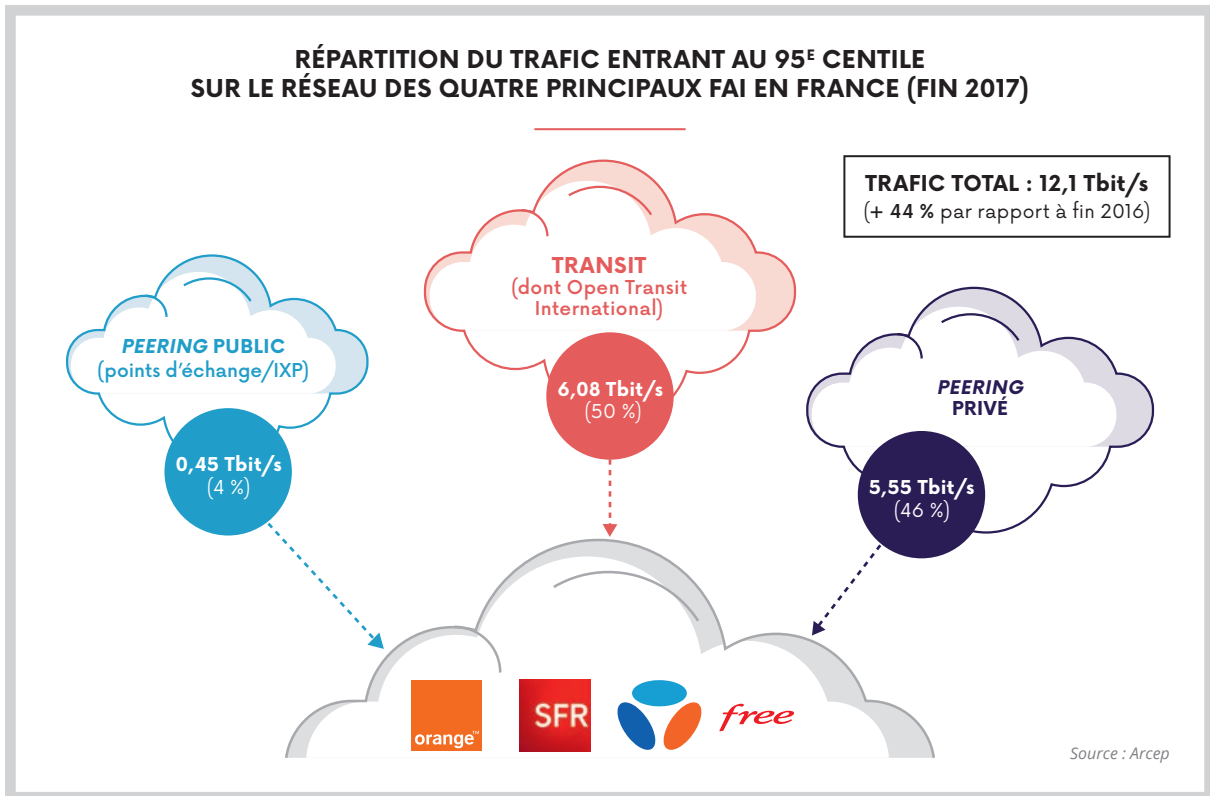
Orange fait donc aussi le choix de poursuivre les échanges avec ces transitaires et fournisseurs de contenus afin d'optimiser la qualité de service perçue par ses propres clients et utilisateurs finaux (résilience en cas de panne, gestion des pics de trafic, converger vers un traitement uniforme de routage entre IPv4 et IPv6). Orange attache beaucoup d'importance à favoriser ces discussions avec ces différents acteurs pour une approche de modèle économique équilibré afin de privilégier notamment des interconnexions directes sur ses réseaux.

Sollicités par l'Arcep, Free et SFR n'ont pas souhaité s'exprimer dans cette rubrique.

3. DES RÉSULTATS QUI CONFIRMENT LES TENDANCES DU MARCHÉ

Par souci de confidentialité, la publication des résultats³³ ne porte que sur des données agrégées.

3.1. Trafic entrant



Le trafic entrant vers les quatre principaux FAI en France est passé de 8,4 Tbit/s à fin 2016 à 12,1 Tbit/s à fin 2017, marquant ainsi une augmentation de 44 % en un an. Le trafic provient pour moitié des liens de transit.

Ce taux de transit assez élevé est dû en grande partie au trafic de transit entre Open transit international (OTI), Tier 1³⁴ appartenant à Orange, et le Réseau de Backbone

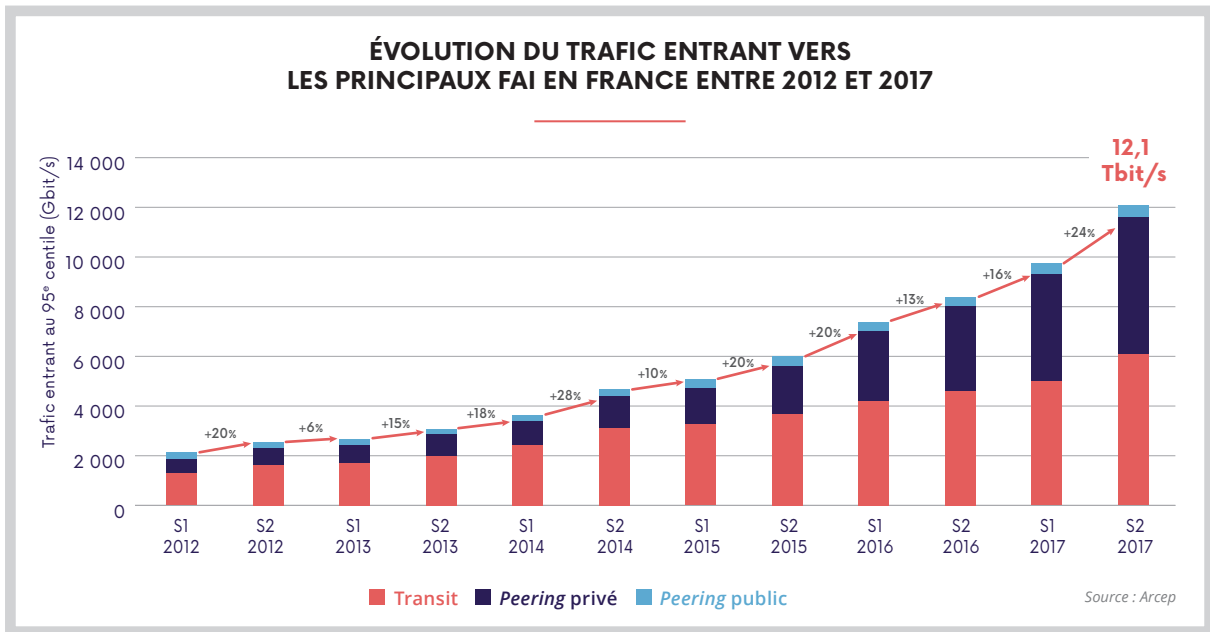
et de Collecte Internet d'Orange (RBCI), qui permet d'acheminer le trafic vers les clients finals du FAI. Ce taux de transit est beaucoup moins élevé chez les autres FAI qui, n'ayant pas en parallèle une activité de transitaire, font davantage appel au *peering*.

Le trafic entrant poursuit donc sa croissance considérable, avec une évolution annuelle de 40 % en moyenne³⁵.

³³ Résultats issus des réponses des différents opérateurs à la collecte d'informations sur les conditions techniques et tarifaires de l'interconnexion et de l'acheminement de données, dont le périmètre est explicité dans la décision 2017-1492-RDPI.

³⁴ Voir *lexique*.

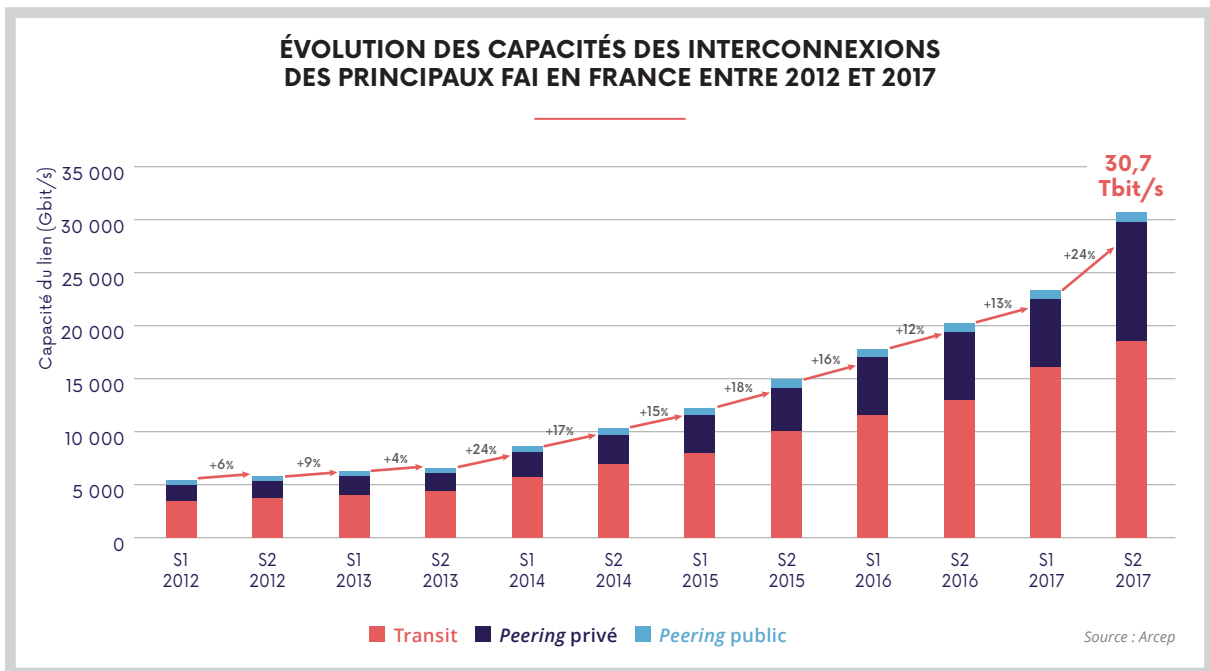
³⁵ En fin 2016, le trafic total entrant a connu une augmentation de 36 % par rapport à fin 2015.



3.2. Évolution de la capacité installée

Les capacités installées à l'interconnexion ont connu une augmentation du même ordre de grandeur que le trafic entrant. Les capacités installées à fin 2017 sont estimées à 30,7 Tbit/s, soit un facteur de 2,5 par rapport au trafic entrant.

Ce ratio n'exclut pas l'existence d'épisodes de congestion, qui peuvent survenir entre deux acteurs sur un ou des lien(s) particulier(s) en fonction de leur état à un instant donné.



3.3. Évolution des modalités d'interconnexion

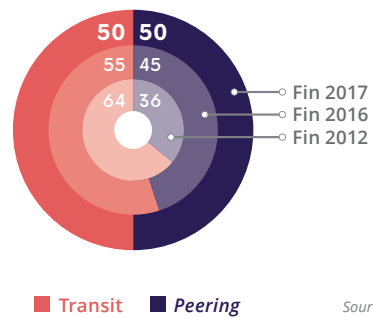
Peering vs Transit

Comme indiqué auparavant³⁶, il existe deux types d'interconnexion : le *peering* et le transit³⁷. La part de *peering* dans les liens d'interconnexion augmente d'une façon régulière. Cette croissance est principalement due à l'augmentation des capacités installées en *peering* privé entre les FAI et les principaux fournisseurs de contenu. Le trafic issu du *peering* public augmente lui aussi mais plus légèrement : sa part relative (5 % fin 2016, pour 4 % fin 2017) diminue au profit du *peering* privé (41 % fin 2016, pour 46 % fin 2017).

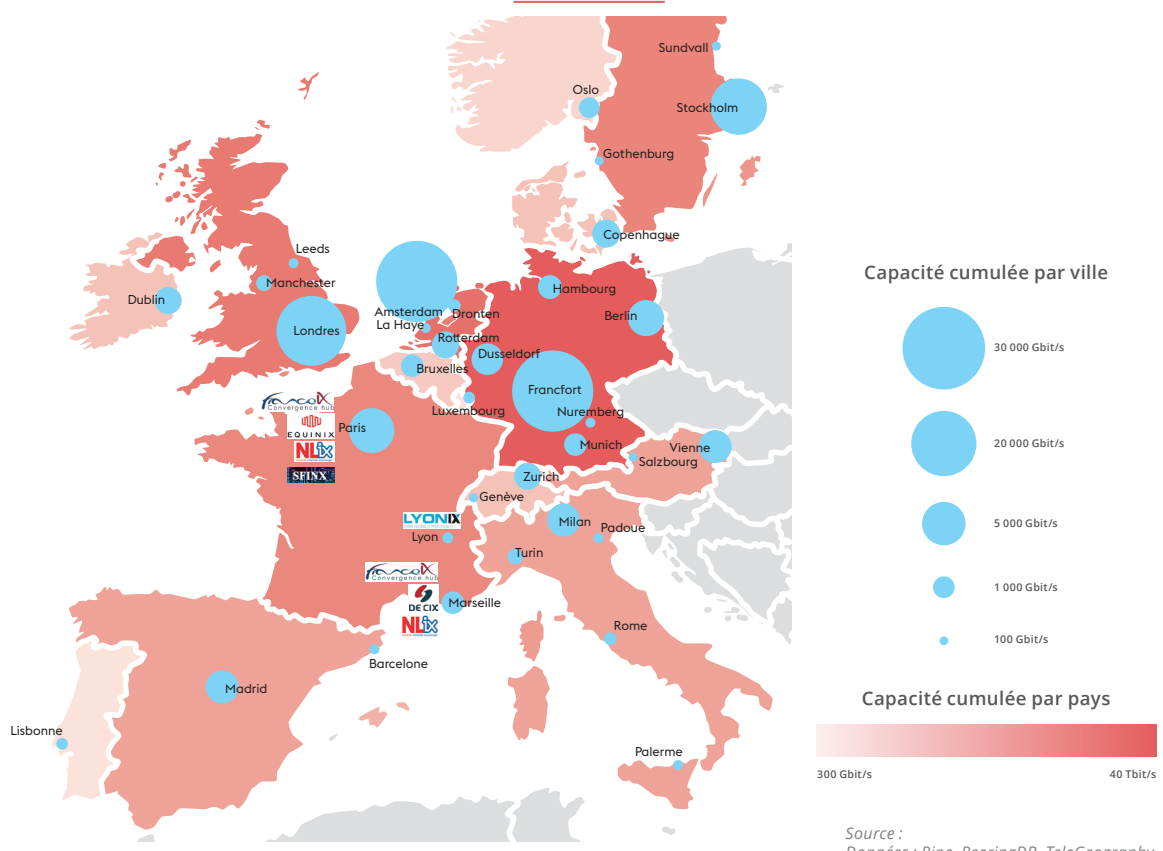
Pour rappel, contrairement au *peering* privé qui s'opère entre deux pairs *via* une interconnexion dédiée, le *peering* public s'effectue au niveau des *Internet Exchange Points* (ou IXP). Comme indiqué en début de partie, ces infrastructures permettent aux différents acteurs de s'interconnecter en mutualisant les capacités installées,

sans devoir passer par exemple par des transitaires dans une logique d'optimisation de coûts et d'amélioration du routage.

ÉVOLUTION DES PARTS DE PEERING ET DE TRANSIT DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (en proportion du trafic entrant)



CARTE DES IXP* EN FRANCE ET DANS LES PAYS VOISINS



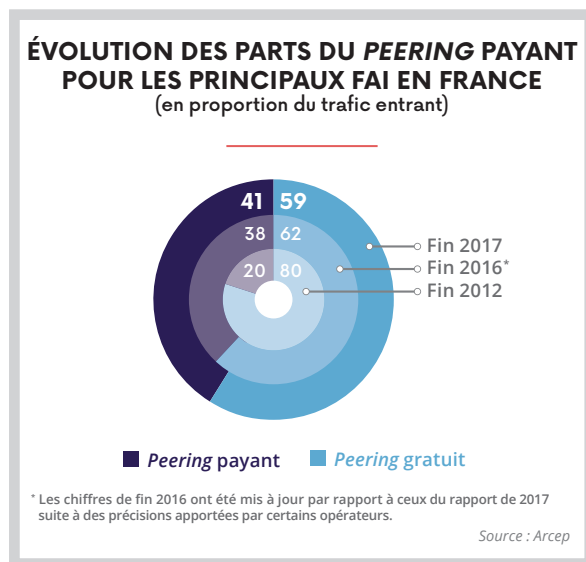
³⁶ Voir la contribution : L'interconnexion pour les nuls, page 32.

³⁷ Voir lexique.

La carte ci-avant montre que la France se situe en 5^e position³⁸ en termes de points d'échange installés dans son territoire derrière l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Angleterre et la Suède. En France, les IXP se concentrent à Paris et à Marseille. France-IX Paris, avec sa capacité installée de 2,9 Tbit/s et ses dix clients à plus de 100 Gbit/s, se positionne comme que le leader du marché français.

Peering gratuit vs peering payant

Le *peering*, privé comme public, peut être payant. La part de *peering* payant a évolué par rapport à fin 2016, passant de 38 % à 41 %. Cette évolution est due essentiellement à l'augmentation du trafic en *peering* privé, dont une part importante est payante notamment dans le cas d'une grande asymétrie de trafic. Le *peering* entre les acteurs de taille comparable reste pour sa part généralement gratuit.



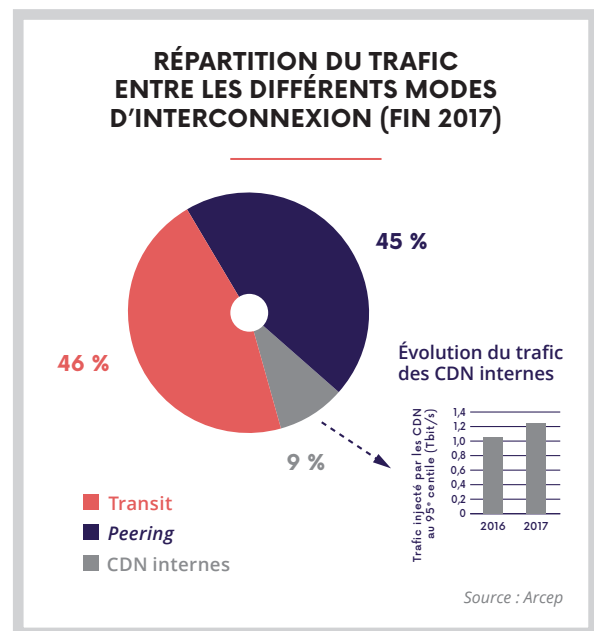
3.4. Répartition du trafic par type d'interconnexion

Comme expliqué en début de partie, les FCA cherchent de plus en plus à se rapprocher des clients finals. Pour ce faire, ils effectuent des partenariats avec les FAI afin que leur contenu soit hébergé dans des serveurs cache placés à l'intérieur du réseau des opérateurs. Ces CDN internes peuvent être ceux de l'opérateur qui les héberge ou appartenir à des tiers. En France, Google et Netflix sont les deux principaux acteurs qui intègrent des serveurs dans le réseau de certains opérateurs.

Grâce au questionnaire *ad hoc* adressé aux quatre principaux FAI début 2017 sur la composition du trafic et l'injection interne au sein du réseau des FAI, l'Arcep a pu observer qu'à la fin 2016, le trafic venant des CDN internes était de 1 Tbit/s et comptait pour 11 % du trafic alimentant ces principaux FAI, ce taux variant fortement d'un FAI à l'autre.

Comme indiqué, afin de pouvoir suivre cette tendance de plus près, l'Autorité a mis à jour la décision de collecte pour être en mesure d'évaluer dans la durée l'évolution du trafic provenant des CDN internes. Ainsi, fin 2017, le trafic provenant de ces serveurs avait augmenté pour atteindre 1,2 Tbit/s, soit 9 % du trafic alimentant les principaux FAI. Ce taux – en baisse par rapport à l'année dernière – varie à nouveau fortement d'un FAI à l'autre : certains opérateurs ne possèdent pas de CDN internes alors que pour d'autres, ces derniers génèrent plus du quart du trafic entrant injecté dans leurs réseaux.

Par ailleurs, le ratio de trafic entrant/sortant varie entre 1 : 4 et 1 : 11 en fonction de l'opérateur. Autrement dit, les données stockées au niveau des serveurs cache sont consultées entre 4 et 11 fois.



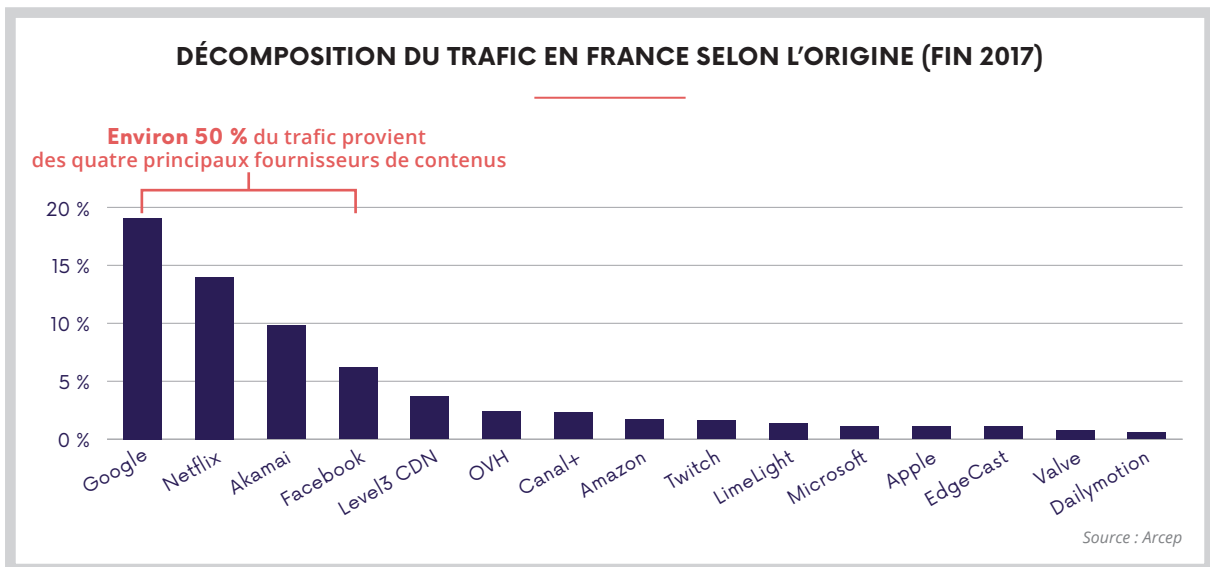
³⁸ Le classement concerne les pays suivants : Allemagne, Angleterre, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, France, Irlande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Suède et Suisse,

3.5. Décomposition du trafic selon l'origine

Comme l'an dernier, la collecte d'information a également permis d'estimer la décomposition du trafic selon son origine.

Les quatre principaux fournisseurs (Google, Netflix, Akamai³⁹, Facebook) cumulent environ la moitié du trafic

entrant sur les réseaux des principaux FAI en France, ce qui confirme le constat du rapport de 2017 indiquant une concentration de plus en plus nette du trafic entre un petit nombre d'acteurs dont la position sur le marché des contenus se conforte.

