

ÉDITION
2022

RAPPORT D'ACTIVITÉ

L'état d'internet en France

TOME 3

RAPPORT D'ACTIVITÉ

L'état d'internet en France



Édito



Par Laure
de La Raudière,
Présidente de l'Arcep

POUR UN NUMÉRIQUE SOUTENABLE

3

Aujourd'hui, chaque acte de notre vie quotidienne s'inscrit dans une perspective où le numérique est omniprésent.

Cette révolution dans les usages d'internet s'accompagne néanmoins de nouveaux enjeux de société. Le premier défi est bien évidemment celui de la connectivité à très haut débit pour tous et partout, pour qu'il n'y ait pas de territoire en fracture numérique. Ce sont les objectifs du Plan national Très Haut Débit et du *New Deal*, dont l'Arcep mesure régulièrement les avancées.

Le deuxième est celui de l'inclusion de tous dans les usages quotidiens du numérique, pour ne laisser personne isolé faute d'une maîtrise insuffisante des outils numériques ou de moyens financiers pour s'équiper.

Le troisième défi, et non des moindres, est celui de l'impact environnemental lié à l'explosion des nouveaux usages numériques.

La situation d'urgence climatique que nous connaissons nous oblige à repenser, individuellement et collectivement, notre façon de nous déplacer, de consommer, d'évaluer, de choisir.

C'est d'autant plus complexe qu'il y a véritablement deux effets opposés du numérique sur l'environnement. D'un côté, le numérique peut permettre de réduire l'empreinte environnementale d'autres secteurs : la visioconférence peut limiter les déplacements ; la réduction de la consommation d'intrants en agriculture s'opère grâce à des capteurs connectés ; des économies de papier sont possibles avec le stockage de documents dématérialisés, etc.

De l'autre, le secteur représente aujourd'hui 2,5 % de l'empreinte totale de la France et elle pourrait atteindre 7 %, avec une croissance de 60 % d'ici 2040, notamment en raison de l'explosion des objets connectés.

Consciente de ce défi, l'Arcep a entamé depuis 2019 une démarche constructive autour de ces sujets afin d'éclairer les choix des acteurs, des pouvoirs publics et des utilisateurs.

Après la publication du rapport « Pour un numérique soutenable » en 2020, cette réflexion s'est poursuivie au travers de divers ateliers et travaux, notamment avec l'ADEME. En octobre 2021, l'Arcep a réuni à l'occasion d'un webinaire l'ensemble des associations, institutions, opérateurs, entreprises du numérique, ou encore experts du sujet, afin de faire un point d'étape. À cette occasion, j'ai réaffirmé l'ambition de l'Arcep de conjuguer développement des usages et réduction de l'empreinte environnementale.

Grâce aux données collectées en 2020 et 2021 auprès des opérateurs, l'Arcep a publié la première édition de son enquête annuelle « Pour un numérique soutenable ». Les travaux d'analyse de ces données ont permis de restituer des premières informations : les réseaux mobiles sont 2 fois plus énergivores que les réseaux fixes, et le réseau fibre est 4 fois plus sobre énergétiquement que celui du cuivre, par abonné.

La loi du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique a étendu le pouvoir de collecte de l'Arcep aux autres acteurs du numérique (centres de données, fabricants de terminaux, etc.), ce qui nous permettra d'enrichir notre enquête annuelle dans le futur.

Par ailleurs, depuis 2020, l'Autorité joue un rôle moteur au sein de l'organe rassemblant les régulateurs télécoms européens, le BEREC, sur les sujets environnementaux, en assurant la co-présidence du groupe « Sustainability ». Grâce à cette action,

le BEREC a présenté le 16 mars 2022 son premier rapport sur l'empreinte environnementale du numérique, et invité les parties prenantes à contribuer à la consultation publique dédiée.

Parmi les autres défis auxquels nous sommes confrontés en raison de la révolution numérique, figure également l'omniprésence des « Big Tech ». Ces acteurs sont en mesure de déterminer quels contenus et services peuvent être mis en ligne et à quelles conditions les utilisateurs peuvent y accéder. L'Arcep alerte depuis plusieurs années sur le rôle structurant, sur internet et au-delà, d'un nombre restreint d'acteurs du numérique et sur la nécessité de les réguler.

« Conjuguer développement des usages et réduction de l'empreinte environnementale »

C'est la raison pour laquelle l'Arcep s'est fortement impliquée, notamment au sein du BEREC, pour contribuer au travail sur le règlement européen, le *Digital Markets Act*. L'Autorité se réjouit de sa récente adoption, permettant d'établir des obligations *ex ante* à l'égard des grands acteurs incontournables.

Plus que jamais, l'Arcep et ses équipes sont mobilisées pour que les utilisateurs bénéficient d'accès à internet de qualité et pour leur restituer toutes les informations disponibles et fiables, notamment sur l'empreinte environnementale du numérique.

Sommaire

INTRODUCTION

Les faits marquants de l'Arcep en 2021 6

PARTIE 1

10

ASSURER LE BON FONCTIONNEMENT D'INTERNET

CHAPITRE 1

Améliorer la mesure de la qualité d'internet 11

CHAPITRE 2

Superviser l'interconnexion de données 33

CHAPITRE 3

Accélérer la transition vers IPv6 45

PARTIE 2

62

VEILLER À L'OUVERTURE D'INTERNET

CHAPITRE 4

Garantir la neutralité d'internet 63

CHAPITRE 5

Contribuer à la régulation des plateformes « gatekeepers » 76

PARTIE 3

82

AGIR FACE AU DÉFI ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE

CHAPITRE 6

Encourager un numérique soutenable 83

LEXIQUE

92

ANNEXE : PRINCIPAUX CODECS VIDÉOS

96

5

23 FÉVRIER

Environnement

La feuille de route « Numérique et Environnement » du Gouvernement confiée à l'Autorité la réalisation d'une étude sur le renouvellement des terminaux mobiles et un travail de réflexion sur la prise en compte des enjeux environnementaux dans l'attribution de la bande de fréquences 26 GHz. Elle réaffirme le rôle de l'Arcep sur le numérique soutenable avec l'étude ADEME/Arcep de mesure de l'empreinte environnementale du secteur et la création d'un baromètre environnemental du numérique.

PRINTEMPS

Régulation des plateformes

Au sein du BEREC, le groupe des régulateurs télécoms européens, l'Arcep organise et anime 2 ateliers autour du *Digital Markets Act* (DMA) avec des hauts représentants de la Commission européenne, le député européen rapporteur sur le DMA, ainsi qu'un panel d'experts, de représentants de plateformes concurrentes, d'utilisateurs professionnels, d'associations de consommateurs et de la société civile. Environ 250 participants y assistent.



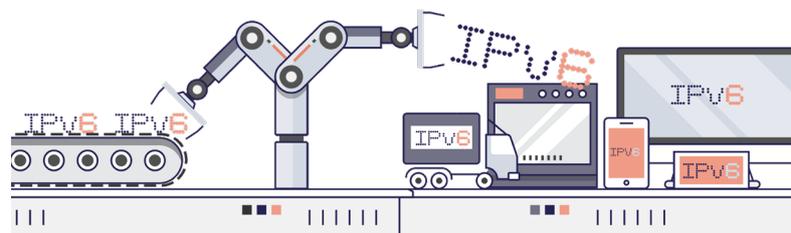
LES FAITS MARQUANTS DE L'ARCEP EN 2021

19 MAI

Transition vers IPv6

Le BEREC, organise un *workshop* public sur le déploiement d'IPv6 en Europe. L'occasion de montrer la grande disparité entre pays européens dans le déploiement d'IPv6 et l'intérêt d'accélérer la transition pour une meilleure connectivité, soutenir des marchés numériques durables et ouverts et donner le pouvoir aux utilisateurs finaux.