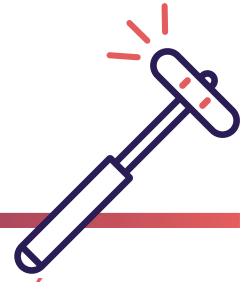


3.6. Évolution des tarifs

Les fourchettes de tarifs de transit et de *peering* n'ont pas connu d'évolution depuis l'année dernière. D'après les données recueillies, les prestations de transit se négocient toujours entre 10 centimes d'euros HT et plusieurs euros HT par mois et par Mbit/s. Quant au *peering* payant, il se situe dans une fourchette comprise entre 25 centimes d'euros HT et plusieurs euros HT par mois et par Mbit/s.

Dans la majorité des cas, les CDN internes sont gratuits. Néanmoins, il arrive que ceux-ci soient payants, soit au Gbit/s expulsé par le CDN vers les clients du FAI, soit dans le cadre plus large de la prestation de *peering* payant que le FCA a contracté par ailleurs avec le FAI.

³⁹ Akamai est un CDN qui diffuse le contenu de plusieurs FCA.



FRnOG AU SERVICE DE LA COMMUNAUTÉ DE L'INTERNET EN FRANCE



Philippe BOURCIER,
Fondateur, **FRnOG (FRench Network Operators Group)**



Le FRnOG a été créé en 2001, sur le modèle du NANOG et SwiNOG, afin de permettre un meilleur échange entre opérateurs sur les problématiques techniques (pannes, attaques, sécurité, *peering*, etc.). L'objectif final étant de faire passer les entreprises et leurs employés du statut de concurrents mutiques à celui de confrères n'ayant plus peur de se parler.

Plus d'une quinzaine d'années plus tard, les résultats semblent concluants avec plus de 5 000 membres sur la liste de diffusion et plus de 350 membres participant à chaque édition des réunions gratuites biannuelles.

Outre ces actions, le groupe a été un des éléments clés dans l'émergence et le succès de la troisième génération de points d'échanges en France (France-IX et Equinix Paris) en facilitant les échanges entre les initiateurs de ces projets et les futurs clients. À l'heure où l'on se pose de plus



« L'OBJECTIF EST DE FAIRE PASSER LES ENTREPRISES ET LEURS EMPLOYÉS DU STATUT DE CONCURRENTS MUTIQUES À CELUI DE CONFRÈRES N'AYANT PLUS PEUR DE SE PARLER. »

en plus de questions sur la data et notre souveraineté numérique, mais aussi où la France est en passe de devenir LA « start-up nation » Européenne, ne pas avoir de point d'échange d'envergure mondiale en France aurait été une véritable erreur stratégique. Enfin, plus récemment, la communauté a su se fédérer autour d'une cause noble : l'opération IRMA.

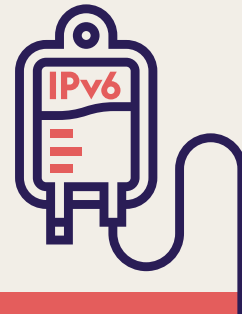
En effet, lors de la 29^e réunion FRnOG, l'association AOTA, qui présentait ses activités à nos membres, a lancé un appel aux dons pour sauver un de ses membres, un petit opérateur antillais indépendant ayant tout perdu pendant l'ouragan Irma : Dauphin Telecom. Avec le concours de l'AOTA, nous avons donc décidé d'organiser une importante collecte de matériel, d'après la liste fournie par l'opérateur. C'est au final plus de 100 K€ de matériel d'occasion qui ont été collectés et envoyés, donnant un gros coup de pouce à l'opérateur en attendant son assurance.



3. Accélérer la transition vers IPv6



*Carence en adresses IP,
prenez en urgence
vos IPv6*



1. LA TRANSITION VERS IPv6 : UNE NÉCESSITÉ TOUJOURS PLUS PRESSANTE

L'IPv4, pour *Internet Protocol version 4*, est utilisé depuis 1983 pour permettre à internet de fonctionner : chaque terminal sur le réseau internet (ordinateur, téléphone, serveur...) possède une adresse IPv4. Le protocole IPv4 est techniquement limité à 4,3 milliards d'adresses⁴⁰, dont une grande partie est inutilisable pour l'adressage internet : non seulement 593 millions d'IPv4 sont destinées à des usages particuliers (réseaux privés...), mais surtout l'attribution a été réalisée de façon inefficace vers la fin des années 1980, aux débuts de l'internet, certaines entreprises ayant reçu des blocs de 18 millions d'IPv4 alors qu'elles n'étaient ni FAI, ni hébergeurs.

Les spécifications d'IPv6 ont été finalisées en 1998. Elles intègrent des fonctionnalités pouvant renforcer la sécurité par défaut et optimiser le routage. Surtout, IPv6 offre une quasi-infinité d'adresses : 667 millions d'IPv6 pour chaque millimètre carré de surface terrestre⁴¹ (!). Dans le contexte actuel de diversification des usages et de multiplication des objets connectés, la transition vers ce nouveau protocole apparaît comme un enjeu majeur de compétitivité et d'innovation.

Cette transition représente aussi l'évolution la plus importante depuis la création d'internet. En effet, contrairement aux évolutions logicielles qui sont rétro-compatibles avec les anciennes versions (les logiciels développés pour Windows 7 peuvent fonctionner sous Windows 10), l'IPv6 est totalement incompatible avec l'IPv4. Comme cela a été le cas le 1^{er} janvier 1983 pour la migration vers IPv4, on pourrait penser que la transition vers IPv6 aurait pu être effectuée brutalement en un seul jour (le *flag day*). Mais la taille, l'hétérogénéité et la complexité de l'internet d'aujourd'hui rendent impossible la mise en place d'un tel processus. La transition vers le protocole IPv6 se réalise donc progressivement, d'abord en parallèle d'IPv4 (phase de cohabitation), puis, quand tous les acteurs auront migré, en remplacement total d'IPv4 (phase d'extinction).

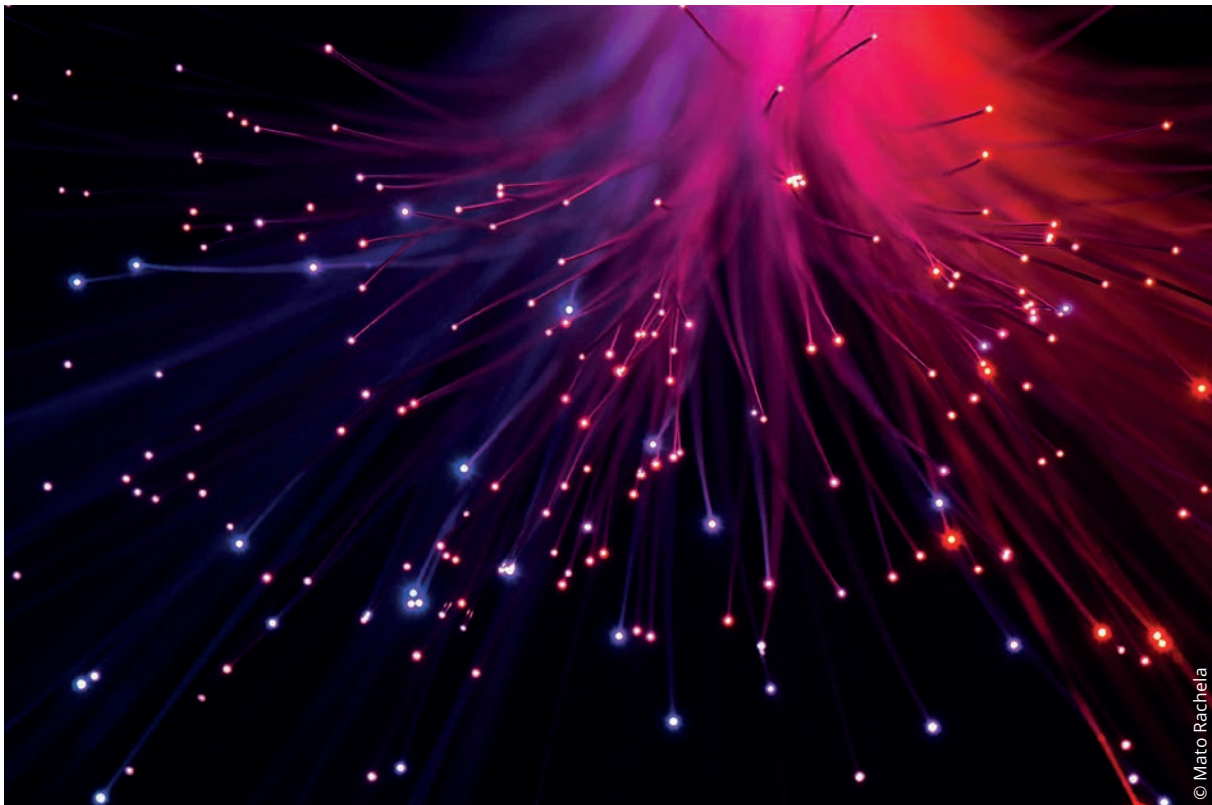
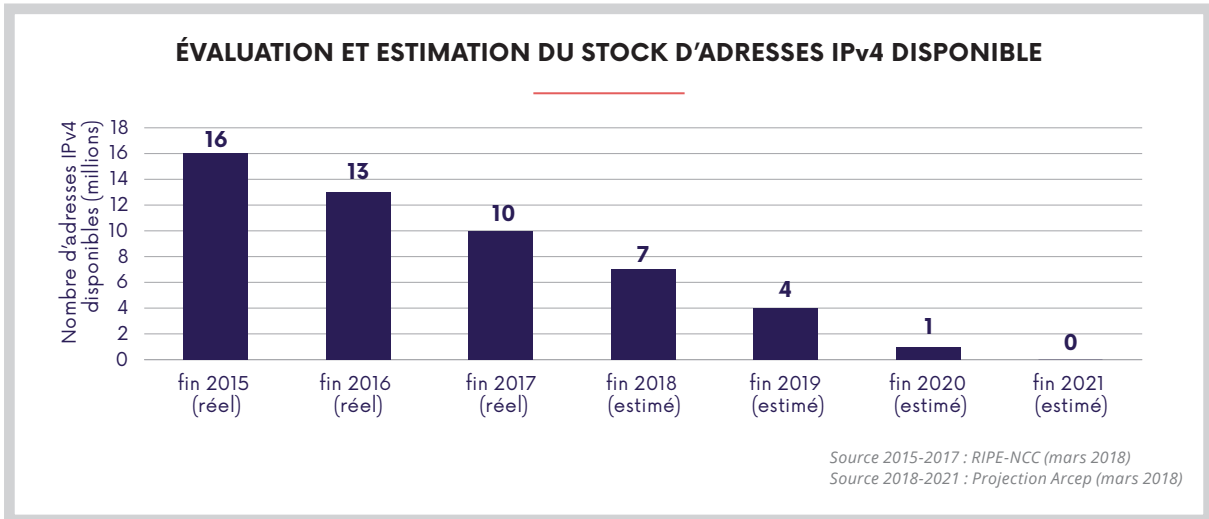
La transition vers le protocole IPv6 a démarré en 2003. Cependant, en 2018, internet est encore au début de la phase de cohabitation. Comme expliqué, IPv4 reste nécessaire tant que toute la chaîne technique n'aura pas migré entièrement vers IPv6. Dans le cas contraire, un site qui ne serait pas en mesure d'avoir une adresse IPv4 ne sera pas accessible aux clients des FAI qui ne proposent pas d'IPv6 ; l'IPv4 reste nécessaire pour communiquer avec l'internet IPv4. Or la date de fin de

⁴⁰ Les adresses IPv4 sont codées sur 32 bits. Au maximum 2^{32} , soit 4 294 967 296 adresses peuvent donc être attribuées simultanément en théorie.

⁴¹ Les adresses IPv6 sont codées sur 128 bits. Au maximum 2^{128} (soit environ $3,4 \times 10^{39}$) adresses peuvent donc être attribuées simultanément en théorie.

disponibilité de l'IPv4 en Europe approche. Estimée à fin 2021, elle entraîne d'ores et déjà une augmentation significative du prix des adresses IPv4, devenues les ressources rares de l'internet du XXI^e siècle. Ce prix élevé

érige une barrière à l'entrée significative à l'encontre des nouveaux acteurs du marché et augmente le risque de voir se développer un internet scindé en deux, IPv4 d'un côté et IPv6 de l'autre.

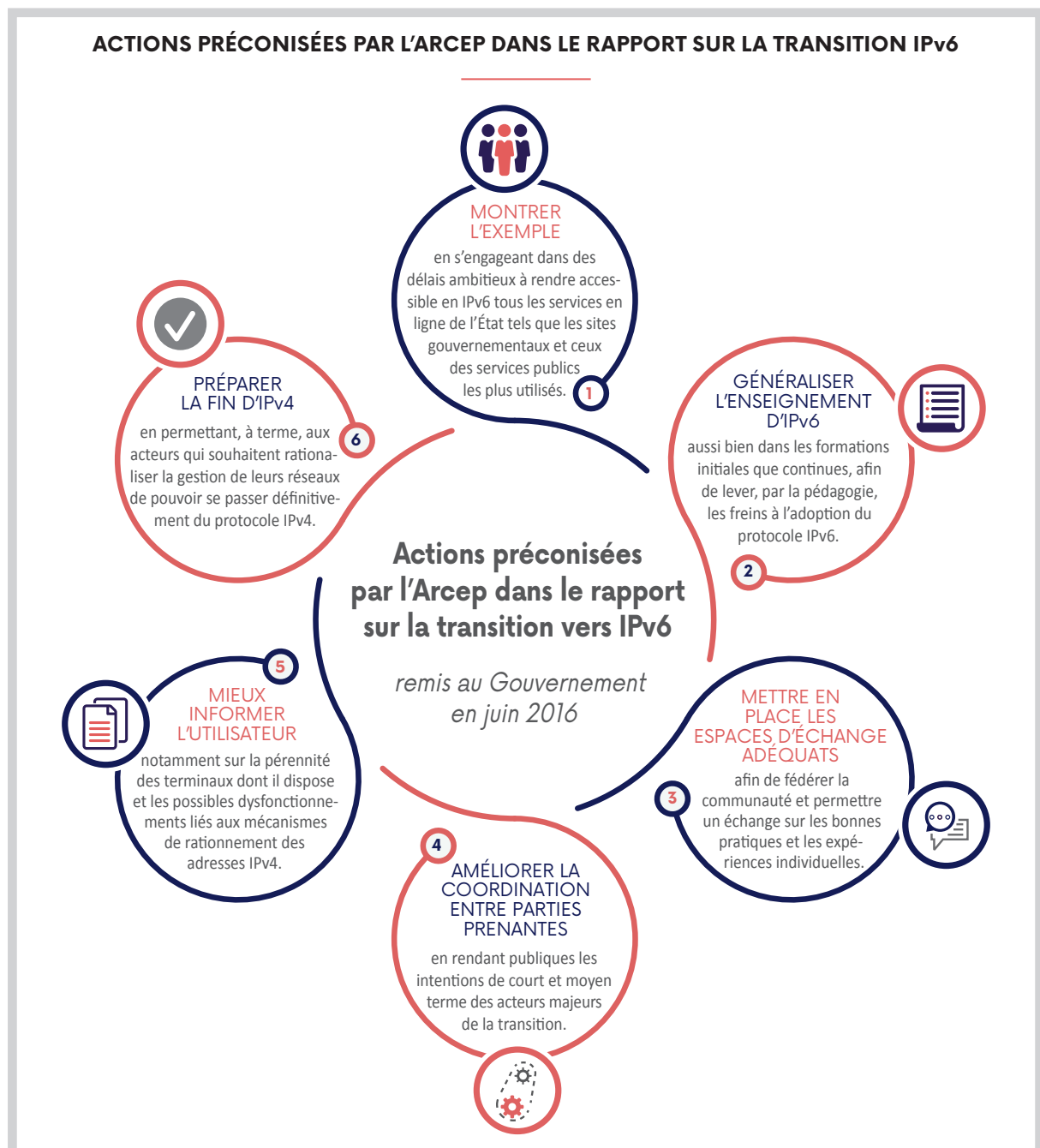


© Mlato Rachela

Pour répondre à la pénurie des adresses IPv4, certains mécanismes de substitution ont été mis en place par les FAI. Les équipements *Carrier-grade NAT* (CGN) permettent par exemple de partager une adresse IPv4 entre plusieurs clients. Cependant, ils entraînent aussi avec eux plusieurs effets négatifs qui rendent complexe le maintien d'IPv4 et quasi impossible un certain nombre usages comme le pair-à-pair⁴², l'accès à distance à des fichiers partagés

sur un NAS⁴³ ou à des systèmes de contrôle de maison connectée, certains jeux en réseau...

L'Arcep a remis au Gouvernement en juin 2016 un rapport élaboré avec le concours de l'Afnic comportant plusieurs leviers d'actions de nature à accompagner et à accélérer la transition vers IPv6. Elles sont exposées dans le schéma ci-après.



⁴² Ou *peer-to-peer*.

⁴³ *Network Attached Storage*, un serveur de stockage en réseau.



LIMITATION DE L'USAGE DES CGN ET TRANSITION VERS IPv6 : L'EXEMPLE BELGE

Gregory MOUNIER, Centre Européen de lutte contre la cybercriminalité (EC3), **EUROPOL**⁴⁴



Commissaire Adeline CHAMPAGNAT, Conseiller à la délégation en charge de la lutte contre les cybermenaces, **DIRECTION CENTRALE DE LA POLICE JUDICIAIRE**



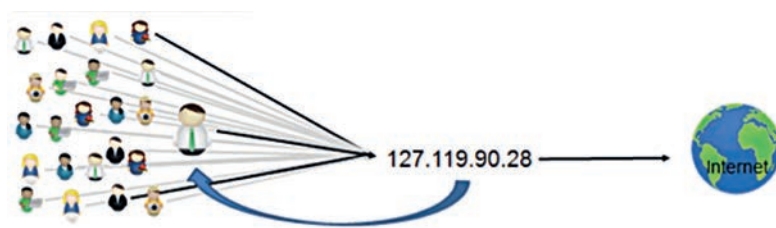
Le CGN est un mécanisme qui permet de traduire une adresse IP interne privée en une adresse externe publique visible sur internet. Ainsi, les FAI peuvent partager une adresse IP publique entre plusieurs milliers d'utilisateurs simultanément et ainsi faire face à la pénurie d'adresse IPv4. Outre que cette pratique, qui concerne plus de 90 % des opérateurs mobiles, pose un certain nombre de problèmes techniques, elle a aussi des conséquences négatives importantes en termes de sécurité publique. En effet, lorsque des services d'enquêtes poursuivent des investigations sur un délit ou un crime facilité par l'internet, l'une des premières traces digitales disponibles est une

tification d'un abonné prendra beaucoup de temps : l'opérateur peut fournir aux enquêteurs une liste de tous les abonnés qui utilisaient la même adresse IP, mais cette liste peut comprendre plusieurs milliers de noms. La non-conformité des opérateurs avec la loi porte ainsi atteinte à la vie privée de nombreuses personnes qui pourraient être citées en procédure alors même que les enquêteurs ne s'intéressent qu'à un seul suspect.

Dans ce contexte, seule une transition quasi-totale à l'IPv6 peut constituer une réponse pérenne à ce problème. Les techniques de CGN étaient censées être des solutions temporaires en attendant que la

deux rapports en 2017 critiquant l'utilisation abusive du CGN par les opérateurs et dénonçant les effets négatifs de ces pratiques sur la sécurité des citoyens européens.

Pour pallier l'absence de stockage du port source par les plateformes internet, la Belgique a invité les FAI basés sur son territoire à signer en 2012 un code de bonne conduite volontaire dans lequel ils s'engagent à réduire le ratio d'abonnés par adresse IP globale à 16/1. Après cinq années de pratique, les services répressifs belges reçoivent en moyenne seulement quatre abonnés utilisant la même adresse IP, ce qui réduit grandement l'impact négatif du CGN sur les enquêtes criminelles.



adresse IP. Les FAI sont alors légalement obligés de fournir aux enquêteurs l'identité de l'abonné utilisant cette adresse. Lorsque celle-ci est derrière un CGN, les FAI ont techniquement besoin qu'on leur fournisse non seulement la date, l'heure et les adresses IP de connexion et de destination, mais aussi le numéro de port source. Malheureusement, les fournisseurs de service ne conservent que rarement le port source. Ainsi, le CGN rend les enquêtes plus difficiles car l'iden-

transition à l'IPv6 atteint un seuil critique et que l'ensemble du trafic internet passe en IPv6. Malheureusement, force est de constater que depuis les années 2000, la transition est très lente. On peut légitimement se demander si la technologie CGN n'est pas graduellement devenue, pour certains opérateurs, un substitut à l'IPv6, une manière de prolonger indéfiniment la durée de vie de l'IPv4 et d'éviter d'investir dans la modernisation des réseaux. Le Parlement européen a d'ailleurs adopté

Autre conséquence inattendue, la Belgique a le plus fort taux d'adoption d'IPv6 au monde avec plus de 52 % d'utilisateurs en IPv6, et cela depuis 2013, juste après l'adoption du code de bonne conduite. Il est donc permis de penser que la décision de limiter volontairement le nombre d'abonnés par adresse IP publique, a incité les opérateurs basés en Belgique à n'utiliser les CGN qu'en cas de dernier recours, mais également à investir de manière plus importante dans la transition IPv6.

Les institutions européennes ont décidé de s'inspirer de l'exemple belge en invitant fin 2017⁴⁵ les états européens à proposer l'adoption de codes de conduite aux opérateurs pour limiter l'utilisation des CGN et le nombre d'abonnés par adresse IP publique. Cette mesure part du principe que la technologie CGN freine l'adoption de l'IPv6.

⁴⁴ Europol et son Centre Européen de lutte contre la Cybercriminalité (EC3) collaborent avec les autorités compétentes des États membres de l'Union européenne (UE), les institutions européennes et RIPE NCC pour accélérer la transition vers l'IPv6.

⁴⁵ <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15748-2017-INIT/en/pdf>, p. 14 et 15.

2. L'OBSERVATOIRE ARCEP OU LE CHOC DE TRANSPARENCE AU SERVICE D'UNE ACCÉLÉRATION DE LA TRANSITION

Dans le cadre des actions préconisées dans son rapport de juin 2016, l'Arcep a mis en place depuis décembre 2016 un observatoire de la transition vers IPv6 annuel, qui vise à mieux informer l'utilisateur sur le sujet dans une optique de régulation par la data. En effet, cet observatoire, dont les résultats sont présentés ci-dessous, dresse l'état des lieux de la transition en France ainsi que les prévisions de déploiement des FAI de plus de un million d'abonnés⁴⁶ à un an et à trois ans. Sa prochaine édition sera à nouveau enrichie (cf. section 2.2).

2.1. Les résultats à fin 2017

Le 18 décembre dernier, l'Arcep a publié l'édition 2017 de son observatoire de la transition vers IPv6 en France. Cette édition est marquée par deux enrichissements majeurs :

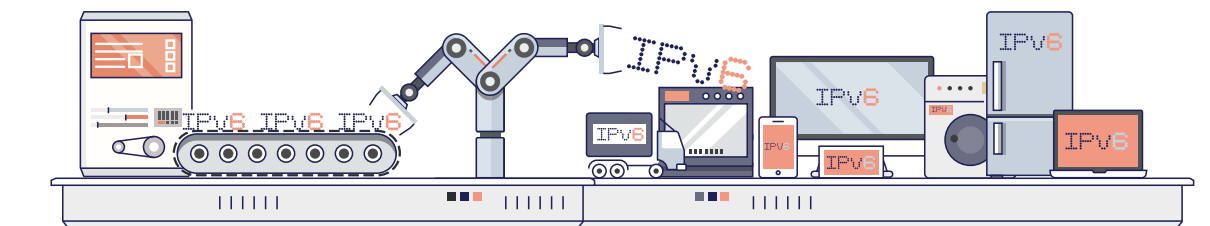
- outre les données produites et mises à disposition par des tiers (Cisco, Google, ANSSI, World IPv6 Launch), l'observatoire est dorénavant enrichi de données que l'Arcep a recueillies directement auprès des principaux opérateurs en France ;
- l'état des lieux actuel et les évolutions passées de l'adoption du protocole IPv6 sont maintenant complétés par les prévisions de déploiement à court et moyen terme anticipées par les opérateurs.

L'observatoire expose trois types d'informations liées à IPv6 : le taux de clients compatibles (ou *IPv6-ready*), le taux de clients activés et le taux d'utilisation d'IPv6. Le schéma ci-après indique l'endroit du réseau où ces taux sont mesurés ou calculés. En cas de doute sur la signification exacte de ces indicateurs, le lecteur pourra se référer au schéma explicatif présenté dans l'observatoire Arcep⁴⁷.

Les résultats confirment la progression du taux d'utilisation d'IPv6 en France, qui atteint 20,4 % fin 2017. Free est l'opérateur le plus avancé dans la transition, avec 35 % de taux d'utilisation à fin 2017 (contre 24 % fin 2016). L'évolution la plus forte concerne néanmoins Orange, dont le taux d'utilisation a doublé en un an, passant de 16 % fin 2016 à 33 % fin 2017.

Concernant les plans de transition au niveau du réseau fixe des différents opérateurs en France :

- fin 2018 : Free envisage d'activer IPv6 sur l'intégralité de son parc. Orange projette d'activer IPv6 pour 50 % à 60 % de clients d'ici un an. Bouygues Telecom envisage de généraliser la migration pour obtenir 25 % à 35 % de clients activés. SFR projette quant à lui que moins de 10 % de ses clients seront activés à cet horizon ;
- fin 2020 : Orange envisage d'atteindre 70 % à 80 % de clients activés en IPv6. Bouygues Telecom projette d'activer 75 à 85 % de ses clients. SFR, de son côté, envisage d'avoir atteint entre 10 % et 20 % de clients activés.



⁴⁶ Ou plus précisément, les FAI de plus d'un million d'abonnés *gérant leur plan d'adressage IP*.

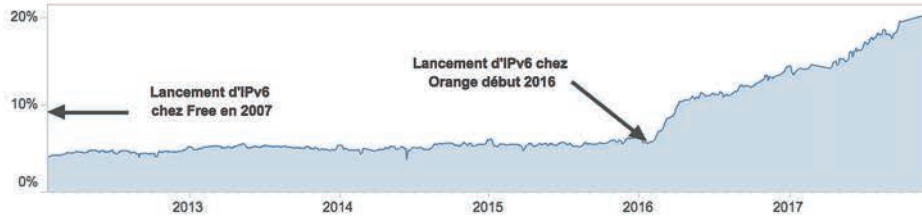
⁴⁷ <https://www.arcep.fr/index.php?id=13726>

OBSERVATOIRE DE LA TRANSITION VERS IPv6 EN FRANCE

Au 18 décembre 2017

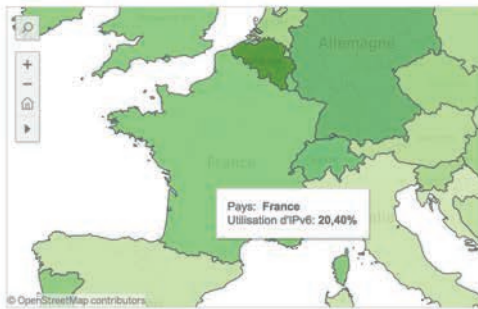
Evolution du taux d'utilisation d'IPv6 en France, tel qu'observé par Google

Source : Cisco - 6Lab



Etat de la transition IPv6 dans le monde au 07/12/2017

Source: Cisco - 6Lab



Choix de l'indicateur

Utilisation d'IPv6

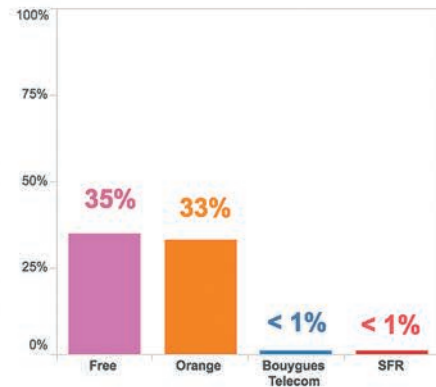
Utilisation d'IPv6 :
Taux d'utilisation d'IPv6, tel qu'observé par Google.

Contenus IPv6 :
Taux de sites web accessibles en IPv6 parmi les sites web les plus visités dans chaque pays.

Intermédiaires IPv6 :
Taux d'intermédiaires techniques (par ex. transitaires) empruntés utilisant IPv6, pour chaque pays.

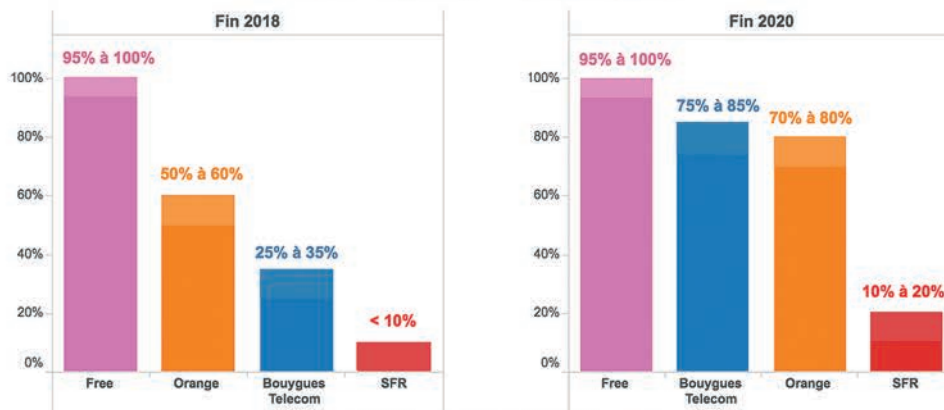
Taux d'utilisation d'IPv6 sur les principaux réseaux en France au 08/11/2017

Source: World IPv6 Launch / Apnic

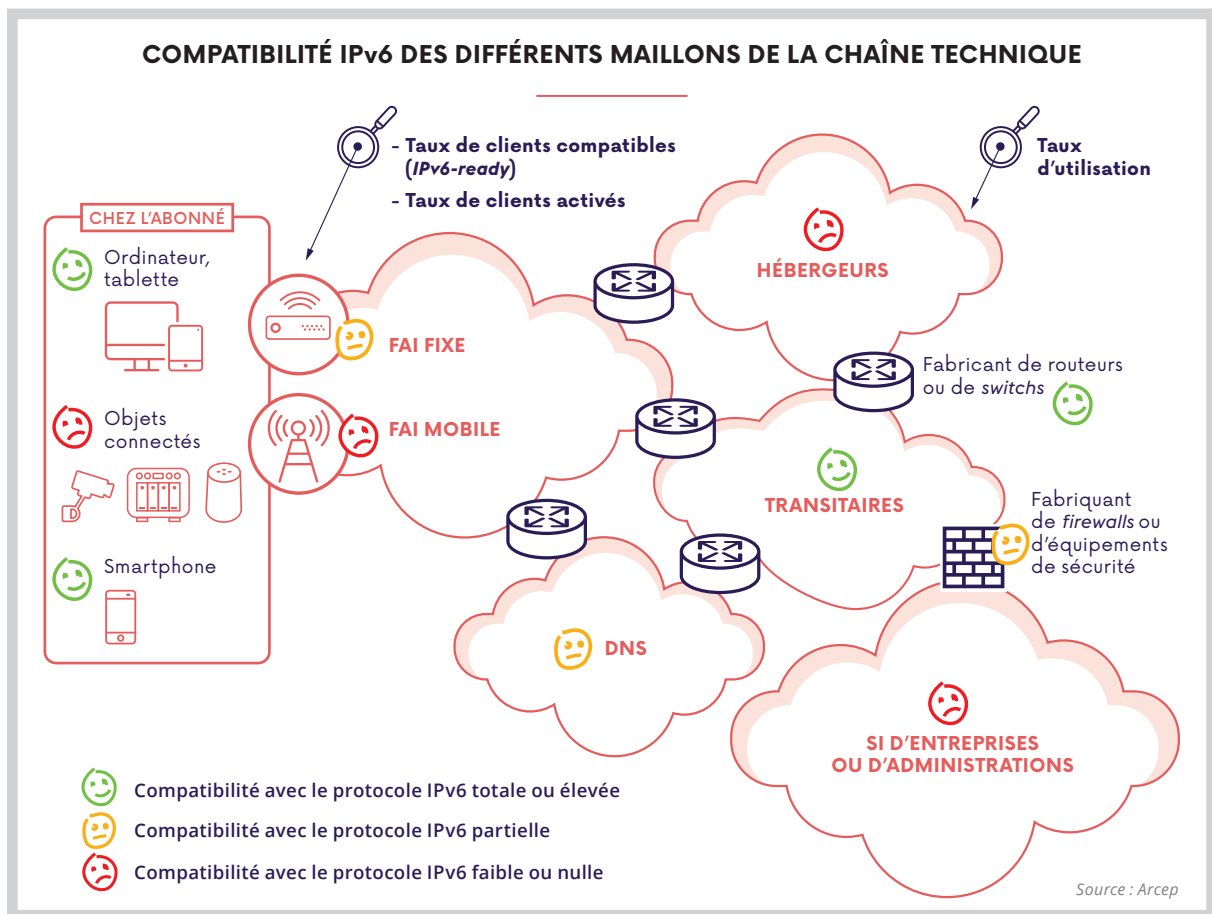


Prévisions des taux de clients du réseau fixe activés en IPv6 pour les principaux opérateurs en France*

Source: Données recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs



* Projections, chiffres susceptibles d'évoluer.



2.2. Les enrichissements à venir

Début 2018, la décision de l'Arcep n° 2018-0268 en date du 15 mars 2018 relative à la mise en place d'enquêtes dans le secteur des communications électroniques a été complétée dans le but :

- d'établir un questionnaire qui clarifie davantage la différence entre les clients *IPv6-ready* et les clients activés en IPv6, et spécifie les chiffres par technologies d'accès et par nature du réseau ;
- de faire évoluer le périmètre de la collecte pour inclure, au-delà des opérateurs gérant leur plan d'adressage IP et ayant plus d'un million d'abonnés, les hébergeurs et les opérateurs gérant leur plan d'adressage IP et possédant entre 10 000 et un million d'abonnés qui auront accepté de contribuer à l'enrichissement de l'observatoire.

Le rôle des hébergeurs est en effet primordial dans la transition. Afin d'assurer un fonctionnement de bout en bout du protocole IPv6, celle-ci doit concerner simultanément tous les maillons de la chaîne technique sur internet. Or comme l'indique le schéma ci-dessus, les hébergeurs représentent encore l'un des principaux goulots d'étranglement.

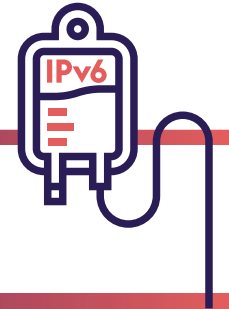
En parallèle, d'autres données viendront enrichir les futures publications de l'observatoire. Dorénavant, l'Arcep suivra notamment le pourcentage des sites du top 50⁴⁸ qui sont compatibles IPv6. En deux ans, de mars 2016 à mars 2018, ce pourcentage est passé de 22 % à 34 %⁴⁹. À titre de comparaison, le pourcentage de sites du top 50 qui sont accessibles en https est passé de 22 % à 76 % durant la même période⁵⁰ : une augmentation bien supérieure qui peut être entre autres attribuée à la pression mise sur les sites par plusieurs acteurs (les moteurs de recherche qui dégradent le classement des sites http, les navigateurs qui indiquent des alertes de sécurité sur un site en http, etc.).

⁴⁸ Source listant les sites du top 50 : classement Médiamétrie.

⁴⁹ Selon des tests effectués par les services de l'Arcep en mars 2016 et mars 2018.

⁵⁰ Selon des tests également effectués par les services de l'Arcep en mars 2016 et mars 2018.

LA VISION D'UN HÉBERGEUR



Jérémy MARTIN,
Directeur Technique,
[FIRSTHEBERG.COM/TECH CRÉA SOLUTIONS](https://firstheberg.com/tech)

FIRSTHEBERG.COM

Le 17 avril 2018, le RIPE NCC, l'organisme qui alloue les IP pour l'Europe, a alloué sa dernière plage IPv4 neuve. Le RIPE alloue maintenant les IPv4 qui lui ont été retournées, mais la pénurie totale d'IPv4 devrait arriver début 2021. Avec une demande croissante pour un nombre d'IPv4 fixes, le coût de location d'une IPv4 va doubler d'ici à deux ans.

À l'heure actuelle, FirstHeberg propose une adresse IPv4 et une plage IPv6 dédiée pour chaque serveur loué. D'ici 2020, FirstHeberg proposera une offre plus abordable, sans IPv4 dédiée. En effet, FirstHeberg considère qu'à partir de 2020, pour des raisons financières, un petit site web pourrait être contraint de n'avoir qu'une adresse IPv6. Ainsi, si toutes les boxes ne sont pas activées en IPv6 d'ici là ou si de nombreuses entreprises continuent de refuser de migrer leur SI en IPv6, internet sera malheureusement scindé en

deux : ces petits sites web ne seront en effet pas accessibles par un client qui n'a pas d'adresse IPv6. Une option « adresse IPv4 dédiée » payante sera donc toujours proposée par FirstHeberg, au moins jusqu'en 2030. Elle sera particulièrement nécessaire pour ceux qui ont absolument besoin d'un site visible par les clients IPv6 et les clients IPv4.

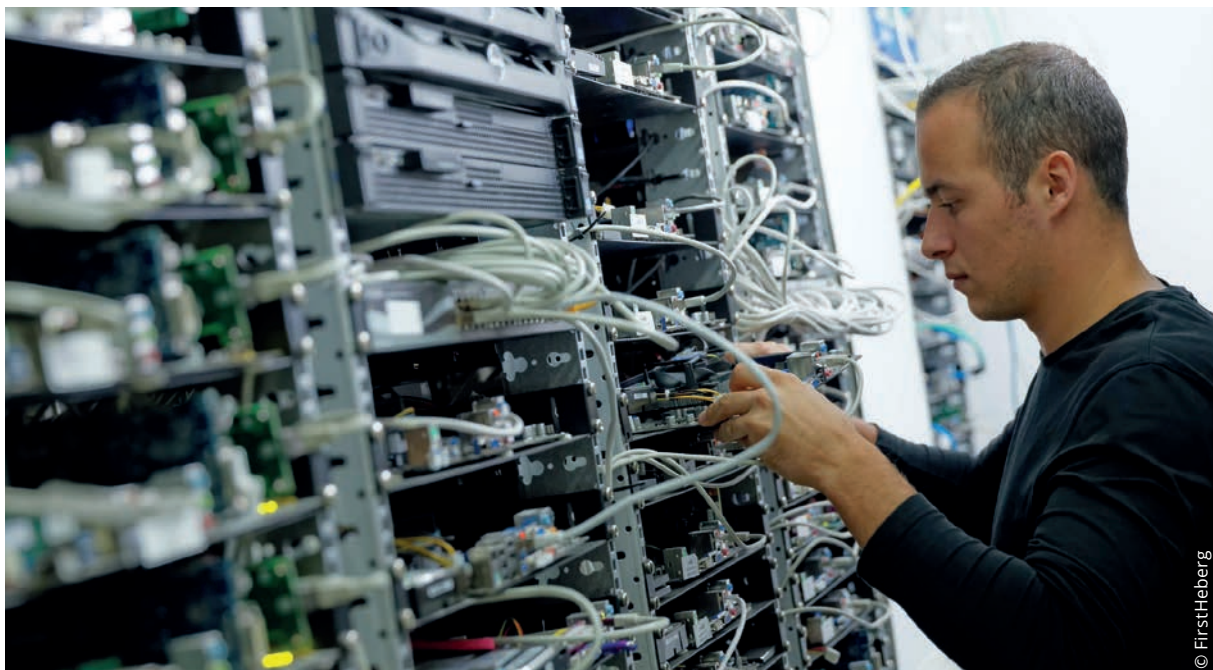
Il est clair que l'implémentation de l'IPv6 doit être portée par une vision politique,



« DANS LA TRANSITION
VERS IPv6,
LA CONTRAINTE POLITIQUE
EST NÉCESSAIRE. »

afin d'inciter très concrètement les acteurs à implémenter ce protocole et à l'utiliser (grâce éventuellement à des contreparties financières).

Par ailleurs, une date de mise à disposition obligatoire et légale de l'IPv6 pourrait faire son effet, sous réserve que l'État accompagne la transition des petites structures. Une échéance à l'horizon 2023 est tout à fait envisageable pour une couverture à 100 %. L'Europe pourrait aider en fixant dès aujourd'hui une date éloignée où les opérateurs devront éteindre l'IPv4, ce qui forcerait la migration des derniers récalcitrants. En effet, dans la transition vers IPv6, la contrainte politique est nécessaire pour éviter les défaillances de TPE et PME, notamment celles dont le *business model* est basé sur la fourniture de prestations réseaux, par manque de stock d'adresse IPv4.



© FirstHeberg



L'ENSEIGNEMENT D'IPv6, LE LEVIER FONDAMENTAL DE LA TRANSITION



Bruno STEVANT,
Enseignant-chercheur et responsable des activités
formation à l'association G6, **INSTITUT MINES-TÉLÉCOM**



Le déploiement d'IPv6 se généralise chez les opérateurs et dans les réseaux d'entreprise. 20 % du trafic internet est aujourd'hui en IPv6. Afin d'être opérationnels, les ingénieurs réseaux nouvellement diplômés doivent être compétents dans la mise en œuvre du nouveau protocole IP ainsi que dans la gestion d'un réseau double pile IPv4/IPv6. Les formations en réseau dans les universités et écoles d'ingénieurs doivent donc couvrir les aspects théoriques d'IPv6 mais aussi et surtout permettre aux étudiants de pratiquer IPv6. Or, aujourd'hui encore, trop peu d'universités offrent de l'IPv6 sur leur réseau et encore moins une formation adaptée au nouveau protocole.

Au sein de l'IMT, IPv6 était un sujet de recherche depuis plus de 15 ans. À mesure que cette technologie est passée de la R&D à la production, nous

avons fait le choix d'intégrer IPv6 dans nos enseignements de formation initiale et continue. Grâce au déploiement d'IPv6 sur les réseaux de l'IMT, des salles de travaux pratiques jusqu'aux réseaux des résidences étudiantes, nos élèves utilisent le nouveau protocole au quotidien. Forte de cette expérience, et en coopération

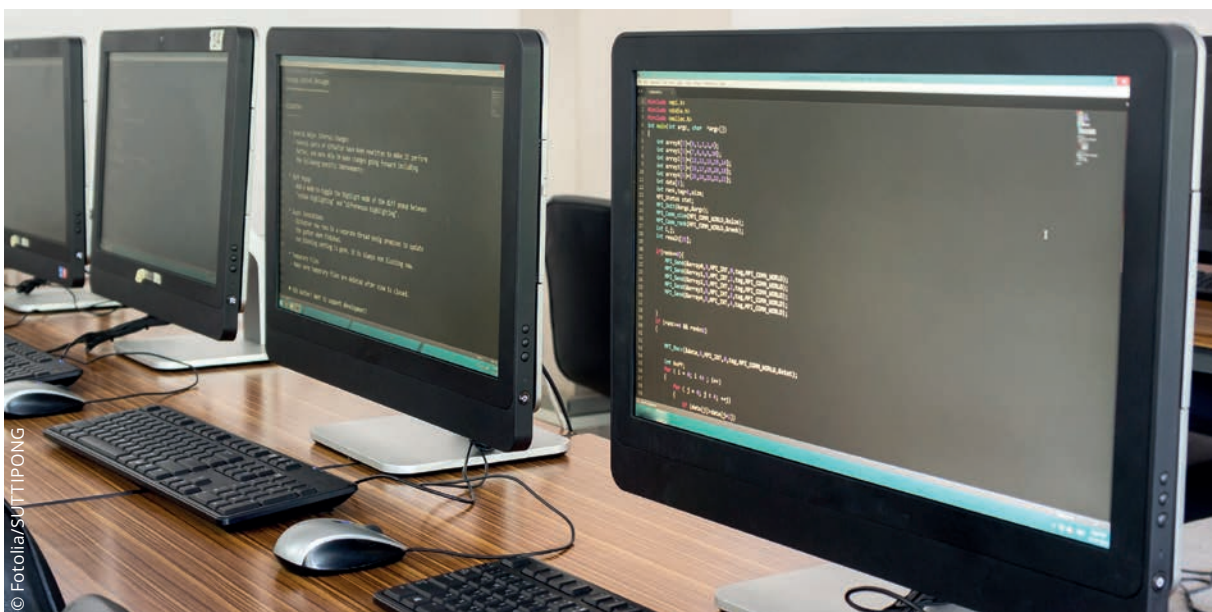
avec l'Association G6 (Association pour la promotion et le développement d'IPv6) et l'université de la Réunion, l'IMT a lancé en 2015 sur la plateforme France Université Numérique le premier MOOC (cours en ligne massivement ouvert) sur IPv6.

Après trois sessions, le MOOC Objectif IPv6 totalise plus de 15 000 inscrits et a délivré environ 1 000 attestations de participation. Ce succès montre l'intérêt pour une formation de qualité sur IPv6.

Il est donc important que les formations autour des réseaux et de l'internet, du niveau technicien au niveau ingénieur, évoluent pour intégrer les aspects théoriques et pratiques du protocole IPv6 et que les formateurs l'enseignent non pas comme une technologie du futur mais comme le standard actuel des réseaux.



« AUJOURD'HUI ENCORE,
TROP PEU D'UNIVERSITÉS
OFFRENT [...] UNE FORMATION
ADAPTÉE AU NOUVEAU
PROTOCOLE. »



3. LA FÉDÉRATION DE L'ÉCOSYSTÈME AUTOUR D'UN ATELIER IP♥6

Dans le cadre de la mise en place d'espaces d'échanges visant à fédérer la communauté, l'Arcep a décidé d'organiser, en partenariat avec l'Internet Society France (ISOC), un atelier de travail dédié au partage d'expériences individuelles et de bonnes pratiques utiles à la transition vers IPv6.

Celui-ci s'inscrira dans la dynamique du forum de la gouvernance d'internet (ou *Internet Governance Forum* – IGF) de l'ISOC, organisé autour d'un événement principal⁵¹ et de plusieurs ateliers satellites (RGPD, cybersécurité, IPv6, etc.). L'atelier « IP♥6 », qui se tiendra le mercredi 10 octobre dans les locaux de l'Arcep, donnera lieu à des groupes de travail multi parties prenantes (FAI, hébergeurs, organismes de formation, organismes publics, etc.) qui échangeront sur des thèmes concrets liés à la transition d'IPv4 vers IPv6, notamment :

- l'enseignement d'IPv6 : comment s'assurer que la majorité des cours et exercices réalisés par les étudiants concernent IPv6, et non IPv4 ? Comment diffuser des contenus utiles aux ingénieurs et techniciens réseaux afin qu'ils puissent se former à IPv6 ? ;

- l'exemplarité de l'État : quels sont les principaux points de blocage qui entravent le déploiement d'IPv6 au sein des services en ligne de l'État ? Comment les surmonter ? ;
- la préparation de la fin d'IPv4 : comment donner de la visibilité aux acteurs concernant la fin de l'utilisation d'IPv4 ? Quelle solution pour inciter les retardataires à démarrer au plus vite leur transition vers IPv6 ?