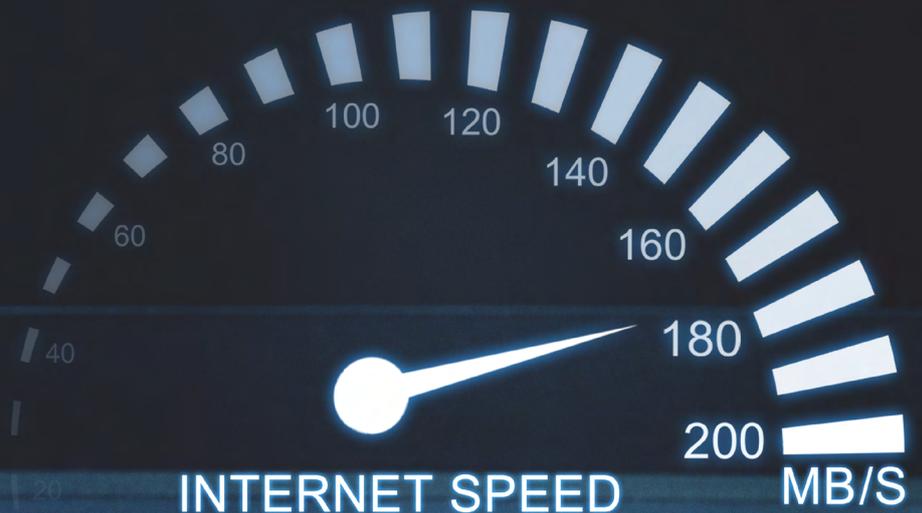
6



7 JUILLET

Qualité de service d'internet

À l'occasion de la publication du rapport sur l'état d'internet en France, l'Arcep publie la liste des acteurs de la mesure qui se sont déclarés conformes au Code de conduite de la qualité de service d'internet publié en 2020 par l'Arcep.



12 JUILLET

Environnement

L'Arcep remet au Gouvernement un rapport sur le renouvellement des terminaux mobiles et les différents modèles de distribution.



17 JUILLET

Qualité de service d'internet

Les principaux opérateurs présentent à l'Arcep une box de développement avec l'API « carte d'identité de l'accès » implémentée conformément aux dispositions de la [décision de l'Arcep n°2019-1410](#).



2 SEPTEMBRE

Internet ouvert

La Cour de justice de l'Union européenne rend 3 arrêts en interprétation du règlement internet ouvert relatifs à la conformité des pratiques de *zero-rating* au règlement internet ouvert.



7

30 SEPTEMBRE

Régulation des plateformes

Le BEREC publie des propositions dans un rapport sur la régulation *ex ante* des plateformes dites « *gatekeepers* » avec pour objectifs de promouvoir la concurrence entre plateformes, protéger les intérêts des utilisateurs finaux, traiter les problèmes identifiés de façon proportionnée et sur mesure, ainsi que d'assurer la mise en œuvre d'une régulation efficace via un système de gouvernance renforcé. Ces propositions sont soumises à consultation publique et globalement bien accueillies par les différents acteurs concernés.

SEPTEMBRE

Internet ouvert

L'Arcep participe à la révision des lignes directrices du BEREC suite aux arrêts de la Cour de justice de l'Union européenne. Celles-ci ont été publiées en juin 2022.



DE SEPTEMBRE À DÉCEMBRE

Qualité de service mobile

L'Arcep pilote sa campagne 2021 de mesure de la qualité de service mobile en outre-mer, reposant sur plus de 400 000 mesures, sur les territoires de Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, La Réunion, Saint-Barthélemy et Saint-Martin, pour une dizaine d'opérateurs différents au total. La publication des résultats est intervenue en mars 2022.



4 OCTOBRE

Environnement

L'Arcep réunit lors d'un webinaire les participants à sa plateforme « Pour un numérique soutenable ». Étaient conviés à ce point d'étape : associations, institutions, opérateurs, entreprises du numérique et experts.

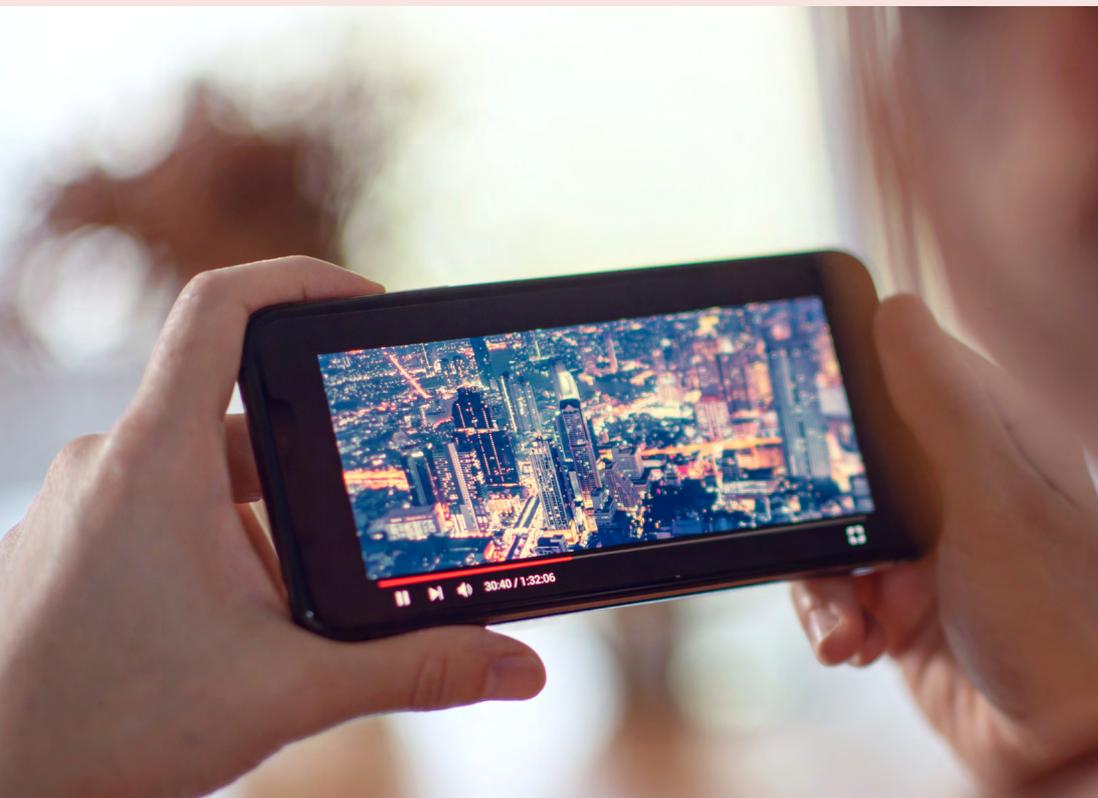


8

19 NOVEMBRE

Qualité de service mobile

L'Arcep publie les résultats de sa campagne de mesures 2021 : une nette progression de la qualité de service pour l'internet mobile est observée avec des débits descendants en 2G/3G/4G qui atteignent en moyenne 71 Mbit/s et des usages en navigation web et en *streaming* qui s'améliorent particulièrement en zones rurales. Pour la première fois, l'Arcep a réalisé des mesures avec des forfaits et des mobiles 5G.