Les inscriptions à l'atelier sont d'ores et déjà ouvertes sur le site internet de l'ISOC⁵². L'Arcep encourage vivement tous les acteurs de l'écosystème à participer, quel que soit le stade de leur avancement dans la transition vers IPv6. Les participants qui le souhaitent pourront profiter de cet événement à forte visibilité pour annoncer leurs avancées particulières, passées ou à venir, en matière de transition vers IPv6.



⁵¹ L'événement principal de l'IGF aura lieu le 5 juillet 2018, de 9 h à 20 h, à l'Université Paris Descartes. Inscriptions sur <https://www.isoc.fr>.
⁵² <https://www.weezevent.com/ateliers-de-l-avenir-numerique-internet-6>

PARTIE 2

VEILLER À L'OUVERTURE DE L'INTERNET

Au-delà de la performance brute des accès internet et de la qualité de la connectivité, l'Arcep est garant du traitement égal et non-discriminatoire du trafic par les FAI. Afin que l'exigence d'un internet ouvert soit respectée sur toute la ligne, l'Autorité examine également les pratiques des autres intermédiaires techniques essentiels.

4. GARANTIR LA NEUTRALITÉ DES RÉSEAUX	54
5. CONTRIBUER À L'OUVERTURE DES TERMINAUX	72

4. Garantir la neutralité des réseaux



Les actions de prévention ont porté leurs fruits, suivez scrupuleusement les recommandations pour éviter toute chute de la tension



1. LA NEUTRALITÉ D'INTERNET DANS LE MONDE

1.1. Les États-Unis relancent le débat de la neutralité de l'internet

Le 14 décembre 2017, le régulateur américain des télécoms, la Federal Communications Commission (FCC), a adopté un texte intitulé « *Restoring internet freedom* »⁵³, proposé par son président Ajit Pai.

Ce texte revient intégralement sur les dispositions de l'*Open Internet Order*⁵⁴ de 2015 :

- il requalifie les services d'accès à internet, qui ne bénéficieront plus de la protection du « title II » (« *common carrier regulation* »), pour redevenir de simples services d'information, bien moins régulés ;
- les trois grands messages de l'Order de 2015 – il est interdit de bloquer, de brider et de faire de la priorisation payante – sont abandonnés ;
- la seule obligation conservée de façon allégée par la FCC est d'informer les consommateurs sur les pratiques de gestion du trafic.

En conséquence, la FCC s'en remet à l'application par la Federal Trade Commission (FTC) de la réglementation en matière de protection des consommateurs et de la concurrence, nécessairement ex-post, contrairement à ce qu'aurait pu faire la FCC.

Les FAI américains sont donc libres d'utiliser de la gestion de trafic discriminante, ou encore de formuler des offres commerciales différenciant le traitement ou la tarification de contenus particuliers, à la seule condition que ces pratiques soient précisées dans leurs contrats. Le président de la FCC justifie son action par des arguments paradoxalement assez semblables à ceux des défenseurs de la neutralité :

- le retour à un cadre de régulation très léger, qui a selon lui permis le développement de l'internet tel qu'on le connaît ;
- la mise en avant d'une innovation sans permission, mais cette fois-ci plutôt pour les FAI que pour les FCA.

⁵³ <https://www.fcc.gov/restoring-internet-freedom>

⁵⁴ https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-15-24A1.pdf

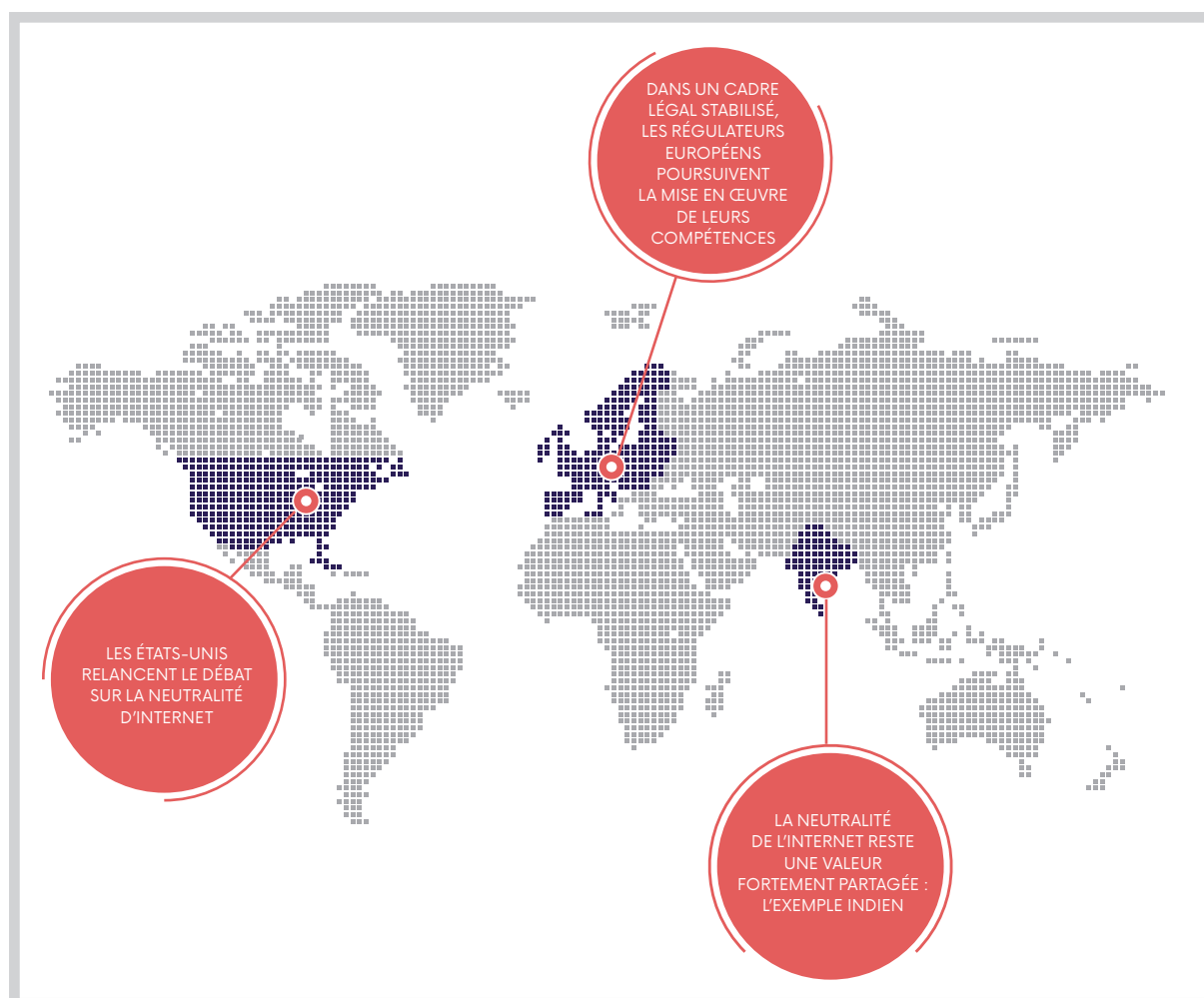
Ce changement radical dans la régulation a été salué par certains FAI américains, qui reprennent l'argument du président de la FCC selon lequel il facilitera la reprise de l'investissement dans les réseaux. Dans l'opinion publique, les réactions hostiles ont été très nombreuses. Dans ce contexte, les opposants au texte de la FCC ont lancé de nombreuses initiatives :

- 22 États américains contestent cette décision devant la justice fédérale, ainsi que certaines ONG (Public Knowledge et Open Technology Institute) ;
- le droit américain empêchant les États de délibérer directement sur ce sujet préempté par la FCC, le gouverneur du Montana a réinstauré la neutralité d'internet par voie détournée en intégrant son respect dans les clauses des marchés publics. Il a été suivi en cela par plusieurs États et collectivités locales ;
- l'État de Washington a réinstauré sans détour des dispositions garantissant la neutralité d'internet, contredisant la préemption du sujet par la FCC et

s'exposant ainsi à des poursuites judiciaires. L'État de l'Oregon a également pris cette voie quelques mois après ;

- des parlementaires démocrates ont lancé des initiatives législatives visant à rétablir la neutralité d'internet. Leur succès dépend d'appuis dans la majorité républicaine (une pétition de près de 150 eurodéputés appelle à les soutenir) ;
- certains représentants républicains ont également souhaité lancer une proposition de loi protectrice de la neutralité ; celle-ci serait toutefois moins contraignante que le cadre de l'ancien *Open Internet Order* (une démarche soutenue par certains opérateurs tels qu'AT&T, lassés des allers-retours sur la question).

Cette somme d'actions de contestation illustre l'intérêt du public pour le maintien de la neutralité d'internet et rend difficile l'anticipation de l'état du cadre américain à moyen terme.



1.2. La neutralité de l'internet reste une valeur fortement partagée : l'exemple indien

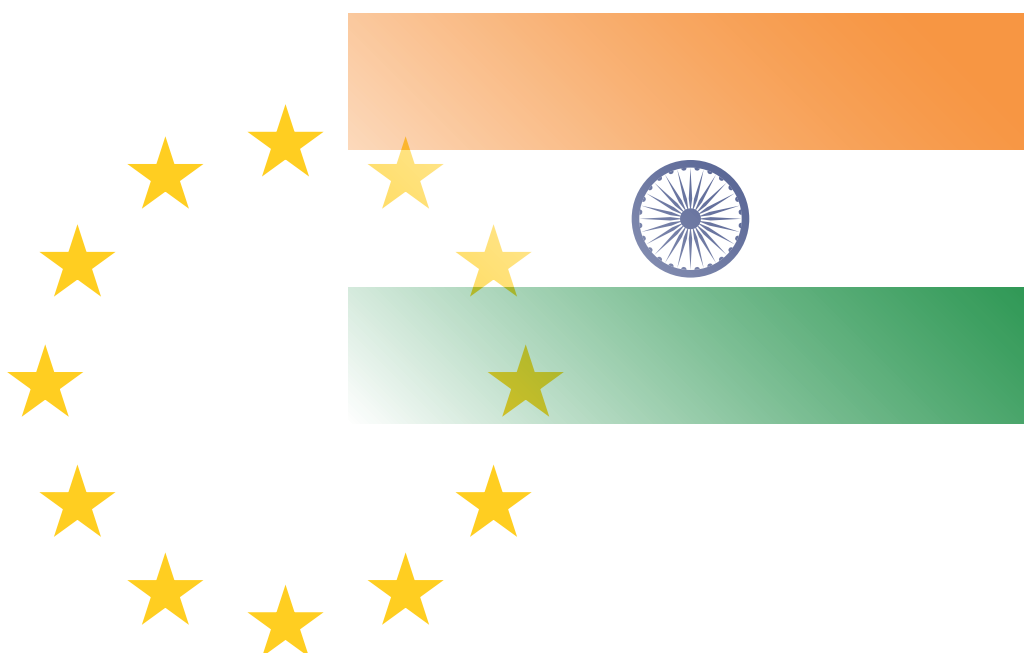
Ailleurs dans le monde, la protection de la neutralité d'internet continue de progresser, à l'exemple de l'Inde, la première démocratie mondiale. Le régulateur indien, la Telecom Regulatory Authority of India (TRAI), a en effet adopté le 28 novembre 2017 une série de recommandations⁵⁵ renforçant la neutralité du net.

Les termes choisis sont très proches du règlement européen de 2015 assurant un internet ouvert, tant sur la question de la gestion de trafic que sur les services spécialisés.

La TRAI établit un principe de traitement égal du trafic, tout en ménageant la possibilité d'employer des mesures de gestion de trafic raisonnables (transparentes, proportionnées et non-discriminatoires), ainsi que des mesures de gestion de trafic exceptionnelles spécifiquement encadrées (correspondant à des obligations légales ou des impératifs de sécurité). Tous ces éléments se retrouvent dans le cadre européen. Comme en Europe, la possibilité de fournir des services spécialisés est conditionnée par une nécessité technique objective et par l'absence de détriment à l'accès internet.

Ce nouveau cadre vient s'ajouter à la décision de février 2016 interdisant toute forme de différenciation tarifaire des contenus dans les offres d'accès internet (interdisant donc le *zero-rating*), assurant un standard très élevé de protection de la neutralité d'internet en Inde.

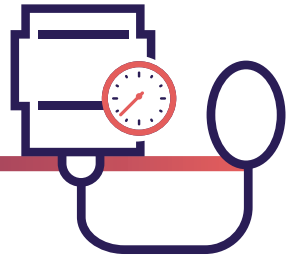
L'Inde devient ainsi un partenaire de choix pour l'Europe dans le but de faire progresser globalement le principe d'un internet ouvert. Le principe d'une coopération avec l'Inde se concrétisera notamment par la rédaction d'un *Memorandum of Understanding* explicitant la perspective de travaux communs entre le BEREC et la TRAI sur le sujet de la neutralité d'internet et des OTT⁵⁶. La signature de ce document devrait avoir lieu lors de la deuxième plénière annuelle du BEREC, en juin 2018.



⁵⁵ https://www.trai.gov.in/sites/default/files/Recommendations_NN_2017_11_28.pdf

⁵⁶ Voir [lexique](#).

PLAIDOYER POUR UNE COOPÉRATION INDO-EUROPÉENNE EN MATIÈRE DE NEUTRALITÉ D'INTERNET



Amba UTTARA KAK,
Technology Policy Fellow, **MOZILLA**

moz://a

L'exemple européen a été une source d'inspiration pour l'Inde ainsi qu'un soutien pour les diverses parties prenantes qui ont défendu l'instauration d'un cadre légal ambitieux durant le processus de consultation publique. Le meilleur témoignage de cette proximité est la rédaction finale des dispositions recommandées par la TRAI, qui sont très proches du règlement européen sur l'internet ouvert. Par exemple, la distinction entre le service d'accès internet et les services spécialisés est quasiment identique dans les deux textes. L'Inde et l'Europe ont également désormais un standard similaire en ce qui concerne la gestion raisonnable du trafic internet – dans les deux cas, les maîtres-mots sont la transparence et la proportionnalité.

Étant donné ce fondement commun dans leur régulation, il s'ouvre aux régulateurs européens et indiens la perspective d'une coopération sur la mise en œuvre des dispositions. Surveiller les pratiques commerciales des opérateurs (comme le *zero-rating*) peut paraître assez évident, mais détecter des pratiques techniques telles que le bridage ou la priorisation

reste un réel défi. Aucun régulateur n'a à ce jour trouvé la solution idéale en termes de détection, ni de méthodologie sans faute pour établir des violations de la loi. Le BEREC a pris l'initiative en lançant les travaux de développement d'un outil de mesure dans le contexte de la neutralité d'internet; il est espéré que les outils qui en résulteront seront fondés sur des standards ouverts permettant une réutilisation par d'autres régulateurs – en Inde et dans le reste du monde.

Au-delà des outils techniques, la transparence et la gestion efficace des plaintes sont essentielles à la confiance dans la régulation. Le BEREC dispose d'une exigence certaine en la matière, avec sa revue méticuleuse de l'application du règlement sur l'internet ouvert. La gestion des plaintes des utilisateurs est aussi un élément critique de la mise en œuvre. Sur ce point, l'espace de signalement de l'Arcep est un modèle très intéressant pour la TRAI lorsqu'il s'agira de développer son propre mécanisme de gestion des plaintes.

Le point où l'Inde et l'Europe divergent est leur position respective sur la diffé-

renciation tarifaire. La TRAI a opté pour une interdiction plutôt qu'un examen au cas par cas, anticipant le fait que les coûts sociaux sur l'innovation seraient difficiles à quantifier dans un examen ex-post. Le BEREC a pour sa part mis en place des lignes directrices détaillées sur le sujet pour guider l'évaluation de ces pratiques et publie une revue des actions réglementaires à date. Cette transparence est bienvenue afin de s'assurer que la flexibilité permise par le règlement n'est pas dévoyée. Aussi bien pour l'Inde que pour l'Europe, il y aurait une valeur ajoutée à analyser l'impact des différentes décisions à travers les juridictions.

Comme l'indique le Mozilla Manifesto, l'internet est un bien public mondial qui doit rester ouvert et accessible à tous. Définir des principes communs est capital pour préserver son rôle en tant que moteur d'innovation. Il y a un espoir que l'Inde et l'Europe continuent de coopérer pour traduire ces principes en action. Une mise en œuvre coordonnée de la neutralité d'internet donnera à ces régions une compétitivité accrue dans l'économie numérique.



« UNE MISE EN ŒUVRE COORDONNÉE
DE LA NEUTRALITÉ D'INTERNET
DONNERA À CES RÉGIONS
UNE COMPÉTITIVITÉ ACCRUE
DANS L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE. »

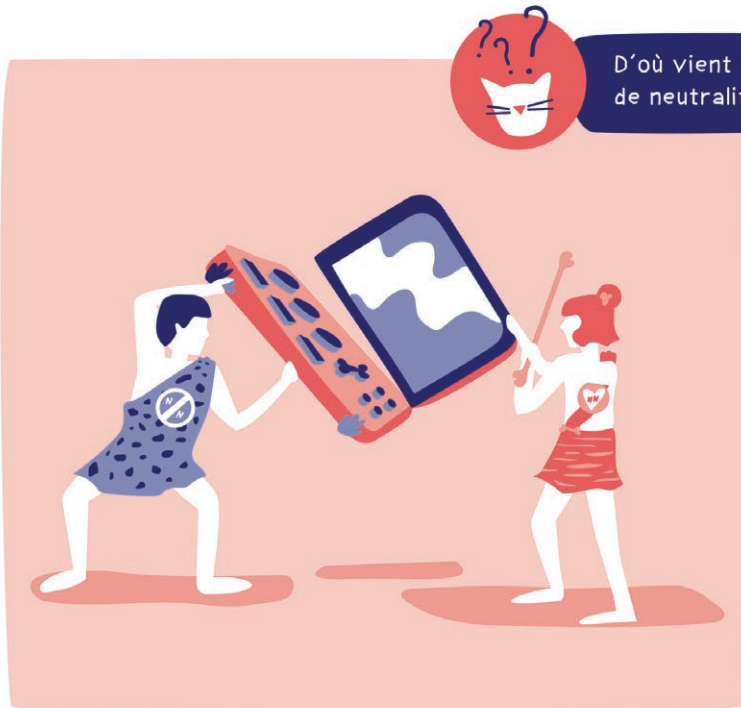
TOUT COMPRENDRE DES DÉBATS AUTOUR DE LA NEUTRALITÉ DU NET



Alors que l'Union européenne a inscrit durablement la neutralité du net dans son cadre légal en 2015, les États-Unis sont revenus fin 2017 sur ce principe, donnant lieu à de multiples échanges entre défenseurs et opposants. L'Arcep, en charge de l'application du règlement européen, et de fait du côté des défenseurs de la neutralité du net, propose une cartographie des débats actuels. Cinq thèmes concentrent l'essentiel des échanges ; cinq arguments que chaque partie reprend à son compte.

1

LES VALEURS FONDATRICES DU WEB



D'où vient le concept de neutralité du net ?

ANTI NN



Internet s'est développé de manière libre, sans qu'il n'y ait jamais eu besoin de protection particulière de la neutralité. La neutralité du net est un concept inventé récemment par utilitarisme, par ceux qui veulent s'affranchir de rémunérer les fournisseurs d'accès en échange de l'utilisation de leurs réseaux.

PRO NN



La neutralité est inscrite dans le postulat de départ du web : garantir l'égalité de traitement et d'acheminement de tous les flux d'information sur internet, quel que soit leur émetteur ou leur destinataire. Popularisé par Tim Wu en 2003, ce concept est le reflet des valeurs d'ouverture qui ont conduit à l'émergence et au succès d'internet. Aujourd'hui, la protection de la neutralité du net répond à une ambition démocratique : internet est devenu une «infrastructure essentielle» dans l'exercice des libertés, un bien commun sur lequel les États doivent veiller au profit de tous les utilisateurs.

2

L'INVESTISSEMENT DANS LES RÉSEAUX

Les fournisseurs de contenu profitent à plein des capacités des réseaux, sans mettre la main au portefeuille ... c'est vraiment juste ?

ANTI NN



Les vidéos de Youtube ou Netflix obligent les fournisseurs d'accès à internet à augmenter la capacité de leurs réseaux. Or en vertu de la neutralité du net, Youtube ou Netflix ne sont pas tenus de contribuer à cet effort d'investissement alors même qu'ils récupèrent une grande partie de la valeur. Cette situation n'est plus financièrement tenable pour les fournisseurs d'accès ; d'ailleurs quand il y a un cadre protecteur de la neutralité du net, leurs investissements diminuent.

PRO NN



Ce sont les utilisateurs qui, par leurs usages, font évoluer le trafic. Et ce sont les utilisateurs qui paient les fournisseurs d'accès via leurs forfaits internet. Difficile d'établir un lien de causalité entre neutralité du net et baisse des investissements : en France, les investissements dans les réseaux ne se sont d'ailleurs jamais aussi bien portés que depuis 2015, date d'adoption du règlement sur la neutralité du net.



3

LES INNOVATIONS, LA 5G ET L'INTERNET DES OBJETS

Entre une opération chirurgicale à distance et une vidéo de chatons ... on comprend bien que la première doit bénéficier d'un traitement prioritaire sur la seconde, non ?



ANTI NN



La neutralité du net empêche la priorisation des flux, et donc freine les innovations qui devraient pouvoir en bénéficier, comme la voiture autonome, la télé-chirurgie, etc. Si l'Europe est en retard sur les États-Unis et la Chine dans le développement de la 5G et des applications qu'elle permet, ce sera dû à l'application du règlement européen sur la neutralité du net.

PRO NN



Le cadre réglementaire actuel prévoit bien des possibilités de différenciation de la qualité pour optimiser certains services lorsque c'est nécessaire. Simplement, la pratique est encadrée : les acteurs qui ont les mêmes besoins doivent être traités de la même façon sans discrimination. Un même cadre stable pour tous !



4

LA LIBERTÉ D'ENTREPRENDRE



Dès lors que les pratiques sont encadrées, c'est la fin de l'innovation sans permission ?

ANTI NN



La neutralité du net, c'est le micro-management des fournisseurs d'accès à internet par le régulateur. C'est une énième réglementation qui les empêche de gérer leurs réseaux comme ils l'entendent, d'entreprendre et de proposer des offres innovantes aux utilisateurs.

PRO NN



La neutralité du net, c'est au contraire donner le droit d'entreprendre à tous, sans avoir à demander la permission aux fournisseurs d'accès pour innover. C'est empêcher ces derniers de s'ériger en garde-barrières face aux innovateurs. C'est à l'utilisateur de choisir les services de demain, pas aux fournisseurs d'accès, susceptibles de tuer dans l'œuf des innovations, en particulier les concurrentes de leurs propres services (rappelons-nous de Skype, qui avait été interdit par certains opérateurs à ses débuts).



5

LA LIBERTÉ DE CHOIX ET D'EXPRESSION DES UTILISATEURS



Pourquoi offrir gratuitement l'accès à un contenu aux utilisateurs, ne serait pas forcément positif ?



ANTI NN



Si un abonnement offre de ne pas décompter au consommateur son utilisation de Spotify (ce qu'on appelle le « zero-rating »), c'est très avantageux, notamment pour les faibles revenus. Les consommateurs ont aussi le choix de souscrire ou non, à une offre qui limiterait certains contenus. Bref, tant que les pratiques des fournisseurs d'accès sont transparentes, les choix des consommateurs suffisent à orienter le marché. Inutile donc d'imposer la neutralité du net.