29 NOVEMBRE

Transition vers IPv6

L'Arcep met en ligne l'édition 2021 de son baromètre de la transition vers IPv6 : la France améliore son classement mondial et européen en termes de taux d'utilisation de ce protocole. L'Arcep publie également le deuxième guide de la task-force IPv6 « Entreprises : comment passer à IPv6 ».



23 DÉCEMBRE

Environnement

La loi visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep est adoptée. Le texte étend le pouvoir de collecte de données environnementales de l'Arcep à de nombreux acteurs du numérique (fabricants de terminaux, fournisseurs de contenu et d'applications, fournisseurs de systèmes d'exploitation, opérateurs de centres de données et équipementiers de réseaux).

FIN 2021

Interconnexion de données

Grâce à la collecte d'information sur l'interconnexion et l'acheminement de données qu'elle réalise, l'Arcep publie la mise à jour 2021 de son baromètre de l'interconnexion en France.

9



FIN 2021

Internet ouvert

En 2021, l'application Wehe mise à disposition des utilisateurs par l'Arcep pour détecter les bridages de flux et de ports internet a été utilisée plus de 144 000 fois et 295 signalements relatifs à la neutralité du net ont été remontés via la plateforme « J'alerte l'Arcep ».

PARTIE 1

Assurer le bon fonctionnement d'internet

10

- **CHAPITRE 1**
Améliorer la mesure de la qualité d'internet
- **CHAPITRE 2**
Superviser l'interconnexion de données
- **CHAPITRE 3**
Accélérer la transition vers IPv6

AMÉLIORER LA MESURE DE LA QUALITÉ D'INTERNET

À retenir

À l'été 2022, les opérateurs auront déployé

L'API « carte d'identité de l'accès »

sur la plupart des box récentes

19 outils

de mesure se sont déclarés conformes à la version 2020 du Code de conduite de la qualité de service d'internet

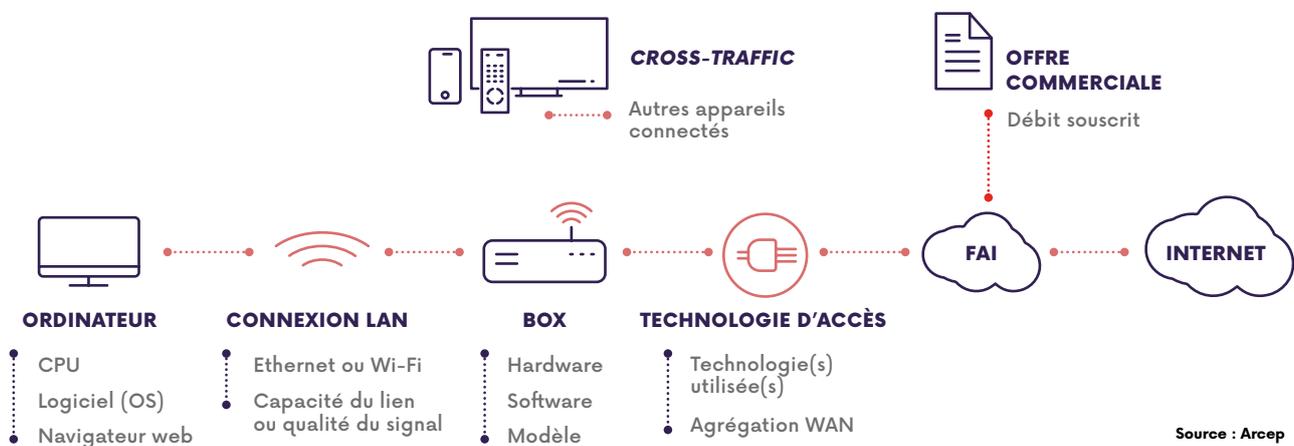
La qualité du service de données mobiles s'améliore encore nettement : le débit moyen en France métropolitaine atteint

71 Mbit/s
en 2021

La qualité de service internet dépend d'abord de la montée en débit des infrastructures, notamment au travers du déploiement de la fibre sur le fixe et des technologies 4G et 5G sur le mobile. Afin de permettre aux utilisateurs de faire des choix plus éclairés quand il s'agit d'opter pour un opérateur, l'Arcep met ainsi à disposition des utilisateurs l'outil « [Ma connexion internet](#) » qui permet de connaître les technologies et les débits disponibles pour une adresse donnée.

Si les déploiements permettent aux opérateurs de proposer toujours plus de débit dans leurs offres internet, les usages évoluent également et pour certains sont sensibles au débit disponible. De nombreux clients souhaitent donc mesurer la qualité de service dont ils disposent à domicile, mais aussi en mobilité.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT UTILISATEUR



1. Les biais potentiels de la mesure de la qualité de service

Aujourd'hui, les utilisateurs peuvent facilement faire remonter leurs mesures de la qualité de service (QoS) de leur accès internet via des outils de test dits « en *crowdsourcing* ».

Néanmoins, un grand nombre de caractéristiques techniques ou d'usage ont une influence sur la mesure et il est très difficile de savoir si une mauvaise qualité mesurée est due au réseau d'accès du fournisseur d'accès à internet (FAI), à la qualité du Wi-Fi et/ou à l'utilisation parallèle d'autres appareils connectés au réseau local lors du test.

« L'environnement utilisateur » est le premier facteur qui peut affecter le résultat d'une mesure lors d'un test. Le schéma p. 11 récapitule les caractéristiques principales de l'environnement utilisateur pouvant avoir une influence sur le résultat.

D'autres caractéristiques (emplacement et capacité de la mire de test, méthodologie de mesure de l'outil de test) peuvent également être facteurs de biais lors de la mesure de la qualité de service. Les biais potentiels sont développés dans les sections suivantes.

2. La mise en place de l'API dans les box pour caractériser l'environnement utilisateur

2.1. Présentation de l'API « carte d'identité de l'accès »

Alors que sur les réseaux mobiles les applications de test de débit sont à même d'identifier l'environnement utilisateur (technologie radio, intensité du signal, etc.), sur les réseaux fixes, la mesure de la qualité de service est particulièrement complexe : il est à ce jour quasi impossible techniquement pour un outil de mesure (souvent appelé « *speed-test* ») de connaître avec certitude la technologie d'accès (cuivre, câble, fibre, etc.) sur laquelle a été réalisé un test. Ce manque de caractérisation de la mesure, qui ne permet pas d'isoler des facteurs susceptibles de modifier fortement les résultats, rend les données difficilement exploitables, voire, dans certains cas, induit en erreur le consommateur.