PRO NN



Encore faut-il qu'il y ait suffisamment de fournisseurs d'accès en concurrence, ce qui n'est pas toujours le cas (aux États-Unis par exemple). Quand bien même, c'est une générosité en trompe l'œil : une générosité qui donne un prétexte pour ne pas augmenter le volume de données inclus dans le forfait, et qui enferme l'utilisateur dans le choix que son fournisseur a fait pour lui. Il sera privé à terme de tous les concurrents potentiels de Spotify qui auront disparu ou n'auront pas pu émerger. Spotify, c'est la musique, mais imaginez que le contenu offert en question soit un site de presse... il en va de la liberté d'expression et d'information.

Le paradoxe de la neutralité du net, c'est d'être un cadre, mais un cadre qui ouvre et qui libère : elle encadre la manière dont les fournisseurs d'accès conçoivent leurs offres, pour empêcher les acteurs en place de verrouiller le marché, et laisser la place au foisonnement des innovations.

La neutralité du net contribue à cette ambition nouvelle qui est de faire d'internet un « bien commun ».



2. DANS UN CADRE JURIDIQUE STABLE, LES RÉGULATEURS EUROPÉENS POURSUIVENT LA MISE EN ŒUVRE DE LEURS COMPÉTENCES

Au niveau européen, le cadre légal garantissant la neutralité d'internet étant désormais stabilisé et bien connu de tous, les régulateurs sont désormais pleinement engagés dans l'application du règlement sur l'internet ouvert. Le point central de l'action du BEREC a été le partage de bonnes pratiques autour de sujets très variés, puisque 2017 était la première année complète d'application du règlement sur l'internet ouvert, entré en vigueur en 2016. Développement d'outils de supervision, interprétation homogène des principes du règlement et de ses lignes directrices au regard des pratiques concrètes du secteur et de leur grande diversité : la mise en commun des expériences a été particulièrement utile dans ce nouveau cadre à appréhender.

L'Arcep s'est impliquée dans ces travaux de façon toute particulière tout au long de l'année 2017, notamment en raison de la présidence du BEREC assurée par le président de l'Arcep Sébastien Soriano. Signe de la poursuite de cet engagement, le président de l'Arcep assume désormais la vice-présidence du BEREC pour l'année 2018, où il est particulièrement en charge de la neutralité d'internet⁵⁷.

Tout au long de son mandat, l'Arcep a défendu le principe d'une coopération renforcée entre les Autorités de Régulation Nationales (ARN) dans le cadre de l'analyse et du traitement des cas d'application du règlement, afin que leurs décisions soient fondées sur un raisonnement le plus homogène possible. Sous l'impulsion de l'Autorité française, un processus rigoureux et systématique de mise en commun des cas d'étude s'est développé en fin d'année 2017. Celui-ci a contribué à la bonne qualité des échanges déroulés au sein du groupe de travail dédié à la neutralité d'internet.

Outre le partage d'expérience continu, le groupe de travail a rédigé deux rapports dont la publication a eu lieu fin 2017. Le premier présente la consolidation de l'activité des ARN européennes en matière de neutralité d'internet. La production d'un tel rapport « d'implémentation »

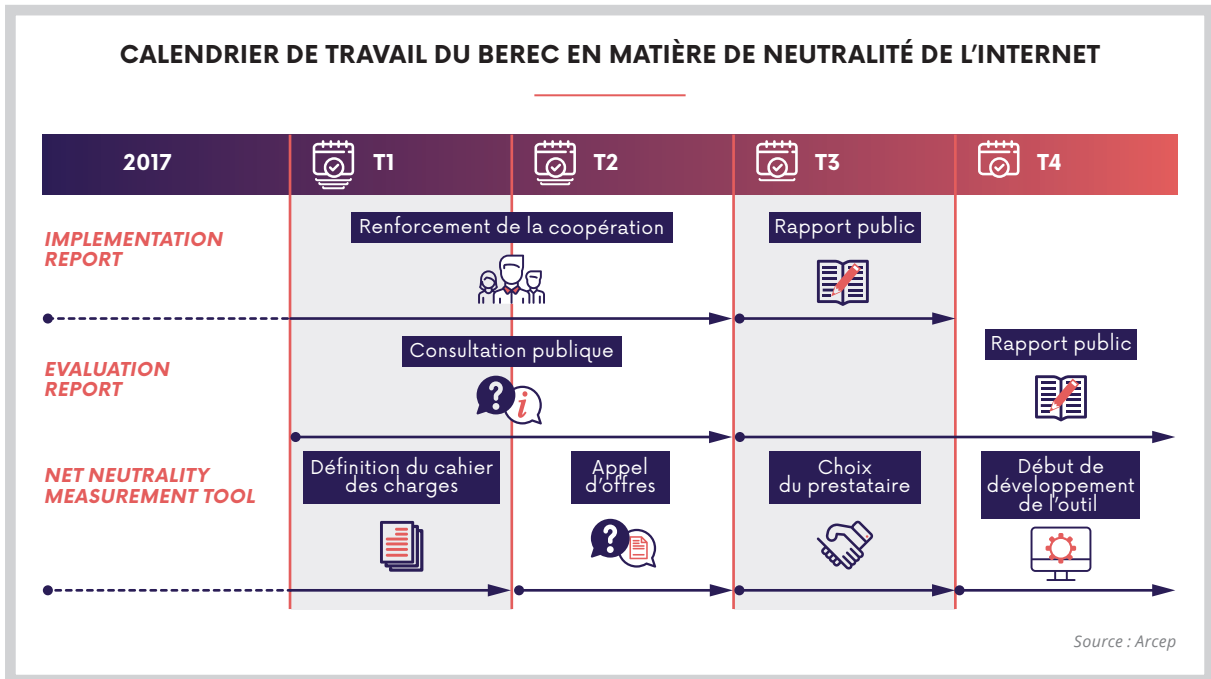
ayant vocation à être annuelle, une publication similaire aura lieu en fin d'année 2018. Le second rapport offre un panorama des outils et procédés mobilisables pour surveiller les pratiques du marché et assurer au mieux l'application du règlement⁵⁸. Il s'appuie non seulement sur l'expérience européenne, mais également sur un *benchmark* des pratiques d'autres régulateurs dans le monde. Il insiste notamment sur la valeur ajoutée de la multiplicité des sources de diagnostic, en recourant par exemple à la multitude *via* le déploiement d'outils *crowdsourcing* en propre ou en partenariat, validant ainsi largement la démarche de l'Arcep.

En 2018, en plus de la production du rapport d'implémentation, le BEREC aura également la tâche de publier un rapport d'opinion dans le cadre d'une future évaluation du règlement sur l'internet ouvert par la Commission européenne. La somme de toutes les expériences des ARN dans l'application du règlement devra permettre à la Commission de déterminer si le cadre actuel atteint ses objectifs, ou si certaines dispositions gagneraient à être précisées. Pour répondre à l'importance de cet enjeu, une consultation publique a été ouverte de mi-mars à mi-avril 2018 dans le but de recueillir l'avis des parties prenantes du secteur, ainsi invitées à détailler leur propre expérience de l'application de la neutralité d'internet. Le traitement des réponses permettra au BEREC de se fonder sur une analyse circonstanciée des effets du cadre légal sur l'économie et de contribuer au mieux à ce jalon très important pour l'avenir de la neutralité d'internet en Europe.

Dans la continuité de l'an dernier, le développement de l'outil commun de mesure de la qualité de service va connaître son véritable démarrage avec la sélection à mi-année du prestataire qui le concevra (cf. chapitre 1). Cet outil, dont l'adoption par les ARN se fera sur base volontaire, pourrait devenir à terme un élément important de la capacité de diagnostic de l'Arcep.

⁵⁷ Sébastien Soriano est également en charge du mobile et des relations internationales.

⁵⁸ http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/7530-berec-report-on-tools-and-methods-used-to-identify-commercial-and-technical-practices-for-the-implementation-of-article-3-of-regulation-20152120.

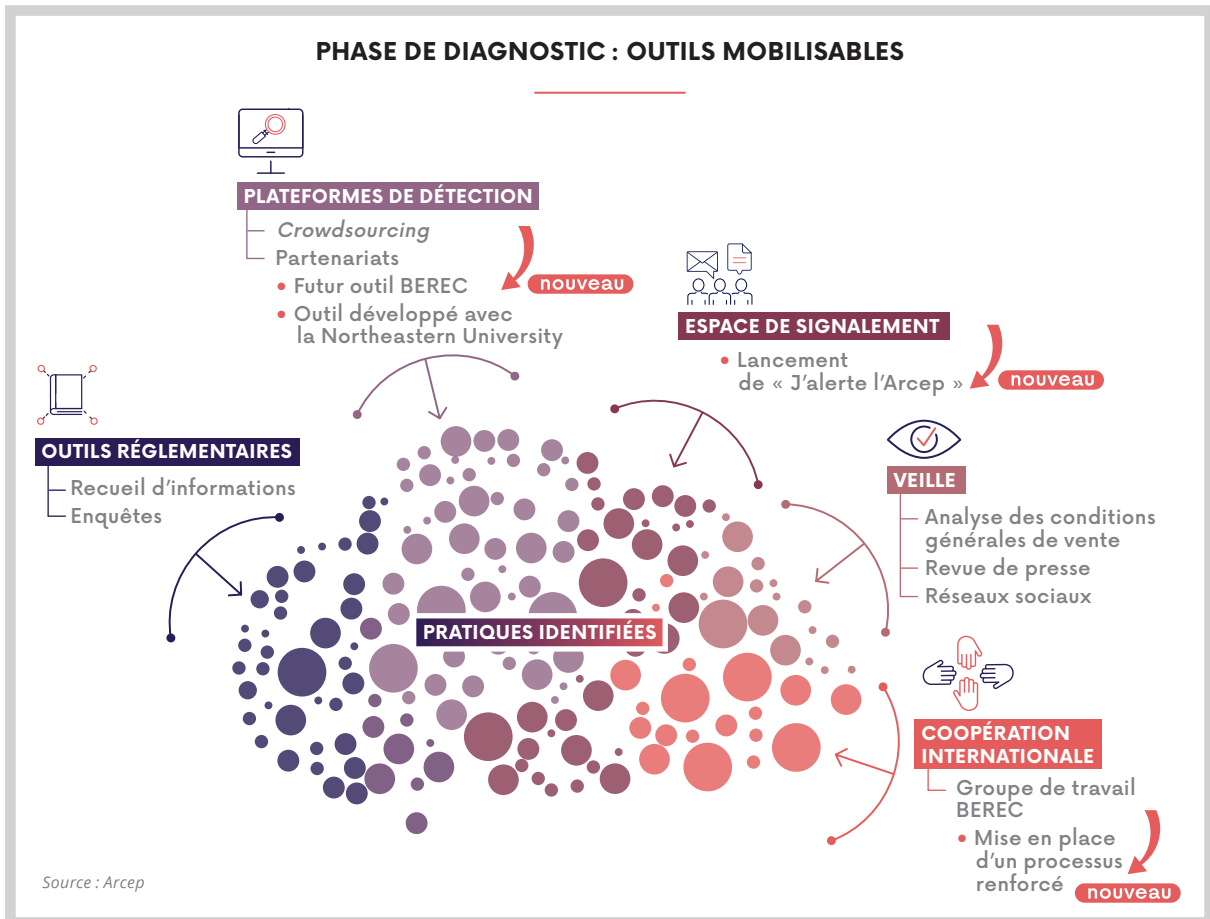


© Kaspars Filips Dobrovolskis

3. EN FRANCE, L'ARCEP S'EST PLEINEMENT ENGAGÉE DANS SON PLAN D'ACTION EN TROIS PHASES

3.1. Les capacités de diagnostic de l'Arcep s'étoffent

Le processus de diagnostic de l'Arcep en détail



L'Arcep avait présenté au public l'an dernier, à l'occasion de son premier rapport sur l'état d'internet en France, son plan d'action en faveur de la neutralité d'internet. Ce processus comprend d'abord une phase de diagnostic qui repose sur plusieurs sources d'information. L'Arcep les étoffe de façon continue afin d'obtenir le tableau le plus complet possible des pratiques du marché sur les quatre pierres angulaires du règlement sur l'internet ouvert : les pratiques commerciales, la gestion du trafic, les services spécialisés, les obligations de transparence. L'Arcep a cette année encore mis en œuvre un certain nombre d'outils déjà mobilisés précédemment, comme les recueils d'information et la veille rigoureuse du marché français. La formation compétente de l'Arcep s'est notamment appuyée sur un questionnaire général portant sur toutes les pratiques des opérateurs relevant

du périmètre du règlement européen, ainsi qu'en fin d'année 2017, sur des questionnaires plus spécifiques permettant à l'Autorité d'approfondir certaines pratiques, en particulier.

En plus de cela, de nouveaux dispositifs sont venus compléter les capacités de diagnostic de l'Autorité.

Le site « j'alerte l'Arcep » avec sa section dédiée aux questions de neutralité d'internet a été lancé en octobre 2017. Fin avril 2018, 369 signalements avaient déjà été déposés dans cette section. Si ces signalements sont précieux dans la mesure où ils permettent à l'Autorité de découvrir certaines situations problématiques et d'appréhender leur impact concret sur le quotidien des utilisateurs, ils ne correspondent pas obligatoirement à

des « infractions » au principe de la neutralité d'internet. En particulier, la majorité des signalements parvenus dans la section correspondante du site sont relatifs à des problèmes de qualité de service sur des applications spécifiques, un état de fait qui peut avoir plusieurs causes. Il convient donc d'expertiser ces témoignages pour comprendre les tenants et aboutissants des situations qu'ils décrivent et d'engager les actions appropriées, le cas échéant. À titre d'exemple, la section suivante rend compte de l'analyse effectuée par la formation compétente de l'Autorité sur le sujet de la qualité dégradée de certains services sur le réseau de Free.

Par ailleurs, l'Arcep a souhaité soutenir le développement d'une application de détection de gestion de trafic conçue par la Northeastern University. À terme, elle devrait permettre à tout utilisateur souhaitant diagnostiquer sa ligne de détecter certaines pratiques de gestion de trafic qui pourraient constituer des « infractions » au règlement sur l'internet ouvert. Son fonctionnement est expliqué à la section ci-après. Comme évoqué dans cette même section, un outil visant à détecter d'éventuelles entraves d'une autre nature est également en cours de développement dans le cadre du BEREC.

Enfin et comme évoqué précédemment, l'Arcep a prôné au sein du BEREC une coopération renforcée qui a vu le jour dès le deuxième semestre 2017. L'échange au fil de l'eau, tant dans la mise en place d'outils que dans l'analyse technico-juridique de pratiques concrètes, a permis aux Autorités de se projeter dans des cas de figure très variés, au-delà du strict horizon national, et de mieux appréhender toute la portée du règlement et son impact sur les FAI, les FCA et les citoyens.

Diagnostic et multitude, le co-développement en exemple

Dans son rapport de 2017, l'Arcep présentait un outil issu de la recherche universitaire permettant de détecter des pratiques de gestion de trafic. Cette fonctionnalité, délicate à mettre en œuvre techniquement, est absente des outils disponibles actuellement sur le marché ainsi que de la première version de l'outil commun du BEREC – qui devrait pouvoir détecter certains blocages et interférences mais pas le bridage de flux. Il a donc paru intéressant à l'Autorité que ce projet universitaire, complémentaire aux travaux menés par ailleurs, puisse

poursuivre son développement. Depuis début 2018, l'Arcep accompagne ainsi son aboutissement aux côtés de la Northeastern University.

Cet outil, disponible à tous les consommateurs, s'inscrit dans la démarche de *crowdsourcing*. Les données issues des mesures lancées par les utilisateurs seront remontées à l'Arcep, qui aura ainsi un aperçu général des éventuelles anomalies rencontrées. Dans le cas d'anomalies répétées et concordantes semblant indiquer que le problème n'est pas conjoncturel⁵⁹ mais bien structurel, le régulateur pourra, le cas échéant, décider de poursuivre ses investigations à travers les outils de régulation déjà existants comme le pouvoir d'enquête et le pouvoir de sanction. Ce nouvel outil distribué participera ainsi à l'*empowerment* du consommateur, faisant de chacun un participant intégral de la régulation à même de venir renforcer le faisceau d'indices déclenchant les actions de l'Autorité.

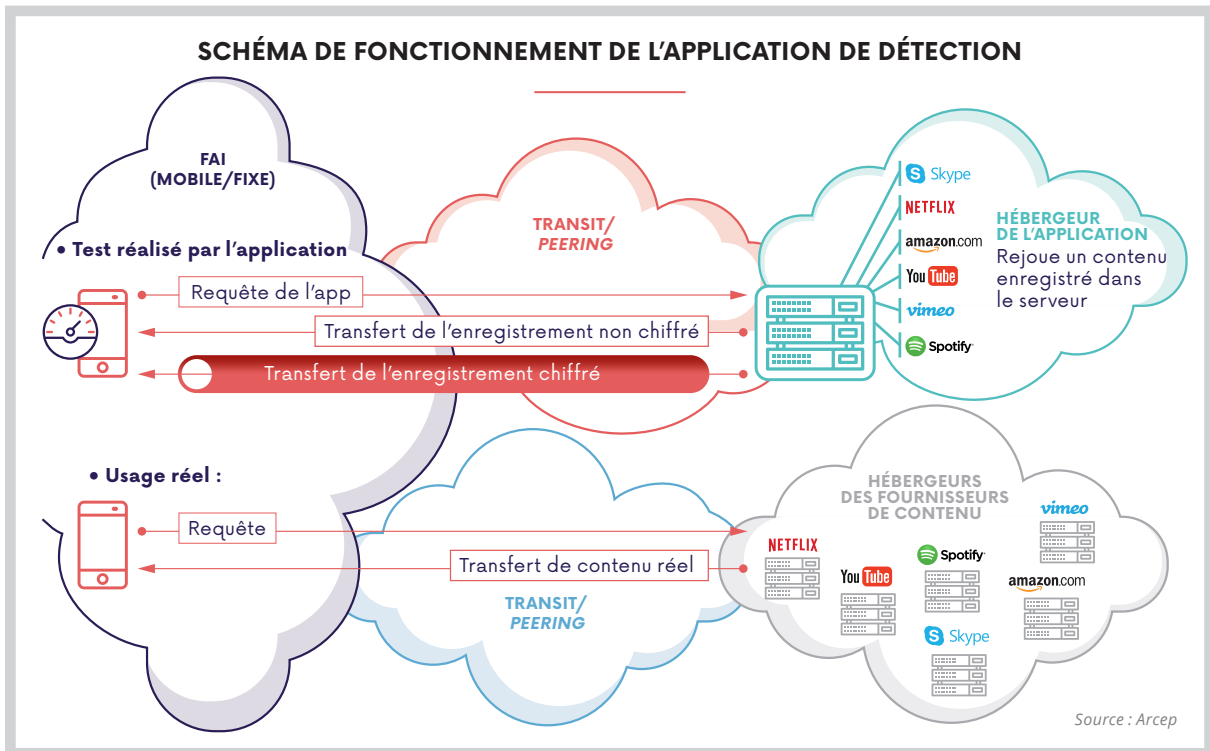
Dans le cadre de la collaboration entre l'Arcep et la Northeastern University, plusieurs chantiers sont actuellement menés : fiabilisation de l'outil *via* la réduction du nombre de faux positifs, développement de nouvelles fonctionnalités (telle que l'identification de l'usage du DPI⁶⁰), traduction et hébergement de l'outil en France, ainsi que d'autres fonctionnalités plus prospectives.

Sur le plan technique, l'outil a connu une légère évolution par rapport au dispositif tel qu'il était présenté l'an dernier : on notera une disparition du VPN qui causait des complexités non utiles et son remplacement par un système de cryptage des flux en inversant les bits transmis, qui remplit plus simplement le même effet. Il est à noter par ailleurs que dans sa première version, l'outil cible spécifiquement l'identification du trafic par le DPI, et par conséquent des techniques de gestion de trafic qui se fonderaient sur une telle identification du trafic.

Par son soutien, l'Arcep espère contribuer à la fiabilisation et à l'enrichissement d'un outil déjà innovant et prometteur, premier pas vers la mise à disposition d'outils de détection performants à destination des utilisateurs finals et des régulateurs.

⁵⁹ C'est-à-dire lié à l'état du réseau à un instant donné.

⁶⁰ *Deep Packet Inspection* – inspection détaillée des paquets IP.



3.2. L'Arcep progresse dans l'analyse et dans la mise en conformité des pratiques identifiées

L'Arcep poursuit son travail sur plusieurs pratiques au niveau national...

L'année 2017 a été largement consacrée à l'identification des pratiques du secteur en matière d'acheminement des contenus sur les réseaux, et les premiers questionnaires généraux mis en circulation par la formation compétente de l'Arcep lui ont rapporté une quantité d'informations particulièrement riches. Elle a pu procéder à l'analyse de cette matière et la mettre en perspective avec les principes de la régulation. Il est apparu opportun de rentrer dans les détails du cadre d'emploi de certaines pratiques, qui ont fait l'objet en fin d'année 2017 de questionnaires spécifiques visant à approfondir les informations déjà disponibles.

Dans la continuité de ce qui était annoncé dans le rapport sur l'état d'internet en France l'an dernier, la formation compétente de l'Arcep s'est penchée sur la liberté de choix et d'utilisation des terminaux dans les offres des FAI, et en particulier sur la compatibilité de certaines clauses limitatives des contrats des utilisateurs avec les dispositions de l'article 3.1 du règlement sur l'internet ouvert. Ces restrictions portaient en particulier sur

l'utilisation du mode modem (interdiction totale d'usage ou limitation du volume de données alloué à cette modalité), ainsi que sur l'impossibilité d'utiliser des offres d'accès internet dans certaines classes de terminaux (tablettes, cartes 4G, objets connectés, 4G box, etc.). L'Arcep prend acte que les clauses limitant l'utilisation du mode modem et interdisant l'utilisation des cartes SIM dans tout terminal mobile seront supprimées des contrats des FAI concernés d'ici l'automne 2018. S'agissant des offres 4G fixe, l'Arcep note qu'il s'agit d'un marché encore naissant. Elle sera attentive au développement de ces offres et aux enjeux afférents pour le consommateur.

En début d'année 2018, suite à de nombreuses sollicitations publiques et à des remontées importantes sur la plateforme « j'alerte l'Arcep », l'Autorité a souhaité disposer d'éléments d'information complémentaires sur les causes de la mauvaise qualité de certains services particuliers sur le réseau de Free. Ces problèmes de débits et d'accessibilité récurrents semblaient toucher plusieurs services en ligne populaires, au premier rang desquels Netflix, et représentent une partie importante des signalements postés dans la section neutralité de l'internet du portail « j'alerte l'Arcep » depuis son lancement. Au vu des éléments obtenus par la formation compétente de l'Autorité en début d'année, il est apparu que l'interconnexion du réseau de Free avec le reste de l'internet pouvait être un



ENTRE RECHERCHE UNIVERSITAIRE ET PRATIQUE : L'ÉPREUVE DU DÉVELOPPEMENT D'UNE APPLICATION

Dave **CHOFFNES**, **NORTHEASTERN UNIVERSITY**



Northeastern University

Quelles éventuelles atteintes à la neutralité de l'internet peuvent être détectées avec votre dispositif ?

Notre application peut détecter quand un opérateur de réseau fournit des performances différentes en fonction du contenu du trafic. Nous pouvons détecter des pratiques telles que le bridage (c'est-à-dire la limitation de la bande passante disponible) du trafic vidéo, ou l'augmentation de la latence des appels VoIP. On ne peut en revanche pas détecter des enfreintes telles que des conditions de *peering* particulières ou des procédés discriminants de gestion de la congestion du réseau, qui ne s'appuient pas sur le contenu du trafic.

Est-ce que votre outil a permis de mettre en évidence les pratiques que vous citez ?

Oui, notre application a pu détecter des atteintes à la neutralité chez 22 FAI dans le monde. Nous avons régulièrement assisté à du bridage de la vidéo, réduisant la qualité maximale que l'utilisateur peut recevoir.



« NOTRE
APPLICATION A PU
DÉTECTER DES ATTEINTES
À LA NEUTRALITÉ
CHEZ 22 FAI
DANS LE MONDE. »

Notre application a également été utilisée pour détecter des pratiques de censure, par exemple aux Émirats Arabes Unis, où Skype est bloqué.

Pouvez-vous revenir sur les difficultés auxquelles vous avez été confronté pendant le lancement de la version iOS de votre application ?

À l'issue de plusieurs semaines de processus de revue, Apple a affirmé que notre application ne fonctionnait pas

comme elle le prétendait (Apple pensait que c'était un simple test de débit) et l'a refusée sur l'app store sans autre forme d'explication. Nous avons été très surpris par ce manque de transparence, et nous avons donc demandé de l'aide à l'Arcep et posté notre histoire sur Twitter. Heureusement, en l'espace d'une journée, l'Arcep a organisé une réunion avec les représentants d'Apple et un article sur le sujet a atteint un pic de visibilité sur Reddit. Sous cette pression, Apple a révisé sa décision et approuvé l'application. Nous sommes reconnaissants d'avoir eu des partenaires comme l'Arcep et de bénéficier du support de l'opinion publique afin de rendre visible ce refus de l'application. Mais en même temps, nous sommes aussi conscients qu'un grand nombre d'autres applications peuvent se voir opposer un refus sans que personne ne s'en émeuve. Nous comprenons qu'Apple doit prudemment évaluer les applications afin de s'assurer qu'elles ne soient pas trompeuses ou frauduleuses, mais il y a un clair besoin de transparence et de dialogue dans ce processus de revue des applications.



© Fotolia/Gorodenkoff

élément d'explication : contrairement aux autres FAI de grande taille, l'accès de Free à l'essentiel du trafic mondial repose en grande partie sur un seul transitaire, dont certains liens connaissent des saturations de capacité très régulières. En conséquence, sans qu'il soit forcément question de gestion de trafic, les services les plus sensibles en bande passante tels que le *streaming* vidéo pouvaient connaître des problèmes de qualité dans ces moments de saturation, quel que soit par ailleurs le débit théorique dont bénéficiait l'accès internet du client final. La qualité de service perçue *in fine* par le consommateur dépend de l'ensemble des intervenants de la chaîne technique entre le client final et le contenu qu'il consomme (FAI, transitaires, fournisseurs de contenus, etc.). Plus récemment, la presse s'est d'ailleurs fait écho de négociations en cours et de l'établissement d'une interconnexion directe entre Free et Netflix, qui pourraient se traduire par une amélioration de la situation pour le client final. Comme évoqué dans le chapitre 2, les modalités d'interconnexion entre les acteurs sont variées (transit, mais aussi relations directes telles que le *peering* gratuit ou payant) et permettent de répondre à différents types de besoin. L'Arcep sera attentive à l'évolution de la situation dans les mois à venir.

L'Arcep a également été sollicitée par l'entreprise Inmarsat afin de pouvoir échanger sur leurs offres actuelles de Wi-Fi en vol et leur évolution potentielle. Cette interaction a été l'occasion pour l'Arcep de rappeler que le règlement s'applique non seulement aux offres des FAI traditionnels, mais aussi à ce type d'offres d'accès considérées comme publiquement disponibles par l'Arcep. Le sujet des offres de Wi-Fi en vol étant par nature transnational, la question a été également évoquée, à l'initiative de l'Arcep, dans le cadre des travaux du groupe d'experts du BEREC qui tendent à conclure que ce type d'offres peut être défini comme publiquement disponibles et de fait sujettes aux dispositions du règlement européen sur l'internet ouvert. Sur la base des éléments portés à la connaissance de l'Arcep, les offres actuellement déployées par Inmarsat sur des lignes aériennes européennes sont *a priori* conformes au règlement relatif à la neutralité d'internet.

... et s'implique fortement dans les échanges européens

L'Arcep se félicite du bon niveau général de coopération au niveau du BEREC sur la mise en œuvre du règlement relatif à la neutralité d'internet. Pour plus d'informations sur la première année d'implémentation du règlement, le public pourra se référer au rapport annuel publié par

le BEREC fin 2017⁶¹, qui donne un aperçu complet du travail entrepris au niveau européen.

L'année 2017 a été particulièrement marquée par l'essai des offres de *zero-rating*, qui permettent la consommation gratuite de données liée à l'utilisation d'un ou plusieurs services en ligne particuliers. Ces offres ne sont pas interdites en soi par le règlement européen, qui préconise une analyse au cas par cas. Les ARN doivent en effet évaluer l'effet de chaque offre sur le marché des contenus et sur le droit des consommateurs. Elles doivent également veiller à ce que le *zero-rating* ne s'accompagne pas d'un traitement technique discriminatoire des contenus ciblés, en les priorisant sur les autres applications ou au contraire en bridant leur qualité afin qu'ils soient moins *datavores*. Enfin, les ARN s'assurent également que les offres sont disponibles dans les mêmes termes dans tous les pays couverts par le principe du *roam-like-at-home*, prévu dans le règlement 2015/2120⁶². Parmi les nombreuses offres de *zero-rating* qui ont vu le jour, celles de certains opérateurs ont été particulièrement remarquées :

- Deutsche Telekom, avec son offre *Stream On* (au Pays-Bas, puis en Allemagne et bientôt peut-être en Autriche ou en Hongrie), qui a été le premier cas médiatisé au niveau européen et qui a pour particularité d'avoir été également traité outre-Atlantique ;
- Vodafone, avec son service *Vodafone Pass*, qui est apparu dans plusieurs de ses filiales européennes ;
- Meo, au Portugal, et son offre de tarification différenciée (un type de service assez proche de la pratique du *zero-rating*), qui a été relevée par un parlementaire américain et a donc eu un certain retentissement médiatique.

Dans ces offres, toute une catégorie d'applications (services de *streaming* vidéo, services de *streaming* audio, réseaux sociaux...) bénéficie du *zero-rating*. Néanmoins, leur ouverture réelle à tous les FCA est difficile à évaluer : en pratique, un FCA de petite taille peut difficilement avoir connaissance de toutes les offres de *zero-rating* européennes – et *a fortiori* mondiales – auxquelles il peut prétendre être inclus, ni avoir les moyens d'en faire la demande auprès de chaque FAI concerné. Il est donc possible qu'à terme ce type d'offres, même ouvertes en théorie, favorise surtout les FCA les plus développés au détriment des nouveaux arrivants de petite taille. La plupart des régulateurs confrontés au sujet ont fait part de leur vigilance quant à l'évolution future du marché.

⁶¹ http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/7529-berec-report-on-the-implementation-of-regulation-eu-20152120-and-berec-net-neutrality-guidelines

⁶² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2120&from=FR>

ZERO-RATING ET « MINITELISATION » DE L'INTERNET



Luca BELLI, Senior Researcher,
FONDAÇÃO GETULIO VARGAS, CENTER FOR TECHNOLOGY & SOCIETY



L'émergence des offres de *zero-rating* dans de nombreux pays a généré un nouveau type de débats autour de la neutralité d'internet, centrés sur la discrimination tarifaire⁶³. Les modèles de *zero-rating* sont le plus souvent appliqués sur des réseaux mobiles, et sont fondés sur la subvention d'un nombre limité d'applications, dont la consommation en données n'est pas décomptée du forfait de l'utilisateur. Pour comprendre la croissance du *zero-rating*, quatre facteurs doivent être considérés. Premièrement, on accède de plus en plus à internet *via* des terminaux mobiles qui, en 2020, devraient générer deux tiers du trafic IP global⁶⁴. Deuxièmement, la différenciation des services est en train de devenir un objectif clef chez plusieurs opérateurs qui sont verticalement intégrés avec des fournisseurs de contenus et d'applications. Troisièmement, les données personnelles sont devenues la ressource « la plus valorisée au monde »⁶⁵, et pour en récolter, certains FCA, surtout les plus riches d'entre eux, sont prêts à subventionner l'accès des utilisateurs à leurs applications. Les pratiques de *zero-rating* émergent dans le contexte de la « ruée vers la donnée »⁶⁶, où les compétiteurs se battent pour capturer l'attention de l'utilisateur et, en conséquence, leurs données personnelles. Enfin, les fournisseurs d'applications tentent de plus en plus de « rendre accro »⁶⁷ à leurs services, *via* des configurations addictives⁶⁸ de leurs applications. Ainsi, la subvention de l'usage de l'application vise de plus en plus à générer la dépendance de l'utilisateur.

Dans ce contexte, le but des pratiques de *zero-rating* peut être d'orienter la navigation des utilisateurs vers le simple usage des services subventionnés. En particulier, lorsque l'accès à quelques applications subventionnées est combiné à un forfait de données relativement faible, les utilisateurs – avant tout les moins fortunés – peuvent avoir une incitation forte à n'accéder qu'aux applications subventionnées. En sponsorisant une sélection limitée d'applications tout en prévoyant un paiement pour avoir accès à l'internet ouvert, il y a un risque tangible de « minitelisation »⁶⁹ de l'internet. Ce phénomène consiste en l'évolution d'un internet d'usage général vers un réseau aux usages prédéfinis, où les utilisateurs deviennent des consommateurs passifs de services présélectionnés, plutôt que d'être des « prosommateurs », c'est-à-dire des individus libres non seulement de consommer mais aussi de produire des services innovants et de contenus.

Les régulateurs doivent alors examiner les pratiques de *zero-rating* pour garantir qu'elles ne réduisent pas l'ouverture de l'internet, la concurrence, l'innovation et l'exercice des droits des utilisateurs, qui sont les objectifs fondamentaux de la neutralité d'internet. Afin d'avoir une meilleure compréhension des différentes offres de *zero-rating* ainsi que du contexte réglementaire et économique dans lequel elles sont disponibles, la « Dynamic Coalition on Network Neutrality »⁷⁰ du Forum de l'ONU sur la gouvernance de l'internet (IGF)⁷¹ a lancé une carte mon-

diale du *zero-rating*, en *crowdsourcing*, présentée à l'IGF en 2017⁷². Le Zero Rating Map⁷³ est un outil vivant qui peut être mis à jour par tout individu intéressé, et qui a déjà permis de collecter des informations sur le *zero-rating* dans 90 pays (y compris les applications qui sont « zero-ratées » et le degré de protection de la neutralité d'internet dans le pays affecté). La carte a d'ores et déjà permis d'identifier des éléments intéressants. Les applications les plus fréquemment bénéficiaires du *zero-rating* font partie du portefeuille d'applications de Facebook, Facebook étant l'application individuelle la plus souvent « zero-ratée ». Cela est en particulier dû au programme « Free Basics » de Facebook et son initiative internet.org, qui offrent, dans de nombreux pays en développement, le *zero-rating* de plusieurs applications – parmi lesquelles, invariablement, Facebook. La plupart des pays où le *zero-rating* est disponible ne disposent pas d'une régulation spécifique de la neutralité d'internet ; mais certains opérateurs, même en présence d'une régulation de la neutralité, combinent le *zero-rating* d'applications verticalement intégrées et des volumes de données limités. Étant donné l'impact que peuvent avoir les pratiques de *zero-rating*, les régulateurs doivent rester vigilants, affinant et développant les critères d'évaluation⁷⁴ des offres tout comme les outils nécessaires à la surveillance du marché. L'importance sociale, politique et économique d'un écosystème numérique ouvert est trop critique pour tolérer sa transformation dans une collection de minitels.

⁶³ Luca Belli (Ed). (2016). Net neutrality reloaded: zero rating, specialised service, ad blocking and traffic management. Annual Report of the UN IGF Dynamic Coalition on Net Neutrality.

⁶⁴ Cisco (2016) Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2015–2020.

⁶⁵ The Economist (6 May 2017). The world's most valuable resource is no longer oil, but data.

⁶⁶ Luca Belli (15 December 2017). The scramble for data and the need for network self-determination. openDemocracy.

⁶⁷ Nir Eyal (2014). Hooked: How to Build Habit-Forming Products.

⁶⁸ Tristan Harris (18 May 2016). How Technology is Hijacking Your Mind—from a Magician and Google Design Ethicist.

⁶⁹ Luca Belli (2017). Net neutrality, zero rating and the Minitelisation of the internet. Journal of Cyber Policy. Vol. 2. N°1.

⁷⁰ <http://www.networkneutrality.info/>

⁷¹ <http://intgovforum.org/>

⁷² <http://sched.co/CTsC>

⁷³ www.zerorating.info

⁷⁴ BEREC (2016). BEREC Guidelines on the implementation by national regulators of European net neutrality rules. BoR(16)127. Pp 12-13.

Étant donné la difficulté que représente cet exercice, en particulier pour ce qui est de l'impact de la pratique sur le marché des contenus en amont, la valeur ajoutée de la coopération renforcée du BEREC autour des analyses circonstanciées des offres est particulièrement prégnante.

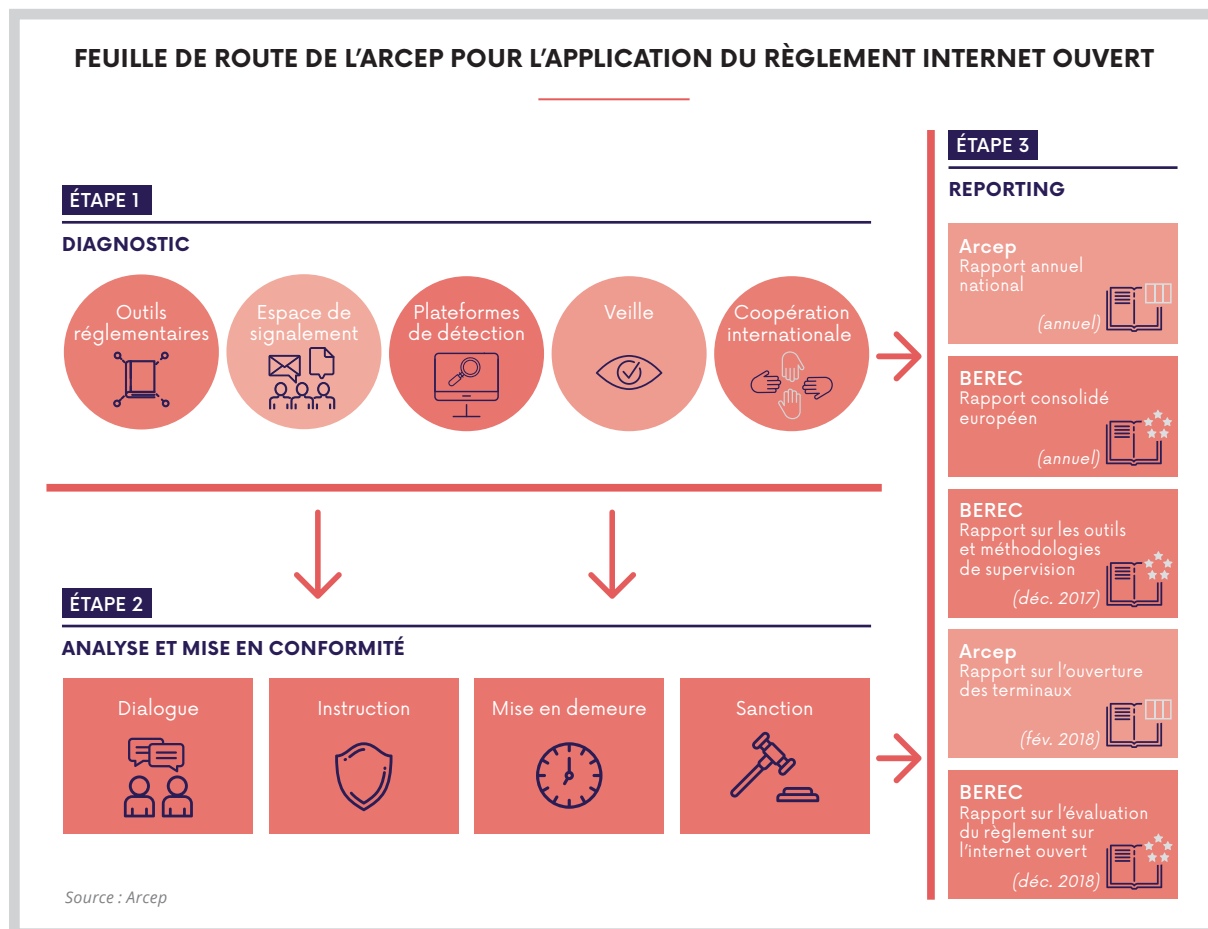
3.3. La phase de reporting, une exigence de transparence envers le régulateur et une opportunité de développement de la doctrine

Comme expliqué dans le rapport sur l'état d'internet en France en 2017, l'action de l'Arcep aboutit dans un troisième temps à une phase de reporting. Ce reporting a lieu au niveau national, *via* le présent rapport, puis au niveau européen, avec le rapport consolidé des ARN européennes (rapport « d'implémentation » évoqué en section 2 de ce chapitre). Ces rapports permettent de dresser au législateur et à l'opinion publique un bilan de l'application du règlement sur l'internet ouvert. Le premier rapport européen en la matière, publié en

décembre 2017, démontre l'activité importante des ARN européennes et leur participation à une application cohérente du cadre légal sur l'ensemble du territoire de l'Union.

En sus, le cumul d'expérience des ARN sur la question de la neutralité a servi à l'élaboration de rapports spécifiques approfondissant certains sujets pertinents pour la problématique de l'internet ouvert (rapport sur les outils et méthodologies de supervision publié en décembre 2017⁷⁵ et rapport sur l'évaluation du règlement internet ouvert évoqués en section 2 de ce chapitre).

Enfin, au niveau national, l'Arcep a entrepris des travaux *ad hoc* sur des sujets touchant à la thématique de l'internet ouvert. Ainsi, les services de l'Arcep ont pu réfléchir à l'application du principe d'internet ouvert aux différents maillons de la chaîne d'intermédiaires techniques de l'internet, en particulier aux terminaux. Cette entreprise a donné lieu à la publication en février 2018 d'un rapport spécifique, dont les conclusions sont résumées dans le chapitre suivant.



⁷⁵ http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/7529-berec-report-on-the-implementation-of-regulation-eu-20152120-and-berec-net-neutrality-guidelines

5. Contribuer à l'ouverture des terminaux



*Rétrécissement du champ
de vision dépisté,
des remèdes rapides
sont préconisés
afin d'éviter la cécité*

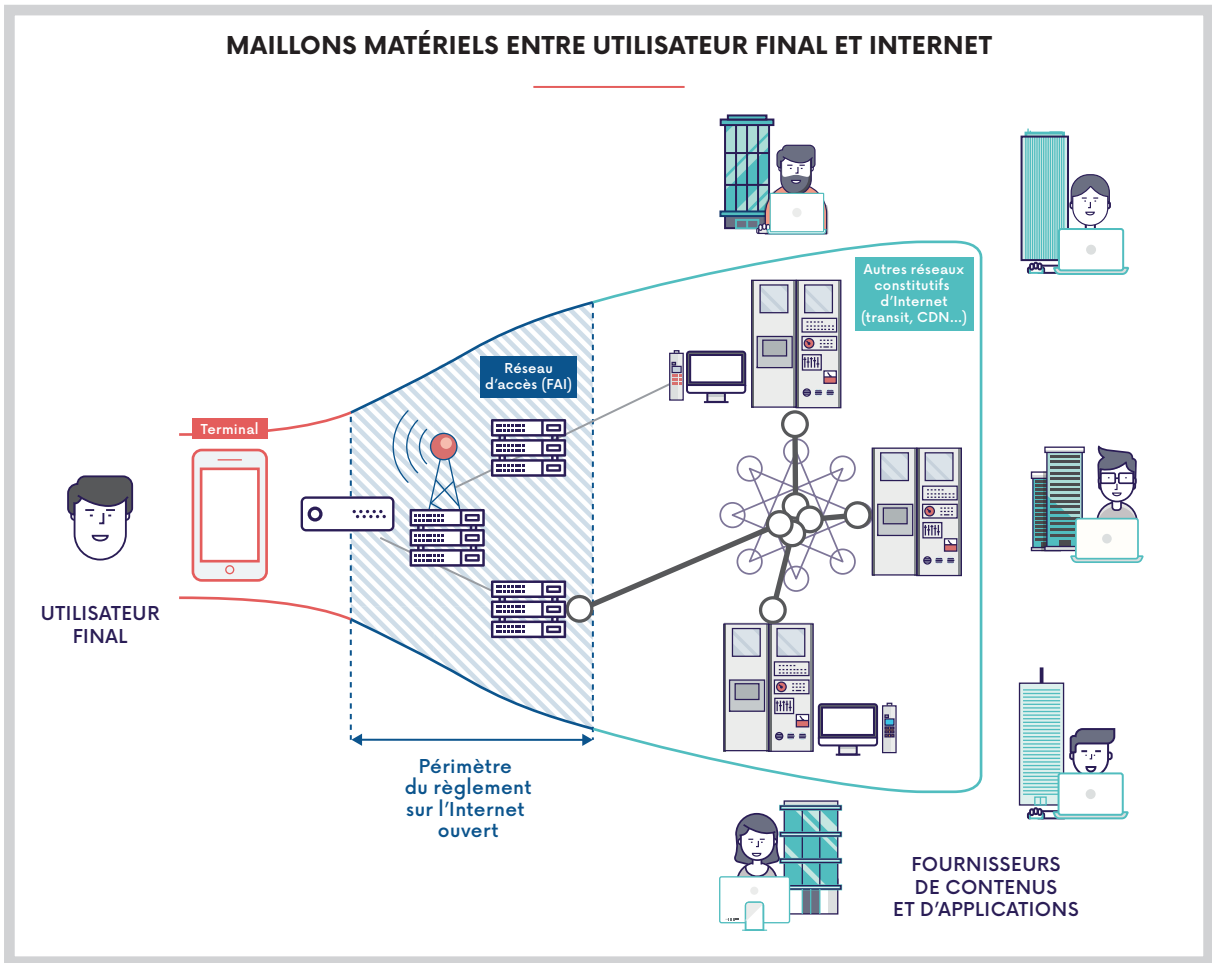


Bien qu'il introduise le principe large d'un internet ouvert, le règlement européen comporte essentiellement des mesures centrées sur la neutralité des réseaux des fournisseurs d'accès à internet. Or la capacité d'accéder à internet et d'y proposer des contenus passe par une chaîne plus large, dans laquelle d'autres acteurs jouent également un rôle significatif. C'est le cas des équipements terminaux qui ont le pouvoir de limiter la capacité des utilisateurs finals d'accéder ou de fournir certains contenus et services en ligne.