Dans ce contexte, l'Arcep a lancé en 2018 un vaste chantier sollicitant toutes les parties prenantes afin de résoudre les difficultés de mesure de la qualité de service des réseaux fixes. Cette démarche de co-construction¹ initiée par l'Arcep implique une vingtaine d'acteurs dont des outils de mesure en *crowdsourcing*, des opérateurs, des organismes de protection des consommateurs et des acteurs académiques. Pour permettre aux acteurs de la mesure de mieux caractériser l'environnement utilisateur, l'écosystème a convergé vers la mise en place d'une API (*Application Programming Interface*) accessible aux outils de mesure qui respectent le Code de conduite publié par l'Arcep². Cette interface logicielle permettra de transmettre les informations qui constituent la « carte d'identité de l'accès ».

L'API « carte d'identité de l'accès » a pour objectif de caractériser l'environnement de la mesure. Cette API sera accessible à des outils de mesure en *crowdsourcing* utilisés par les usagers pour évaluer le débit ou plus généralement la qualité de service de leurs accès internet. Sollicitée uniquement lorsque l'utilisateur initie un test de débit, et sous son contrôle, l'API renseignera l'outil de mesure sur une série d'indicateurs techniques, tels que le type de box, la technologie d'accès à internet, les débits montants ou descendants contractuels.

À partir de juillet 2022, l'API sera implémentée et activée dans les box suivantes :

- **Bouygues Telecom :**
 - Bbox Wi-Fi 6E FttH (Bbox F@st 5688b-v2) à partir de septembre 2022
 - Bbox Wi-Fi 6 FttH (Bbox F@st 5688b)
 - Bbox Wi-Fi 5 FttH / xDSL (Bbox F@st 5330b-r1)
 - Bbox Wi-Fi 4 FttH / xDSL (Bbox F@st 5330b)
- **Free :**
 - Freebox Pop FttH / xDSL (Wi-Fi 5)
 - Freebox Delta FttH / xDSL (Wi-Fi 6E)
 - Freebox Delta FttH / xDSL (Wi-Fi 5)
 - Freebox One FttH / xDSL (Wi-Fi 5)
 - Freebox mini 4K FttH / xDSL (Wi-Fi 5)
 - Freebox Révolution Wi-Fi 5 FttH / xDSL
 - Freebox Révolution Wi-Fi 4 FttH / xDSL
- **Orange :**
 - Livebox v6 FttH (Wi-Fi 6E)
 - Livebox v5 FttH (Wi-Fi 5)
 - Livebox v4 FttH / xDSL (Wi-Fi 5)
- **SFR :**
 - SFR Box 8X Wi-Fi 6 FttH XGS-Pon (NB8 XGSPON)
 - SFR Box 8 Wi-Fi 6 FttH Gpon (NB8 FTTH)
 - SFR Box 8 Wi-Fi 6 Docsis (NB8 Docsis)
 - SFR Box 8 Wi-Fi 6 xDSL (NB8 xDSL)
 - Box Plus de SFR ou «SFR Box 7» Wi-Fi 5 FttH / xDSL (NB6VAC)
 - Modem THD AC Wi-Fi 5 Docsis (F@st 3686)
 - La Box THD 4K ou «La Box Fibre Zive» Wi-Fi 5 Docsis (La Box V3)
 - La Box THD V2 ou «La Box by Numericable V2» Wi-Fi 5 Docsis (La Box V2)
 - Box Évolution VDSL ou «Neufbox 6V» Wi-Fi 4 FttH / xDSL (NB6V et NB6V2)
 - Box Évolution ou «Neufbox 6» Wi-Fi 4 FttH / ADSL (NB6)

La liste mise à jour des modèles de box compatibles avec l'API est disponible sur le [site de l'Arcep](#).

L'Arcep encourage les opérateurs non soumis à la décision (opérateurs ayant moins d'1 million de clients, opérateurs fournissant des offres entreprises, etc.) à implémenter l'API dans leur parc de box.

Les modalités de fonctionnement de l'API prennent pleinement en compte les questions de respect et de protection de la vie privée des utilisateurs. D'abord, les données recueillies par l'API ne sont évidemment pas transmises à l'Arcep. Ensuite, aucune donnée liée à l'identification de l'utilisateur (identifiant, nom, localisation, etc.) n'est transmise par l'API aux outils de mesure. Enfin, l'API n'est sollicitée que lors d'un test de débit initié par l'utilisateur lui-même et ne répond pas aux sollicitations depuis internet.

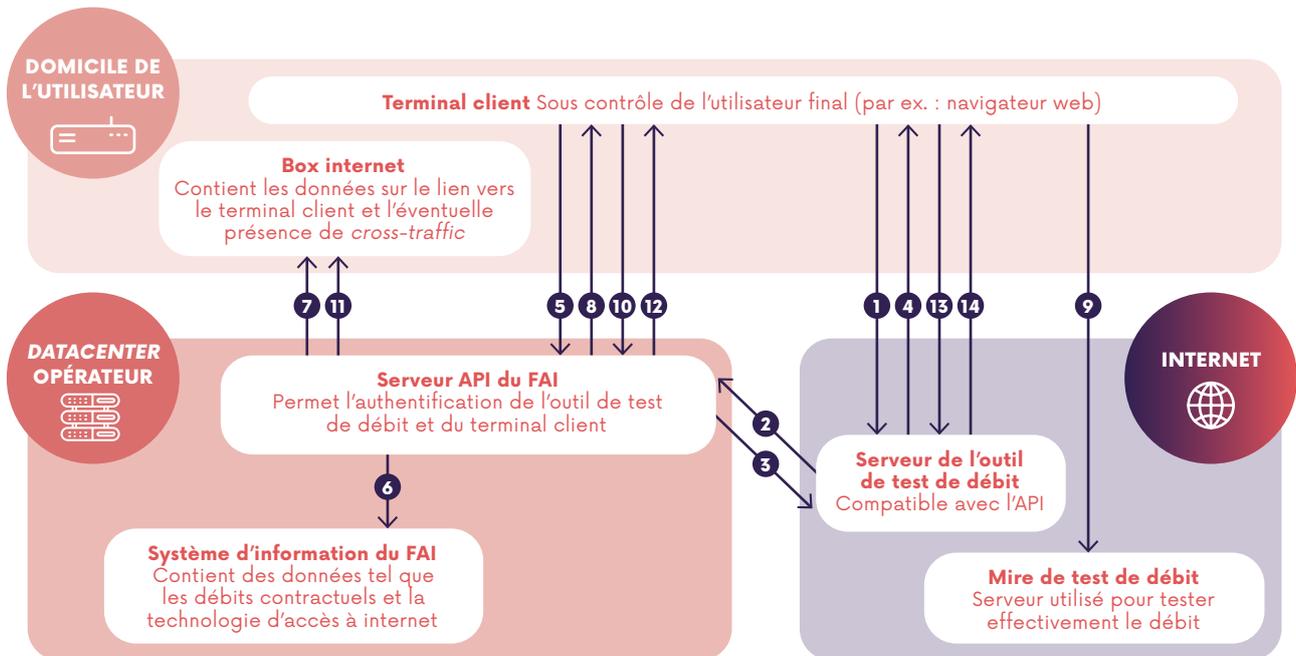
1. La démarche de co-construction de l'API est décrite dans le rapport 2018 sur l'état d'internet en France : [À retrouver ici](#).

2. Édition 2020 du Code de conduite de la qualité de service internet : [À retrouver ici](#).

Questionnée dans le cadre de cette démarche, la CNIL a pu s'assurer que le dispositif répondait dans son principe aux exigences en matière de protection des données personnelles tout en insistant sur l'importance du rôle de conseil de l'Arcep, notamment au travers du Code de conduite de la qualité de service internet, vis-à-vis des outils de mesure exploitant l'API.

Les résultats obtenus, désormais enrichis grâce à l'API, seront un nouveau pas dans l'amélioration de la mesure de la qualité de service des réseaux fixes.

FONCTIONNEMENT DE L'API « CARTE D'IDENTITÉ DE L'ACCÈS »



- 1 L'utilisateur se rend sur un site pour tester son débit et autorise un appel API
- 2 L'outil de test de débit s'authentifie et demande à l'opérateur un jeton, permettant à l'utilisateur d'interroger l'API
- 3 L'opérateur délivre à l'outil un jeton, qui permet au terminal client d'interroger l'API, en limitant la requête à l'IP du terminal client et à une durée de quelques minutes
- 4 Le terminal client récupère le jeton auprès de l'outil
- 5 Le logiciel sur le navigateur de l'utilisateur se connecte à l'API de son opérateur qui vérifie la validité du jeton
- 6 L'API interroge le système d'information pour récupérer une partie des données
- 7 L'API interroge la box de l'utilisateur, pour récupérer l'autre partie des données
- 8 Les données issues de l'API sont renvoyées au terminal de l'utilisateur
- 9 Le logiciel sur le navigateur de l'utilisateur lance un test de débit sur une mire, un serveur dédié à cet usage
- 10 Le logiciel sur le navigateur de l'utilisateur se connecte à l'API pour le second appel, destiné à savoir s'il y a eu du cross-traffic sur la ligne
- 11 L'API interroge la box de l'utilisateur, pour récupérer les données cross-traffic
- 12 Les données issues du second appel de l'API sont renvoyées au terminal client
- 13 Le logiciel sur le navigateur de l'utilisateur transmet le résultat du test de débit et les données de l'API aux serveurs de l'outil de test de débit
- 14 L'outil délivre une information enrichie à l'utilisateur

Source : Arcep

Comment fonctionne l'API ?

Le schéma ci-dessus décrit le fonctionnement de l'API lorsqu'un client initie un test de QoS avec un outil de test ayant accès à l'API. Deux appels à l'API sont réalisés : le premier juste avant le test de débit et le second juste après. Ces appels permettent de récupérer les différents indicateurs pour caractériser le lien entre le terminal de l'utilisateur et internet tout en s'assurant qu'il n'y a pas eu de *cross-traffic*, c'est-à-dire un trafic autre que celui mesuré (trafic d'un autre PC ou smartphone, box TV ou trafic lié à un autre programme sur le PC de test). Pour ce faire l'outil de mesure va comparer la quantité de données qu'il a envoyée et reçue sur internet à la quantité de données qui a été transmise sur internet par la box entre le premier et le second appel de l'API.

Quels sont les outils de mesure qui ont accès à l'API ?

L'API sera accessible aux outils de mesure qui se sont déclarés conformes au « Code de conduite de la qualité de service

internet » publié par l'Arcep. Les travaux sur le Code de conduite sont abordés p. 14.

L'API est-elle accessible depuis internet ?

Non, l'API est accessible uniquement depuis le réseau local de l'utilisateur final. L'appel de l'API doit être réalisé sur les serveurs du fournisseur d'accès à internet depuis l'adresse IP du client. Les requêtes provenant d'autres adresses IP sont rejetées afin de sécuriser le dispositif. C'est donc uniquement l'outil de test exécuté sur le terminal du client qui peut appeler l'API. De plus, un système de restriction d'accès est mis en place, afin que seuls les outils autorisés puissent accéder à l'API.

Quand l'API sera-t-elle disponible ?

En juillet 2022, l'API « carte d'identité de l'accès » sera implémentée et activée dans la quasi-totalité des box du parc concerné par la décision de l'Arcep.

CALENDRIER DE DÉPLOIEMENT DE L'API



* Journal officiel de la République française

Source : Arcep

2.2. La poursuite des travaux de co-construction dans le cadre du comité de suivi API

Depuis la publication de la décision, l'Arcep a réuni régulièrement opérateurs et outils de mesure en *crowdsourcing* dans un comité de suivi de l'API afin d'en préciser les spécifications. 5 groupes de travail ont été mis en place :

1. Modalités d'implémentation de l'API (architecture, mécanismes d'autorisation, etc.) ;
2. Définition du processus d'accès à l'API pour les outils de mesure ;
3. Design de l'API ;
4. Qualité des données remontées par l'API ;
5. Mise en œuvre des règlements RGPD et *ePrivacy*.

Le comité de suivi de l'API continuera de se réunir pour suivre la mise en production de l'API avec les outils de mesure. Les échanges pourraient également se poursuivre sur l'amélioration de l'information utilisateur et des publications agrégées permises par l'API.

3. Vers des méthodologies de mesure toujours plus transparentes et robustes

3.1. Présentation du Code de conduite 2020 de l'Arcep

À l'instar des caractéristiques de l'environnement utilisateur, les méthodologies de mesure sont également des facteurs ayant une forte influence sur le résultat des mesures de qualité de service. En effet, la bonne compréhension de la nature des tests réalisés par ces outils, de leurs limites, mais aussi la façon dont sont présentés les résultats sont essentielles pour que les utilisateurs puissent réaliser leurs tests dans les meilleures conditions et en interpréter correctement les résultats.

L'Arcep avait identifié en 2017 le besoin d'une plus grande transparence des méthodologies de mesure. Elle a publié en décembre 2018 une première version du Code de conduite de la qualité de service internet à destination des acteurs de la mesure³.

Ce 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 soit en mesure d'analyser les résultats présentés ; d'autre part, indiquer les bonnes pratiques permettant l'obtention de mesures plus robustes.

Cette approche permet d'inciter les acteurs à un niveau adéquat de transparence et de robustesse, à la fois pour les protocoles de test, mais aussi pour la présentation des résultats.

La démarche de co-construction, retenue pour l'élaboration de l'édition 2018 du Code de conduite, a été poursuivie pour alimenter cette nouvelle version. L'Arcep a ainsi relancé un cycle de travail avec plus d'une vingtaine d'acteurs dont des éditeurs d'outils de mesure en *crowdsourcing*, des organismes de protection des consommateurs, des opérateurs et des acteurs académiques, dont la version 2020 du Code de conduite est le résultat⁴. Cette mise à jour du Code de conduite garde la même structure en 2 grandes parties de la version 2018 :

- la première concerne le protocole de test de l'outil de mesure, c'est-à-dire à la fois les méthodologies de mesure des différents indicateurs (débit, latence, temps de chargement des pages web et qualité du *streaming vidéo*), les mires de test ainsi que les autres tests que l'outil propose ou les informations qu'il communique à l'utilisateur final ;
- la seconde concerne les publications agrégées, dont un engagement général sur la mise en place d'algorithmes visant à exclure les mesures erronées, manipulées ou non pertinentes. Par ailleurs, pour garantir la représentativité statistique, les outils respectant le Code de conduite s'engagent à publier la période couverte, le nombre de mesures et les facteurs susceptibles d'introduire un biais significatif dans l'analyse des catégories comparées.