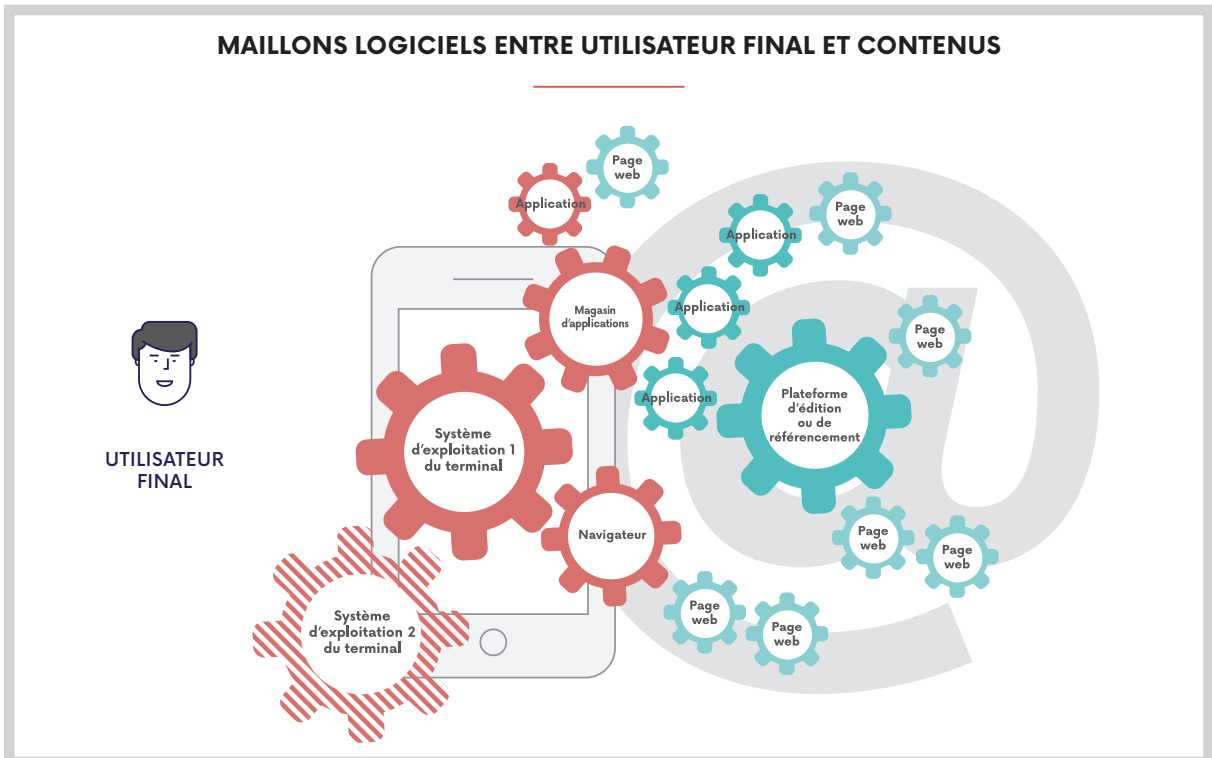
1. LES ÉQUIPEMENTS TERMINAUX D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN PASSÉS AU CRIBLE DE L'ARCEP

Les terminaux sont positionnés à l'extrémité des réseaux. Constituant des maillons matériels et logiciels essentiels dans la chaîne d'accès technique à internet, les terminaux, notamment leurs systèmes d'exploitation, leurs navigateurs et leurs magasins d'applications, pourraient remettre en cause l'ouverture d'internet.

MAILLONS MATÉRIELS ENTRE UTILISATEUR FINAL ET INTERNET



MAILLONS LOGICIELS ENTRE UTILISATEUR FINAL ET CONTENUS



Ce risque augmente avec la diffusion rapide de nouveaux terminaux intelligents. Après les *smartphones* et les tablettes, les assistants vocaux par exemple commencent à séduire les utilisateurs qui souhaitent se connecter à internet. Pour l'heure, le *smartphone* reste le principal terminal, plébiscité en 2017 avec 48 % des internautes français qui en font leur équipement favori pour se connecter, devant l'ordinateur, et avec 73 % des Français qui en possèdent un (contre 17 % en 2011).

Devant ce constat, l'Arcep a souhaité étendre aux équipements terminaux sa réflexion sur la préservation d'un internet ouvert, dont elle est garante, en mettant, de fait, l'accent sur les *smartphones*. C'est le sens du chantier de réflexion sur la question de l'ouverture des terminaux qu'elle a lancé en 2017 à la suite de sa revue stratégique.

Il s'est agi pour l'Autorité de développer, d'une part, une compréhension commune sur ce sujet en identifiant et en analysant les éventuelles limites à l'ouverture de l'internet introduites par les terminaux et de proposer, d'autre part, des solutions que les pouvoirs publics pourraient apporter afin de garantir le principe d'un internet ouvert. Les terminaux ont été considérés dans leur globalité, c'est-à-dire à la fois pour leurs couches matérielles et logicielles.



2. LE SUCCÈS DE LA MOBILISATION DES ACTEURS DU NUMÉRIQUE

Pour mener à bien ce chantier, l'Arcep a été à l'initiative de nombreux échanges avec les acteurs directement concernés par le sujet – éditeurs de contenus, constructeurs de terminaux, développeurs de systèmes d'exploitation, opérateurs, représentants de consommateurs – et des acteurs à la vision plus transverse – représentants de l'administration centrale, consultants, avocats ou universitaires.

Ces interactions ont pris plusieurs formes. Tout d'abord, l'Arcep a organisé en 2017 deux cycles d'auditions pour permettre à chacun des acteurs de présenter sa vision prospective sur le sujet.

À trois reprises ensuite, l'Autorité a réuni différents acteurs autour d'une même table pour échanger davantage sur des thèmes ciblés :

- l'atelier du 9 octobre 2017 a rassemblé une dizaine d'éditeurs de contenus pour réfléchir à un modèle « idéal » de mise à disposition des applications, tant du point de vue de l'accès aux contenus que de la viabilité économique des fournisseurs de contenus ;
- l'atelier du 13 novembre 2017 a été l'occasion de donner la parole aux équipementiers et aux développeurs de systèmes d'exploitation pour réaliser un diagnostic du passé et un exercice de prospective sur les interfaces d'accès à internet ;
- l'atelier du 24 novembre 2017 a été consacré à l'enjeu de la portabilité des données et des contenus pour les utilisateurs lors d'un changement de terminal, et particulièrement lors d'un changement de système d'exploitation, en présence d'associations de consommateurs.

Enfin, l'Arcep a lancé en fin d'année 2017 une consultation publique qui a permis de recueillir les points de vue des acteurs concernés et de tester de premières pistes de propositions.

Ces multiples échanges ont conduit à la publication d'un document final le 15 février 2018⁷⁶, dont la teneur a été partagée avec le secteur à l'occasion d'un événement au Pan Piper⁷⁷, ponctué de débats avec les acteurs concernés.

⁷⁶ https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-terminaux-fev2018.pdf

⁷⁷ <https://video.arcep.fr/fr/afterwork-devices-2018>

LES ACTEURS AUDITIONNÉS PAR L'ARCEP DEPUIS 2017
DANS LE CADRE DE SON TRAVAIL SUR LES TERMINAUX



3. LES PISTES D'ACTION POUR ASSURER UN INTERNET OUVERT ET LE LIBRE CHOIX DES UTILISATEURS

La rédaction de ce rapport final, résultat en particulier des nombreuses interactions avec les parties prenantes, a permis à l'Arcep de cartographier un nombre relativement important de limites à l'ouverture d'internet provenant des terminaux. Si certaines de ces limitations peuvent se justifier par des raisons d'ergonomie, de sécurité ou d'innovation, d'autres restreignent sans contrepartie l'accès à internet et à sa richesse.

Constatant ainsi que l'ouverture d'internet peut déjà être mise à mal par des fabricants de terminaux et éditeurs d'OS, l'Arcep a émis dans son rapport une série de propositions pour garantir un internet ouvert. Les douze pistes d'action retenues s'articulent autour de cinq axes majeurs :

1. clarifier le champ de l'internet ouvert en posant un principe de liberté de choix des contenus et des applications, quel que soit le terminal.

Réguler « par la data », et rendre l'information transparente et comparable pour les utilisateurs, particuliers et professionnels :

2. collecter de l'information auprès des fabricants de terminaux et éditeurs d'OS et la diffuser ;
3. recueillir les signalements des utilisateurs finals, consommateurs comme professionnels ;
4. promouvoir des outils de comparaison ;
5. imposer la transparence des critères de référencement et de classement employés par les magasins d'applications.

Veiller à la fluidité des marchés, à travers la liberté de passer d'un environnement à l'autre et la vigilance face aux atteintes à la concurrence :

6. suivre avec attention et évaluer en temps utile les initiatives destinées à faciliter le changement d'équipement terminal.

Lever certaines restrictions imposées artificiellement par les acteurs clés des terminaux aux utilisateurs et aux développeurs de contenus et services :

7. permettre aux utilisateurs de supprimer des applications préinstallées ;

8. rendre possible une hiérarchisation alternative des contenus et services en ligne disponibles dans les magasins d'applications ;
9. permettre aux utilisateurs d'accéder sereinement aux applications proposées par des magasins d'applications alternatifs, dès lors qu'ils sont jugés fiables ;
10. permettre à tous les développeurs de contenus et services d'accéder aux mêmes fonctionnalités des équipements.
11. surveiller l'évolution des offres exclusives de contenus et services par des terminaux.

Intervenir rapidement grâce à une procédure agile permettant d'accompagner les entreprises, notamment les PME et les start-up, faisant face à des pratiques discutables :

12. inventer une procédure agile pour accompagner les entreprises, notamment les PME et les start-up, face à des pratiques discutables.

L'Arcep préconise de mettre en œuvre ces pistes d'action, pragmatiques et à effet rapide, dès maintenant à l'échelle nationale avec l'ambition de stimuler des démarches européennes. La BD ci-après, produite à l'occasion de l'événement de la remise du rapport, synthétise les travaux de l'Autorité sur le sujet.

Du reste, elle a participé activement aux travaux du BEREC, qui s'est également intéressé à ce sujet dans son rapport traitant du rôle des contenus et des terminaux sur le fonctionnement du marché des télécoms⁷⁸.

La réflexion de l'Arcep sur les terminaux ne s'arrête pas à la publication de ce rapport. Les parties prenantes sont invitées à poursuivre leurs échanges avec l'Autorité pour rendre compte de leur expérience, partager leur point de vue et présenter leur vision prospective sur le sujet ; de nouveaux rendez-vous devraient être organisés dans l'année à cet effet.

⁷⁸ BEREC report on the impact of premium content on ECS markets and effect of devices on the Openness of the Internet use.

POINTS DE VUE CROISÉS



Elisabeth BARGES,
Directrice des politiques publiques, **GOOGLE**



En 2006, mettre un ordinateur dans la poche de tout le monde relevait de l'utopie. Seulement 1 % de la population possédait un mobile. À l'époque, les frais de licences ou les coûts de développement d'un système propriétaire étaient élevés pour les constructeurs. Internet n'était alors pas à la portée de toutes les bourses. Face à un marché fragmenté qui peinait à décoller, Google et l'industrie du mobile ont, dès 2008, investi ensemble pour développer un système d'exploitation unifié, Android. Android est un système d'exploitation proposé gratuitement sous licence *open source* à tous les constructeurs de terminaux. Ces derniers sont libres de télécharger et d'utiliser le code source d'Android tel quel, de le modifier voire de créer un système d'exploitation concurrent – comme le fait Amazon dans ses tablettes. En réduisant les coûts liés au système d'exploitation, Android a permis de démocratiser l'accès

aux mobiles, désormais accessibles pour moins de 100 euros. Le modèle d'Android est construit sur un triple choix. D'abord, la possibilité pour le constructeur de modifier le système d'exploitation afin de créer une expérience utilisateur unique. Ensuite, le choix par le constructeur et les opérateurs de télécommunication des applications qu'ils veulent proposer aux utilisateurs lorsqu'ils débattent leur mobile. Chacun est libre des applications ou des suites applicatives qu'il va installer sur un *smartphone*. Il pourra préinstaller, sans exclusivité, la suite applicative proposée par Google ou s'en dispenser. En moyenne, ce sont près de 50 applications différentes qui vont être présentes incluant plusieurs navigateurs et services de recherche, messageries, réseaux sociaux, etc. Enfin, Android offre un choix pour les utilisateurs. Android est conçu pour que toute application préinstallée puisse être facilement désactivée, suppri-

mée de l'écran d'accueil et remplacée par une autre. S'il est présent, un utilisateur peut ainsi remplacer Google Search par un autre moteur de recherche en moins de 12 secondes. Il pourra télécharger n'importe quelle application depuis n'importe quelle source, depuis l'un des cent catalogues d'applications disponibles sur Android ou depuis le site internet du développeur. En 2017, c'est plus de 8 milliards d'applications téléchargées chaque mois depuis Google Play et plus de 50 milliards depuis d'autres sources. En 2018, les enjeux qui existaient à la création d'Android demeurent. Assurer la compatibilité entre les terminaux pour éliminer les barrières à l'entrée et renforcer la sécurité des données sont autant de priorités pour tous les acteurs de cet écosystème. Les travaux de l'Arcep viennent ainsi apporter une pierre utile pour trouver des solutions pérennes à ces enjeux.



Paul KOCIALKOWSKI,
Chargé des affaires publiques au sein du projet **REPLICANT**



Depuis 2017, l'ARCEP s'intéresse à la question des terminaux et à leur impact sur l'ouverture d'Internet. Le règlement Européen 2015/2120 prévoit notamment pour les utilisateurs « le droit d'accéder aux informations et aux contenus et de les diffuser, d'utiliser et de fournir des applications et des services et d'utiliser les équipements terminaux de leur choix ». Comme le relève l'autorité dans son rapport, ce droit se voit en pratique limité par les règles imposées par les fabricants des appareils permettant l'accès à Internet, qu'il s'agisse de restrictions au travers des magasins d'applications uniques pour chaque plateforme (et des restrictions à l'utilisation de sources alternatives) ou encore

d'applications immuablement liées au système.

Au-delà des règles établies par le système pré-installé par le fabricant se pose la question des limitations dans la capacité d'installer des systèmes alternatifs. Ces systèmes offrent différentes interfaces et des logiciels adaptés à divers cas d'utilisation qui n'ont pas forcément été prévus par le fabricant et qui permettent donc l'émergence de nouvelles activités et de services associés. Ils peuvent par ailleurs permettre à l'utilisateur un contrôle accru sur la technologie, au travers de logiciels libres. La diversification de ces systèmes doit cependant s'accompagner d'une standardisation des interfaces, à la fois du côté

des services (rendant possible des logiciels alternatifs) et des systèmes (permettant des applications plus génériques) pour réduire l'effort de prise en charge.

Le système Replicant est un exemple de système alternatif, compatible avec les applications Android et entièrement composé de logiciels libres. D'autres systèmes (tels que les distributions GNU/Linux) permettent de couvrir certains cas d'utilisation tels que la fourniture de services sur Internet, tirant profit du déploiement continu du réseau et de la connectivité des appareils. Il s'agit ainsi de permettre aux entités et aux individus de s'approprier l'émission sur le réseau au travers de leurs appareils du quotidien.



SMARTPHONES, TABLETTES, ASSISTANTS VOCAUX...

Les terminaux, maillon faible de l'internet ouvert

Et si votre accès à internet dépendait de la marque de votre téléphone ? Votre magasin d'applications est-il si transparent ? Votre assistant vocal est-il compatible avec votre musique ? En 2016, l'Arcep initiait un cycle de rencontres et d'ateliers avec les acteurs concernés : équipementiers, développeurs, éditeurs de contenus... Le 15 février 2018, l'Arcep publie son rapport et interpelle chacun sur le rôle des équipements terminaux dans l'ouverture d'internet et les actions à envisager.

POURQUOI UN RAPPORT DE L'ARCEP SUR LE SUJET ?

LES TERMINAUX SONT UN MAILLON FAIBLE CAR ILS N'OFFRENT QU'UN ACCÈS LIMITÉ À INTERNET

POUR FAIRE FACE À CES LIMITES, ET REDONNER LE POUVOIR DU CHOIX À L'UTILISATEUR, DES INITIATIVES EXISTENT

Par exemple, des applis facilitent la « portabilité des données » d'un appareil à l'autre

... et permettent à l'utilisateur de changer de smartphone sans renoncer à :

SES CONTACTS

SES PHOTOS

SES MOTS DE PASSE

L'INTELLIGENCE DE SON ÉCRITURE INTUITIVE (EN FAIT, PAS ENCORE !)

Ou encore les « progressive web app », disponibles directement sur navigateur...

... ET QUI S'AFFRANCHISSENT DES CONTRAINTES DES MAGASINS D'APPLIS

DANS SON RAPPORT, L'ARCEP APORTE SA PIERRE À L'ÉDIFICE EN PROPOSANT DES PISTES D'ACTION CONCRÈTES, PAR EXEMPLE

Ouvrir la boîte noire en imposant aux magasins d'applications de lever l'opacité sur leurs critères de référencement.

100% TRANSPARENCE GARANTIE

Faire ouvrir les API à tous les développeurs de contenus, pour qu'ils aient accès à l'ensemble des fonctionnalités de chaque terminal.

ÉGALITÉ DE TRAITEMENT = PLACE AUX INNOVATEURS DANS LE RESPECT DE LA VIE PRIVÉE

Rendre aux utilisateurs la liberté de supprimer des applications pré-installées. C'est l'utilisateur qui choisit ses contenus, pas le fabricant du terminal.

Plus globalement, on pourrait mettre en place un arbitre expert et neutre, capable de régler les différends économiques et de mettre fin aux pratiques injustifiées des fabricants de terminaux et d'OS...

RETROUVEZ LE RAPPORT COMPLET SUR LE SITE DE L'ARCEP
« Les terminaux, maillon faible de l'ouverture d'internet » :

- UNE APPROCHE EXHAUSTIVE ET OUVERTE
- LES CONSÉQUENCES POUR LES DÉVELOPPEURS D'APPLICATIONS
- UNE PERSPECTIVE INTERNATIONALE
- DES PISTES D'ACTION DÉTAILLÉES



Lexique

Les définitions énoncées ci-dessous sont uniquement utilisées dans le cadre du présent rapport pour en faciliter sa lecture.

Agent dans la box : outil de mesure de QoS et/ou QoE installé directement dans la box des FAI.

Android : système d'exploitation mobile développé par Google.

ANSSI (Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information) : service gouvernemental français à compétence nationale chargé de la sécurité et de la défense des systèmes d'information.

API (Application Programming Interface) : interface de programmation applicative qui permet à deux systèmes de s'interopérer et de communiquer sans qu'ils aient été conçus initialement dans cet objectif. Plus précisément, ensemble normalisé de classes, de méthodes ou de fonctions à travers lequel un logiciel offre des services à d'autres logiciels.

ARN (Autorité de Régulation Nationale) : l'organisme ou les organismes chargés par un État membre du BEREC de la régulation des communications électroniques.

BEREC (Body of European Regulators for Electronic Communications) : instance européenne indépendante créée par le Conseil de l'Union européenne et le Parlement européen qui rassemble les régulateurs des communications électroniques des vingt-huit États membres de l'Union européenne.

Câble ou « réseaux câblés » : réseaux de communications électroniques constitués d'un cœur de réseau en fibre optique et d'une terminaison en câble coaxial. Historiquement conçus pour diffuser des services de télévision, ces réseaux permettent depuis plusieurs années d'offrir également des services de téléphonie et d'accès à l'internet grâce à l'utilisation de la bande passante non mobilisée par les flux de télévision.

CDN (Content Delivery Network) : réseau de diffusion de contenu sur internet.

CDN interne : CDN situé directement dans le réseau des FAI.

CGN (Carrier-grade NAT) : mécanisme de traduction d'adresse réseau (*Network Address Translation* ou NAT) à grande échelle, utilisé notamment par des FAI dans le but de diminuer la quantité d'adresses IPv4 utilisées.

[Adaptateurs] CPL (Courants Porteurs en Ligne) : équipement qui permet de transporter internet par le réseau électrique à l'intérieur d'une habitation à la place d'un câble Ethernet ou du Wi-Fi.

Cross-traffic : dans le chapitre 1, le *cross-traffic* fait référence au trafic généré pendant un test de QoS et/ou QoE par une autre application que celle réalisant le test, sur le même terminal ou sur un autre terminal connecté à la même box. Le *cross-traffic* diminue le débit disponible pour le test.

Crowdsourcing : dans le chapitre 1, les outils de *crowdsourcing* font référence aux dispositifs qui centralisent des mesures de QoS et/ou QoE réalisées par des utilisateurs réels.

Débit : quantité de données numériques transmises par unité de temps. Le débit s'exprime souvent en bits par seconde (bit/s) et ses multiples Mbit/s, Gbit/s, Tbit/s, etc. Il convient de distinguer la vitesse à laquelle les données peuvent être :

- envoyées depuis un ordinateur, un téléphone ou tout autre équipement terminal connecté à l'internet, comme pendant l'envoi de photographies vers un site d'impression en ligne : on parle alors de débit montant ;
- reçues depuis un équipement terminal connecté à l'internet, comme lors du visionnage d'une vidéo en ligne ou du chargement d'une page web : on parle de débit descendant.

DGCCRF (Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes) : service de l'administration française qui a pour objet de veiller au bon fonctionnement des marchés, au bénéfice des consommateurs et des entreprises.

DNS (Domain Name System): mécanisme de traduction des noms de domaine internet en adresses IP.

DPI (Deep Packet Inspection): équipement d'infrastructure de réseau consistant à analyser le contenu des paquets IP afin de les prioriser, les filtrer ou en tirer des statistiques.

Ethernet (câble): nom usuel du connecteur RJ45 supportant le protocole de communication de paquets Ethernet.

FAI: Fournisseur d'Accès à Internet.

FCA (Fournisseurs de Contenu et d'Applications): fournisseurs du contenu (pages web, blogs, vidéos) et/ou des applications (moteurs de recherche, applications VoIP) sur internet.

FCC (Federal Communications Commission): agence indépendante du gouvernement des États-Unis chargée de réguler les télécommunications ainsi que les contenus des émissions de radio et de télévision.

FTC (Federal Trade Commission): agence indépendante du gouvernement des États-Unis chargée de l'application du droit de la consommation et du contrôle des pratiques commerciales anticoncurrentielles.

FttH ou « réseaux fibrés » (Fiber to the Home): réseau de communications électroniques à très haut débit en fibre optique jusqu'à l'abonné, c'est-à-dire pour lequel la fibre optique se termine dans le logement ou le local de l'abonné.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol): protocole de communication client-serveur développé pour le World Wide Web.

HTTPS (HTTP Secured): protocole HTTP sécurisée par l'usage des protocoles SSL ou TLS.

ICMP: protocole utilisé pour véhiculer des messages de contrôle et d'erreur. Il peut servir à mesurer la latence *via* la commande « ping » intégrée à tous les systèmes d'exploitation.

INC (Institut National de la Consommation): établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministre chargé de la consommation au service des consommateurs et des associations qui les représentent.

iOS: système d'exploitation mobile développé par Apple pour ses appareils mobiles.

IP (Internet Protocol): protocole de communication qui permet un service d'adressage unique pour l'ensemble des terminaux utilisés sur internet. IPv4 (IP version 4) est le protocole utilisé depuis 1983. IPv6 (IP version 6) est son successeur.

IPv6-Ready: qui est compatible avec le protocole IPv6, mais sur lequel IPv6 n'est pas nécessairement activé par défaut.

ISOC (Internet Society): association de droit américain à vocation internationale visant à promouvoir et coordonner le développement des réseaux informatiques dans le monde.

IXP (Internet Exchange Point) ou GIX (Global Internet Exchange): infrastructure physique permettant aux FAI et FCA qui y sont connectés d'échanger du trafic internet entre leurs réseaux grâce à des accords de *peering* public.