3. Édition 2018 du Code de conduite de la qualité de service internet. [À retrouver ici.](#)

4. Édition 2020 du Code de conduite de la qualité de service internet. [À retrouver ici.](#)

Afin d'accompagner progressivement la montée en compétence de l'écosystème de mesure de la qualité de service, plusieurs axes ont été renforcés dans la nouvelle version du Code de conduite. Il est notamment demandé aux outils de mesure de la qualité de service de :

- préciser aux utilisateurs les différents facteurs qui peuvent impacter la mesure, par exemple l'utilisation et les caractéristiques du Wi-Fi, ou encore le modèle et la version du système d'exploitation et du navigateur web, qui peuvent avoir une forte influence sur la mesure de qualité de service ;
- afficher une valeur médiane pour certains paramètres, notamment pour la latence. Cette information est en effet plus pertinente que la moyenne pour refléter l'expérience utilisateur, notamment dans le cas où il existe des valeurs extrêmes dans les résultats mesurés ;
- introduire une capacité minimale pour les serveurs (mires) de test, afin d'éviter que le test soit limité par ces mires ;

- préciser la capacité pour les mires de test de réaliser des tests en IPv6, le protocole utilisé pouvant impacter la mesure de débit.

Ce Code de conduite met aussi l'accent sur un certain nombre de biais de mesure à expliciter dans les publications agrégées des outils de mesure. Il prend enfin davantage en compte les spécificités de la mesure de la qualité de service d'internet sur les réseaux mobiles

3.2. Les outils conformes à la version 2020 du Code de conduite

L'Arcep a publié le 14 septembre 2020 une nouvelle version du Code de conduite de la qualité de service internet. Les outils qui étaient déjà conformes à la version 2018 ont renouvelé leur déclaration de conformité et de nouveaux outils ont manifesté leur intérêt pour rejoindre la démarche de co-construction de l'Arcep.



Outils qui se sont déclarés conformes au Code de conduite 2020

En ce qui concerne la qualité de service fixe, les outils de test qui se sont déclarés conformes à la version 2020 du Code de conduite de la qualité de service internet sont :

- 5GMark, développé par QoS (groupe Mozark) ;
- DébiTest 60 : le testeur de connexion de 60 Millions de consommateurs, développé par QoS (groupe Mozark) ;
- IPv6-test : le test de qualité de service IPv4 et IPv6, développé par IPv6-test ;
- nPerf, développé par nPerf ;
- Speedtest UFC-Que Choisir, développé par UFC-Que Choisir ;
- Speedtest, développé par Ookla* ;
- TestADSL.net, développé par SpeedChecker*.

En ce qui concerne la qualité de service mobile, les outils de test qui se sont déclarés conformes à la version 2018 du Code de conduite de la qualité de service internet sont :

- 5GMark, développé par QoS (groupe Mozark) ;
- DébiTest 60 : le testeur de connexion de 60 Millions de consommateurs, développé par QoS (groupe Mozark) ;
- Gigalis : le testeur de connexion de la région des Pays de la Loire, développé par QoS (groupe Mozark)* ;
- KiCapte : le testeur de connexion du département d'Ille-et-Vilaine, développé par QoS (groupe Mozark)* ;

- nPerf, développé par nPerf ;
- QuelDébit : le testeur de connexion de l'association UFC-Que Choisir, développé par QoS (groupe Mozark)* ;
- Speedtest, développé par Ookla* ;
- Tadurezo : le testeur de connexion de la région Bourgogne-Franche-Comté, développé par QoS (groupe Mozark)* ;
- Tu Captes ? : le testeur de connexion de la région Hauts-de-France et de ses départements de l'Aisne, du Nord, de l'Oise, du Pas-de-Calais et de la Somme, développé par QoS (groupe Mozark)* ;
- La solution de *crowdsourcing* Tutela, développé par Tutela*.

Bien qu'ils ne proposent pas de solution de mesure à destination des utilisateurs finaux, les outils suivants se sont également déclarés conformes au Code de conduite :

- Les sondes Whitebox développées par SamKnows* ;
- La solution Eyes'ON, développée par SoftAtHome*.

D'autres outils de test de débit existent, mais ils ne se sont pas encore déclarés conformes au Code de conduite 2020.

La liste mise à jour des outils conformes au Code de conduite est disponible sur le [site de l'Arcep](#).

* Outils qui ne s'étaient pas déclarés conformes à l'édition 2018 et qui se sont déclarés conformes à l'édition 2020 du Code de conduite de la qualité de service d'internet.

3.3. Vers une nouvelle version du Code de conduite

Comme indiqué lors de sa publication, l'édition 2020 du Code de conduite de la qualité de service internet évoluera à nouveau avec la mise en place de l'API « carte d'identité de l'accès ».

L'Arcep a ainsi relancé un cycle de travail avec les acteurs impliqués dans la mesure de la QoS (FAI, outils de mesure, organismes de protection des consommateurs et acteurs académiques). L'objectif est d'améliorer la fiabilité de mesure de la QoS, en travaillant sur le renforcement de plusieurs axes dans la nouvelle version du Code de conduite.

Voici quelques exemples de pistes de réflexion dans le cadre des travaux pour cette nouvelle version du Code de conduite :

- le besoin d'afficher au niveau des outils de mesure QoS les données remontées par l'API, notamment le débit souscrit, le débit LAN, etc. en plus des résultats de test ;
- la pertinence d'augmenter le pourcentage minimal de mires de test qui gèrent IPv6 ;

- l'intérêt de prendre en compte des données remontées par l'API dans le processus de post-traitement des données et leur agrégation :
 - suppression des tests individuels quand le Wi-Fi est l'élément limitant ou en présence de *cross-traffic* ;
 - définition de plusieurs catégories d'agrégations, notamment par technologie (xDSL, câble, FttH) ;
- le besoin de publier des informations plus spécifiques à l'utilisateur sur les facteurs susceptibles d'introduire un biais.

L'Autorité invitera les acteurs de la mesure qui le souhaitent à se déclarer conformes à cette nouvelle version du Code de conduite et dressera le bilan des acteurs de la mesure qui se seront déclarés conformes.

La prise en compte des fonctionnalités proposées par l'API « carte d'identité de l'accès » devrait permettre ainsi de fiabiliser non seulement les tests de QoS mais aussi les publications agrégées des outils de mesure. Ces évolutions se feront bien évidemment en concertation avec les acteurs impliqués.



Travaux du BEREC : Accompagnement des ARN dans la mise en œuvre d'outils de mesure et mise à jour de la méthodologie QoS

L'outil développé par le BEREC est un outil *open source* de mesure de qualité de service internet qui est disponible sur GitHub : <https://github.com/net-neutrality-tools/nntool>. Cet outil est mis à disposition des autorités de régulation nationales (ARN) des différents États membres qui peuvent l'adopter, sur base volontaire.

Le BEREC a ainsi mis en place un groupe de travail pour coordonner les différents projets nationaux de mise en place d'outil de mesure de qualité de service. Au-delà d'être un cadre d'échange et de partage d'expériences ainsi que de bonnes pratiques entre experts, le BEREC répertorie toutes les initiatives nationales et suit les différents projets de développement de nouveaux outils par les différentes autorités européennes.