LAN (Local Area Network): réseau local. Pour un particulier, il s'agit du réseau constitué de la box du FAI et de tous les périphériques qui y sont connectés en Ethernet ou en Wi-Fi.

Latence: délai nécessaire à un paquet de données pour passer de la source à la destination à travers un réseau. La latence est exprimée en millisecondes.

Mesure de débit en *monothread* : mesure du débit avec une unique connexion TCP.

Mesure de débit en *multithread* : mesure du débit avec plusieurs connexions TCP en parallèle.

NAS (*Network Attached Storage*) : serveur de fichiers autonome, relié à un réseau dont la principale fonction est le stockage de données.

ONT (*Optical Network Termination*) : équipement du réseau FttH Gpon situé chez le client. Un ONT peut-être externe à la box (cas le plus fréquent) ou intégré dans une cage SFP.

OS (*Operating System*) : système d'exploitation. Logiciel qui permet de faire fonctionner un périphérique, comme Windows, Mac OS, Linux, Android ou iOS.

OTT (*over-the-top*) : qualifie les services de communications électroniques fournis par des FCA sur internet

Peering : désigne l'échange de trafic internet entre deux pairs (ou *peers*). Un lien de *peering* peut être gratuit ou payant (pour celui qui envoie le plus de trafic vers son pair). Le *peering* peut par ailleurs être public, lorsqu'il est réalisé à un IXP (*Internet Exchange Point*), ou privé, lorsqu'il s'effectue dans le cadre d'un PNI (*Private Network Interconnect*), c'est-à-dire d'une interconnexion directe entre deux opérateurs.

Politique de *peering* (ou *peering policy*) : désigne un document de référence, généralement public, contenant les stratégies des opérateurs en matière d'interconnexion.

QoE (*Qualité d'Expérience*) : dans le cadre du chapitre 1, qualité de l'expérience de l'utilisateur sur internet lors d'usages donnés. Elle est mesurée par des indicateurs dits « d'usage » comme le temps de téléchargement de pages web ou la qualité de la lecture de vidéo en *streaming*.

QoS (*Qualité de Service*) : dans le cadre du chapitre 1, qualité de service du réseau internet mesurée par des indicateurs dits « techniques » comme le débit montant ou descendant, la latence ou la gigue. Il arrive souvent que le terme QoS soit utilisé pour désigner à la fois la qualité de service au sens de la présente définition et la qualité d'expérience.

QUIC (*Quick UDP Internet Connection*) : QUIC est un protocole expérimental transportant les données sur de l'UDP, développé et utilisé par Google dans le but de diminuer le temps de chargement des pages web.

Formation RDPI (*Formation de Règlement des Différends, de Poursuite et d'Instruction de l'Arcep*) : formation de l'Arcep composée de quatre membres du collège de l'Autorité dont le président qui statue sur les décisions en matière d'enquête prises sur le fondement des articles L. 5-9 et L. 32-4 du code des postes et des communications électroniques, sur les décisions de règlement des différends ainsi que sur les décisions ayant trait à l'exercice des poursuites dans le cadre de la procédure de sanction (ouverture, mise en demeure, notification des griefs ou non-lieu à poursuivre, mesures conservatoires).

SI (*Système d'Information*) : ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et diffuser de l'information.

Slow start (*démarrage lent*) : algorithme du protocole TCP qui consiste à augmenter progressivement le débit au cours du téléchargement.

Sonde matérielle : outil de mesure de QoS et/ou QoE qui prend souvent la forme d'un boîtier à connecter à la box du FAI *via* un câble Ethernet. La sonde matérielle teste généralement de manière passive et automatique la ligne internet.

TCP (*Transmission Control Protocol*) : protocole de transport fiable, en mode connecté, développé en 1973. En 2018, la majeure partie du trafic sur internet utilise le protocole TCP, au-dessus du protocole IPv4 ou IPv6.

Testeur web : outil de mesure de QoS et/ou QoE accessible depuis un site internet.

Tier 1 : réseau capable de joindre tous les réseaux internet par une interconnexion directe (*peering*) sans avoir de transitaire. En 2018, 18 opérateurs sont *Tier 1* : AT&T, CenturyLink/Level 3, Cogent Communications, Deutsche Telekom AG, Global Telecom & Technology, Hurricane Electric, KPN International, Liberty Global, NTT Communications, Orange, PCCW Global, Sprint, Tata Communications, Telecom Italia Sparkle, Telxius/Telefónica, Telia Carrier, Verizon Enterprise Solutions, Zayo Group.

TRAI (Telecom Regulatory Authority of India) : l'Autorité de régulation des communications électroniques en Inde.

Transitaire : opérateur de transit.

Transit : bande passante vendue par un opérateur à un opérateur client, qui permet d'accéder à la totalité de l'internet dans le cadre d'un service contractuel et payant.

UDP (User Datagram Protocol) : protocole de transport simple, sans connexion (aucune communication préalable n'est requise) qui permet de transmettre rapidement de petites quantités de données. Le protocole UDP s'utilise au-dessus du protocole IPv4 ou IPv6.

UFC-Que choisir (Union Fédérale des Consommateurs) : association ayant pour objet d'informer, de conseiller et de défendre les consommateurs.

VPN (Virtual Private Network) : connexion inter-réseau permettant de relier deux réseaux locaux différents par un protocole de tunnel.

WAN (Wide Area Network) : dans le chapitre 1, le réseau WAN désigne le réseau internet par opposition au réseau LAN.

xDSL (Digital Subscriber Line) : réseau de télécommunications physique à haut débit utilisant la paire de cuivre du téléphone. La norme ADSL2+ et VDSL2 sont les normes xDSL les plus utilisées en France.

Zero-rating : pratique tarifaire consistant à ne pas décompter du forfait data du client final le volume de données consommé par une ou plusieurs applications particulières.

4G box : box qui offre une connexion internet haut débit *via* le réseau 4G.

802.11ac : standard de transmission sans fil de la famille Wi-Fi, normalisé par l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) en 2014. En 2018, 802.11ac est le Wi-Fi normalisé le plus performant.

Annexes

I. CODE DE CONDUITE VBÊTA

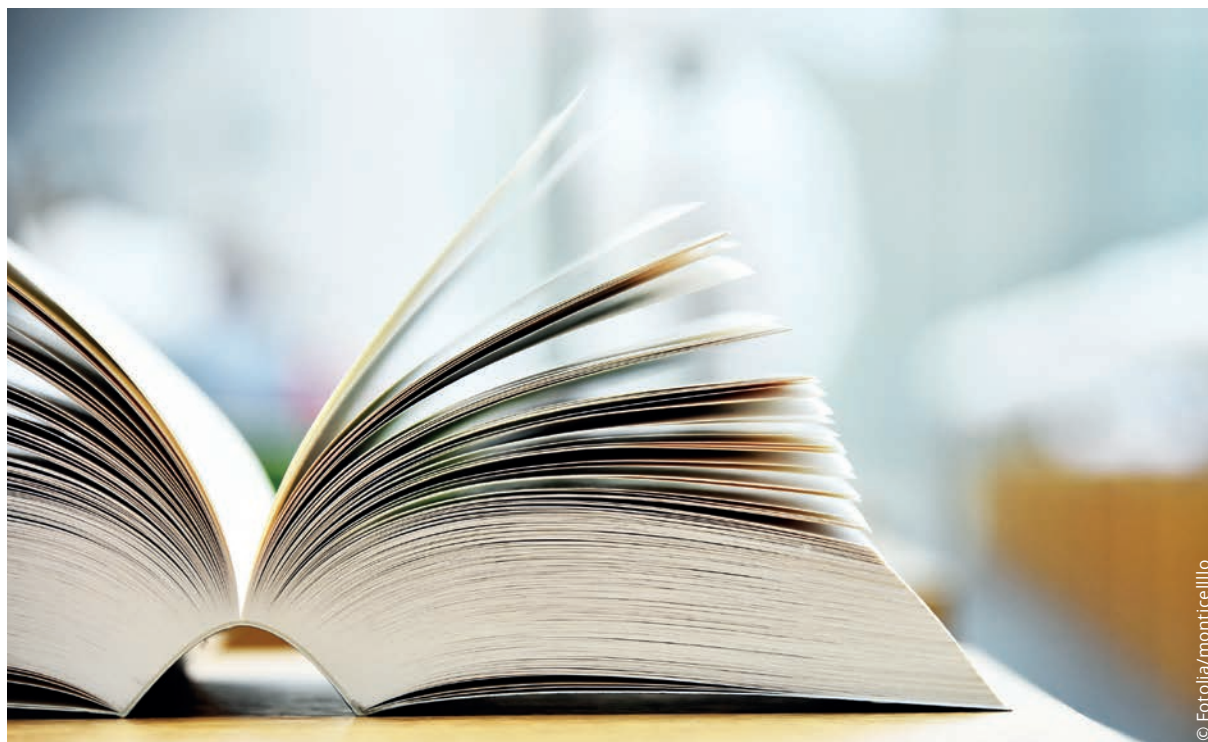
Il semble indispensable à l'Arcep que les publications éventuelles des outils de *crowdsourcing* s'accompagnent d'une transparence sur les choix réalisés afin que toute personne tierce puisse expliquer les résultats obtenus et les potentielles différences observées d'une publication à une autre. Par ailleurs, si la plupart des choix réalisés présentent un intérêt, certaines pratiques semblent plus discutables et gagneraient à être modifiées.

Ainsi, l'Arcep aimerait établir un « code de conduite » à destination des acteurs de la mesure de la qualité de service et d'expérience de l'internet qui comporterait deux volets :



- une liste de « critères de transparence » indispensables à la compréhension des résultats d'une publication sur la mesure de la qualité de l'internet, qui devrait accompagner toute publication de résultats ;

- une liste des bonnes pratiques que l'Arcep souhaiterait voir associées aux techniques de mesure utilisées.

L'Arcep envisage un code de conduite évolutif, c'est-à-dire qui intègre au fur et à mesure des versions de nouveaux critères de transparence et les nouvelles bonnes pratiques identifiées. En effet, ce code de conduite bêta présente les critères de transparence et des bonnes pratiques qui découlent directement des avancées sur les chantiers B et C. La poursuite de ces chantiers ainsi que les autres chantiers actuellement en cours de cadrage mais tout autant essentiels (représentativité statistique, lutte contre la fraude, etc.) viendront enrichir les versions futures de ce code.





1.1. Méthodologie de mesure des indicateurs techniques (débits, latence)

	CRITÈRES DE TRANSPARENCE	EXEMPLES	BONNES PRATIQUES ASSOCIÉES
DÉBIT 	Protocole de mesure	TCP, UDP	-
	Port(s) utilisé(s)	80, 443, 8080, 8443	-
	Nombre de <i>threads</i> utilisés	<i>Monothread</i> ou <i>multithread</i> (nombre exact de <i>threads</i>)	-
	Temps de test ou volume de data téléchargé	Arrêt dès qu'une des deux limites est atteinte : 10 secondes ou 500 Mo	Temps de test > 7 secondes
	Chiffrement du flux	Non chiffré, sslv3, tls1.2	-
	Prise en compte du <i>slow start</i>	Exclusion des 2 premières secondes de test, prise en compte du <i>slow start</i>	-
	Protocole IP utilisé lors du test	IPv4 uniquement, IPv6 sur demande, IPv6 systématiquement si disponible de bout en bout	-
Explicitation du(des) indicateur(s) affiché(s)	Capacité, débit moyen, débit médian, débit en régime établi, débit au 90 ^e centile	-	
LATENCE 	Protocole de mesure	TCP, UDP, ICMP	-
	Port(s) utilisé(s)	80, 443, 8080, 8443	-
	Nombre d'échantillons	1, 2, 5, 10, 30 tests	Nombre d'échantillons au moins égal à 10
	<i>Time out</i>	<i>Time out</i> de 2 ou 10 secondes, pas de <i>time out</i>	-
	Chiffrement du flux	Non chiffré, sslv3, tls1.2	-
	Protocole IP utilisé lors du test	IPv4 uniquement, IPv6 sur demande, IPv6 systématiquement si disponible de bout en bout	-
	Explicitation du(des) indicateur(s) affiché(s)	Latence minimum, latence moyenne, latence au 10 ^e centile	-

Un test de débit d'une durée trop limitée pourrait affecter sa représentativité puisqu'il mesurerait alors uniquement le débit pendant sa période de montée en puissance liée à l'utilisation du protocole TCP (*slow start*).

Concernant la mesure de la latence, un nombre d'échantillons minimum est indispensable afin de garantir une plus grande fiabilité de la mesure de cet indicateur très variable en fonction d'un état donné du réseau.


1.2. Méthodologie de mesure des indicateurs d'usage (navigation web, lecture de vidéo en *streaming*)

	CRITÈRES DE TRANSPARENCE	EXEMPLES	BONNES PRATIQUES ASSOCIÉES
NAVIGATION WEB 	Sélection et nombre de sites testés	5 sites tirés au hasard parmi les 100 les plus populaires	-
	Prise en compte d'un <i>time out</i>	<i>Time out</i> de 5, 10, 15 secondes, pas de <i>time out</i>	<i>Time out</i> de moins de 20 secondes
	État du cache	Cache vide ou en l'état	-
	Explicitation du(des) indicateur(s) affiché(s)	Chargement de toute la page ou seulement des éléments dans le nom de domaine, exclusion des publicités	-
LECTURE DE VIDÉO EN STREAMING 	Sélection des vidéos testées	Vidéo la plus populaire du pays qui a une résolution d'au moins 720p	-
	Nombre de <i>threads</i> utilisés	<i>Monothread</i> ou <i>multithread</i> (nombre exact de <i>threads</i>)	-
	Protocole du test de vidéo	HTTP, HTTPS, QUIC	-
	Chiffrement du flux	Non chiffré, sslv3, tls1.2	Même chiffrement que celui proposé par défaut sur la plateforme testée
	Longueur du test de vidéo	Test de 30 secondes, deux fois 10 secondes	-
	Résolution(s) de la(des) vidéo(s)	1 ^{er} vidéo à 360p et seconde vidéo à 1080p	-
	Explicitation du(des) indicateur(s) affiché(s)	Nombre de coupures, temps de chargement avant lecture	-

Un *time out* trop long pourrait notamment avoir pour conséquence d'augmenter artificiellement la moyenne des temps de chargement des pages web lorsque le service ne répond pas.

Enfin, il semble pertinent que l'indicateur de lecture de vidéo en *streaming* corresponde à la réalité des usages en utilisant le même chiffrement que celui proposé par défaut par la plateforme effectivement testée.

1.3. Caractéristiques des mires de test

	CRITÈRES DE TRANSPARENCE	EXEMPLES	BONNES PRATIQUES ASSOCIÉES
	Localisation des mires	Dans le réseau des FAI, à l'IXP, chez un <i>Tier 1</i>	-
	Méthode de sélection de la mire de test	Aléatoire, pour minimiser la distance géographique, pour minimiser la latence, pour maximiser le débit, utilisation de l'anycast	-
MIRES DE TEST 	Capacité des mires en Mbit/s ou Gbit/s	1 Gbit/s	Exclusion des tests dont la mire est le facteur limitant (a minima la mire doit avoir une capacité d'au moins 2 fois celle de la ligne testée)
	Possibilité de réaliser des tests IPv6 avec la mire	Oui, non	-
	Port(s) de test proposé(s) par la mire	80, 443, 8080, 8443	-
	Optimisation de la pile TCP/IP	Oui, non	-

Il est possible, en cas de tests simultanés sur une même mire ou de test de très haut débit, que la capacité de la mire soit le facteur limitant du débit calculé. Dans ce cas, il semble pertinent de ne pas tenir compte de ces tests. L'Arcep ayant conscience qu'il n'est pas toujours aisé d'obtenir directement la capacité du serveur, il semble néanmoins important d'être capable d'identifier ces tests *a posteriori* pour les exclure des éventuelles publications.

2. DÉTAILS DE LA SOLUTION EXPLICITÉE, DANS LE CHANTIER A « CARACTÉRISATION DE L'ENVIRONNEMENT UTILISATEUR »

2.1. Implémentation d'une API « carte d'identité de l'accès » permettant à la box de fournir des informations aux outils de mesure

Dans cette première partie de solution, l'outil envoie une requête HTTP GET à la box, à laquelle la box répond par les informations qu'elle connaît à l'instant t dans un format à définir. À savoir, pour la plupart des opérateurs à ce stade :

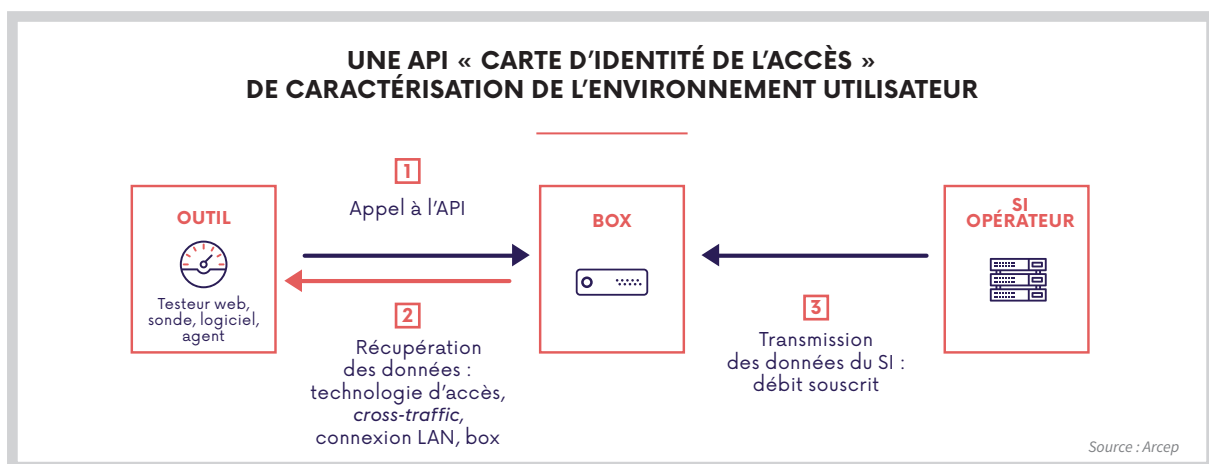
- la technologie (Re-ADSL2, ADSL2+, VDSL2, câble, FTTH, radio 4G, satellite);
- le débit de synchronisation (dans le cas des lignes xDSL);
- le débit du port WAN de la box (dans le cas des lignes FTTH dont l'ONT est externe);
- le compteur de trafic sur le port WAN: l'outil appellera cette fonction afin de vérifier si l'incrément du compteur WAN correspond au volume de data utilisé par le test, ou au contraire s'il y a eu du *cross-traffic*;
- le type de connexion (Ethernet, Wi-Fi et CPL si la box est en mesure de le détecter);
- dans le cas d'une connexion LAN en Wi-Fi, les informations sur le signal Wi-Fi (bande de fréquence, protocole 802.11, largeur de canal);

- dans le cas d'une connexion Ethernet, le débit du port LAN utilisé;
- dans le cas d'une connexion CPL, si la box est en mesure de remonter cette information le débit négocié;
- les informations sur les caractéristiques de la box (marque, modèle, version hardware, version *software*).

2.2. Implémentation d'une API permettant au système d'information des FAI de transférer les informations manquantes à la box

Si la box requêtée ne possède pas en local les informations ci-dessous, le SI de l'opérateur lui transférera *via* une API les informations sur l'offre commerciale (pour le câble, le FTTH et le satellite uniquement), *a minima* le(s) débit(s) souscrit(s).

Cette solution permet à la fois de laisser le choix aux FAI de la meilleure façon de transférer ces informations à la box et d'offrir une interface unique aux outils qui souhaitent caractériser leur test. Le *provisionning* devra s'effectuer suffisamment fréquemment pour que les informations remontées soient le plus à jour possible.



Ce document a été réalisé par l'Arcep

DIRECTION « INTERNET ET UTILISATEURS »

Zacharia ALAHYANE, directeur

Unité « Internet ouvert »

Laura LÉTOURNEAU, cheffe de l'unité

Pierre DUBREUIL, Boris GARTNER, Vivien GUEANT et Samih SOUISSI, chargés de mission

DIRECTION « ÉCONOMIE, MARCHÉS ET NUMÉRIQUE »

Stéphane LHERMITTE, directeur

Unité « Analyse économique et intelligence numérique »

Jennifer SIROTEAU, cheffe de l'unité

Hélène BOUT, chargée de mission

Vincent TOUBIANA, chargé de mission

DIRECTION « MOBILE ET INNOVATION »

Rémi STEFANINI et Anne LAURENT, directeurs

Unité « Couverture et investissements mobiles »

François PHILIPPONNEAU, chef de l'unité

Arnaud COMERZAN, chargé de mission

DIRECTION « COMMUNICATION ET PARTENARIATS »

Clémentine BEAUMONT, directrice

Jean-François HERNANDEZ, adjoint à la directrice

Anne-Lise LUCAS, chargée de mission

DIRECTION « AFFAIRES JURIDIQUES »

Élisabeth SUEL, directrice

Unité « Infrastructures et réseaux ouverts »

Agate ROSSETTI, cheffe de l'unité

Annabel GANDAR et Rémy MAECKER, chargés de mission

Un grand merci à...

Toutes les personnes consultées et auditionnées, pour leur dynamisme et leur contribution précieuse au présent rapport.

Afnic

Stéphane BORTZMEYER

ASSIA

Djamel BOUSABER
John CIOFFI

Bouygues Telecom

Laurent BONNET
Stéphane DE BOYSSON
Éric GILBERT

Case on IT

Agustin BATIZ
François MENDIBURU
Luis MOLINA

Cedexis

Arnaud BECART
Manuel CRACIUN

CNES

Arnaud DERALECOURT
Patrick GELARD
Sandrine LAFONT

Direction centrale de la police judiciaire

Adeline CHAMPAGNAT

Directique

Olivier BRUNOT

Europol

Gregory MOUNIER

FirstHeberg

Jérémy MARTIN

Fondation Getulio Vargas

Luca BELLI

Free

François de NANTEUIL
Marie LAMOUREUX

FRnOG

Philippe BOURCIER

Gemalto

Céline FRICHE

INC

Thierry MARTIN

Inria

Renata TEIXEIRA
Isabelle CHRISMENT

Institut Mines-Télécom

Bruno STEVANT

ip-label

Benoit BOIREAU
Laurent GOU
Alain PETIT
Éric VARSZEGI

KRY

Jonathan ARDOUIN

Google

Élisabeth BARGES
Benoît TABAKA

M-lab

Collin ANDERSON

Mozilla

Amba UTTARA KAK

Northeastern University

David CHOFFNES

nPerf

Renaud KERADEC
Anthony SAFFROY

Ookla

Adam ALEXANDER
Marc VON HOLZEN

Orange

Joseph PELAT
Régis COUTIER
Laurence PAUMARD
Anne-Jeanne SCHOTT

QoSi

Hazar AOUAD
Julie MONCORGER
Thierry MONCORGER
Fabien RENAUDINEAU

Replicant

Paul KOCIALKOWSKI

SamKnows

Sam CRAWFORD
Lucy DAVIES

SFR

Gabriel AUBERT
Frédéric DEJONCKHEERE
David GAVARRET
Antoine LEGAY
Guillaume RICHARD

UFC-Que Choisir

Antoine AUTIER

V3D

Philippe VIAL-GRELIER

Publication
Arcep
7, square Max Hymans – 75730 Paris Cedex 15
01 40 47 70 00 – www.arcep.fr

Création-réalisation
www.kazaor.fr

Juin 2018