Par ailleurs, le BEREC a publié en décembre 2021 une consultation publique relative à mise à jour de sa méthodologie de mesure de la qualité de service de 2017 (BoR (17) 178). Cette mise à jour a pour objectif de prendre en compte notamment les évolutions technologiques, plus spécifiquement dans la mesure d'indicateurs de qualité de service et en particulier de débit. Cette mise à jour s'appuiera aussi sur la publication des lignes directrices du BEREC détaillant les paramètres de qualité de service publiées en 2020 (BoR (20) 53). Un rapport sur la méthodologie sera publié à mi-2022 et pourrait permettre d'alimenter la nouvelle version du Code de conduite de la qualité de service d'internet de l'Arcep.

Plus généralement, les travaux au sein du BEREC devraient faciliter l'adoption d'un outil de mesure par les différentes autorités de régulation nationales. Cet outil pourrait compléter les outils de diagnostic de l'Arcep sur les volets de qualité de service et de neutralité du net.

4. L'impact du choix de la mire de test

Le choix de la « mire de test », c'est-à-dire le serveur avec lequel le test de qualité de service réalise les mesures de débit descendant, de débit montant et de latence, est important. C'est un facteur qui conditionne le résultat de la mesure.

4.1. Impact de la bande passante entre une mire et internet

Une mire doit avoir suffisamment de bande passante disponible pour ne pas être un facteur limitant. En particulier, c'est le cas quand la capacité de la mire est inférieure ou égale à celle de la ligne testée.

Pour donner un exemple concret : un test sur une ligne FttH qui permettrait un débit de 1 Gbit/s sera limité à typiquement 500 Mbit/s, si deux clients FttH effectuent simultanément ce même test sur une mire qui serait connectée à internet avec seulement 1 Gbit/s.

Le Code de conduite introduit déjà une capacité minimale de 1 Gbit/s pour les mire de test et un ensemble de critères de transparence sur les mires utilisées par les outils de mesures afin que l'utilisateur soit informé de la bande passante de chaque mire proposée en France par l'outil de test utilisé.

4.2. Impact de l'algorithme d'évitement de congestion des mires de test

Les résultats des mesures de la QoS dépendent aussi des caractéristiques techniques des serveurs de mire, et notamment de leurs algorithmes d'évitement de congestion. Ces algorithmes sont utilisés côté émetteur de données pour décider de la vitesse d'envoi des paquets. Il existe de nombreux algorithmes d'évitement de congestion et ces algorithmes évoluent. Aujourd'hui la majorité de l'internet utilise Cubic, créé en 2006, qui s'appuie sur la perte de paquets comme signal pour réduire le débit. Cubic est toujours l'implémentation TCP par défaut sous Linux, Android et MacOS.

Google a développé en 2016 l'algorithme d'évitement de congestion BBR (*Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time*), qui utilise un modèle différent se basant sur la bande passante maximale et le temps d'aller-retour. Cette approche permet à BBR de proposer un débit plus élevé et une latence plus faible que ceux offerts par les algorithmes s'appuyant sur la perte de paquets, comme Cubic. Aujourd'hui, certains grands acteurs d'internet commencent à déployer BBR sur leurs services, notamment sur les serveurs proposant HTTP/3, la nouvelle norme HTTP de troisième génération.

Certaines mires de test utilisent Cubic, d'autres BBR et d'autres encore utilisent un autre algorithme d'évitement de congestion, ce qui signifie que le test de débit réalisé avec ce dernier ne sera pas représentatif d'un usage d'internet.

Le Code de conduite invite les outils à indiquer l'algorithme d'évitement de congestion utilisé par les différentes mires proposées, le débit mesuré pouvant être différent en fonction de l'algorithme utilisé, surtout si les pertes de paquets sont fréquentes.

4.3. Impact de la localisation des mires de test

La localisation de la mire est primordiale pour le calcul de la latence car celle-ci dépend principalement du trajet parcouru par l'information entre le client et la mire. Outre la latence liée à la technologie d'accès, la majorité du trajet entre un client et un serveur se fait par des fibres optiques. La latence aller / retour est d'environ 1,2 millisecondes (ms) par 100 km de fibre optique⁵.

La localisation influe également sur la montée en débit et donc sur le débit moyen. La localisation est moins importante pour les outils qui affichent le débit en régime établi.

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

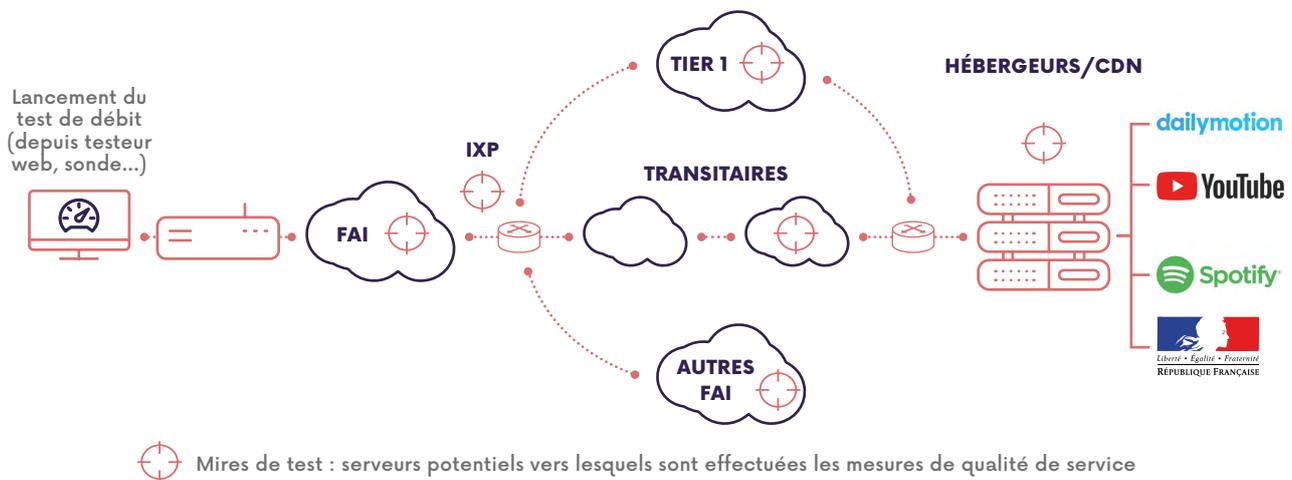
- dans le réseau du FAI de l'utilisateur : le résultat du test ne dépend que du FAI mais il est très peu représentatif d'un usage réel des services internet, souvent hébergés au-delà de ce simple réseau ;
- dans le réseau d'un autre FAI directement interconnecté (par *peering*) avec le FAI de l'utilisateur : le test prend en compte le réseau du FAI de l'utilisateur et la qualité du réseau et de l'interconnexion avec un autre FAI ; mais ce test est le plus souvent très peu représentatif d'un usage réel des services internet ;
- à un point d'échange internet (IXP, pour *Internet Exchange Point*) : le résultat du test ne dépend pratiquement que du FAI mais se rapproche d'un usage réel, car 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. Les observatoires réalisés par des transitaires représentent uniquement la qualité de service vers un point précis de l'internet ;
- dans le réseau d'un Tier 1⁶ : le réseau testé va au-delà des seules performances du réseau du FAI ;
- au plus proche des serveurs des fournisseurs de contenu et d'applications : 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).

L'emplacement géographique est trompeur. Prendre le serveur géographiquement le plus proche de son domicile ne signifie pas que le serveur est proche d'un point de vue réseau. Par exemple, un habitant de Nice peut penser pertinent d'utiliser un serveur hébergé dans sa ville. Toutefois, il est tout à fait possible qu'il soit nécessaire de passer par Paris pour joindre ce serveur si ce dernier n'est pas hébergé sur le réseau de son fournisseur d'accès à internet.

5. La vitesse de la lumière dans un cœur de silice est de 200 000 000 m/s, soit 5 microsecondes par km, ce à quoi il faut ajouter la latence introduite par les bobines de compensation de la dispersion chromatique, quand elles sont présentes, qui ajoutent 1/7^e de distance supplémentaire. Les équipements WDM de nouvelle génération (100 Gbit/s cohérents) ne nécessitent plus de bobines de compensation de la dispersion chromatique.

6. Voir [lexique p.92](#).

IMPACT DE LA LOCALISATION DES MIRES DE TEST



Source : Arcep

5. Les paramètres techniques influençant le débit

Sur internet, un serveur émetteur de données n'a pas de connaissance du débit disponible de bout en bout. Il est pourtant primordial d'émettre la bonne quantité de données : en envoyer à un débit trop élevé, c'est prendre le risque de saturer une connexion bas débit. En envoyer trop peu ne permet pas d'exploiter efficacement la bande passante des connexions fibre. C'est un algorithme d'évitement de la congestion qui va estimer la capacité du lien entre le serveur et le client, en se basant sur la latence et la perte de paquets. L'algorithme, la latence et la perte de paquets sont 3 facteurs cruciaux pour permettre la disponibilité d'un bon débit.

5.1. La latence

La latence est le délai de transmission aller-retour d'une information sur le réseau. La latence est liée à 3 facteurs :

- **La latence liée à la distance de fibre optique.** La vitesse de la lumière dans un cœur de silice est de 200 000 000 m/s, soit 5 μ s/km de fibre optique. Il faut multiplier ce chiffre par 2 pour avoir l'aller-retour. Il faut ajouter :
 - 5 % pour les longueurs de love (surplus de câble rangé à l'aide de boucles) dans les différentes chambres télécom ;
 - 1/7^e de latence supplémentaire si la fibre est équipée de bobines de compensation de la dispersion chromatique.

Ce qui donne exactement 1,2 ms de latence aller-retour pour 100 kilomètres de fibre optique. Attention, la fibre optique empruntée n'utilise généralement pas un chemin en ligne droite, comme le fait un faisceau hertzien.

- **La latence liée à la technologie d'accès à internet.** Voici la latence typique rajoutée par technologie :
 - La fibre FttH (technologies Gpon, XGS-Pon ou 10G-Epon) : < 1 milliseconde ;
 - Le réseau câble (Docsis 3.0) : entre 6 et 7 millisecondes ;
 - Le réseau mobile 4G : entre 15 et 30 millisecondes ;
 - Le réseau mobile 3G : entre 25 et 50 millisecondes ;
 - Le réseau cuivre (technologies xDSL) : entre 5 et 45 millisecondes en fonction du paramétrage de « l'interleave⁷ » pour protéger de la perte de paquets. Supprimer l'interleave permet une faible latence, mais la ligne n'est plus protégée et de nombreuses pertes de paquets (des « erreurs CRC ») vont dégrader la connexion. Un interleave de 16 millisecondes va protéger la ligne contre les bruits impulsionnels, mais va engendrer une latence supplémentaire de 32 millisecondes (16 ms aller + 16 ms retour). Les lignes bruitées ont besoin de plus de protection. Certains opérateurs permettent au client final de choisir le niveau de protection.
- **La latence liée aux mémoires-tampons (buffers), notamment en cas de congestion.** Quand un lien reçoit plus de données qu'il ne peut en écouler, les paquets supplémentaires sont mis en attente dans une mémoire-tampon. Quand le buffer est plein, les paquets entrants supplémentaires sont supprimés. Le paramétrage de la taille des buffers dans les équipements télécoms est une opération complexe :
 - Si le buffer est trop petit, les paquets sont rapidement supprimés, sans que l'algorithme d'évitement de congestion arrive à déterminer la capacité disponible sur le lien. Les débits seront alors anormalement faibles.
 - Si le buffer est trop grand, l'algorithme d'évitement de la congestion peut ignorer que la liaison est encombrée. Il ne commencera alors à prendre des mesures correctives (diminuer le débit envoyé) qu'une fois que la mémoire-tampon déborde et que des paquets sont supprimés. Si on prend un exemple d'un buffer d'une seconde, toutes les connexions devront

7. Voir lexique.

patienter une seconde pour passer le lien congestionné (les *buffers* utilisent la méthode *First In First Out* (FIFO) : le premier paquet entré est le premier paquet sorti). Les transferts de grande taille et le *streaming* vidéo seront peu affectés par cette latence importante, alors que les usages interactifs (chargement de pages web, jeux en réseau, contrôle à distance d'un équipement, etc.) seront fortement ralentis, voir inutilisables. Cette latence anormalement élevée à cause du remplissage de buffers trop grand est appelée « *bufferbloat* ».

La bonne taille du *buffer* est ainsi la plus petite taille qui permet à l'algorithme d'évitement de congestion de comprendre où est la limite du débit du lien. Pour un lien de grande capacité agrégant les connexions de milliers d'utilisateurs, un *buffer* ne doit contenir que le strict minimum de données pour pouvoir remplir le lien pendant une saturation. Si le nombre d'octets du tampon ne descend jamais sous une certaine limite, alors cela veut dire qu'il est possible de diminuer le tampon d'autant. Ainsi on conserve les performances, tout en réduisant au maximum les latences de type « *bufferbloat* ».

5.2. La perte de paquets

La perte de paquets se produit quand des paquets n'arrivent pas à destination. La perte est exprimée en pourcentage de paquets perdus par rapport aux paquets envoyés. Les deux causes de la perte de paquets sont :

- **Un réseau peu fiable** qui peut entraîner des pertes de paquets. C'est notamment le cas des réseaux sans fil (Wi-Fi, 4G, 5G, etc.), qui sont sensibles aux interférences radio. Une interférence ou un signal trop affaibli peut entraîner la corruption ou la perte des paquets en transit. La perte de paquets est mesurée par le BER (*Bit Error Rate*). Il est normal qu'un réseau Wi-Fi perde des paquets, 0,1% de paquets perdus est typiquement acceptable. Une connexion ADSL peut également perdre des paquets si

la ligne est bruitée et que l'*interleave* est réduit. Le manque de fiabilité du réseau peut également être dû à un matériel endommagé, à un bogue logiciel ou à un câble de mauvaise qualité.

- **Une congestion réseau** qui peut entraîner des pertes de paquets. Une fois la mémoire-tampon (*buffer*) remplie, les paquets entrants supplémentaires sont supprimés. C'est un mécanisme sain en cas de congestion, conserver trop de paquets dans le *buffer* entraînant du « *bufferbloat* ».

5.3. Les algorithmes d'évitement de la congestion

Cubic et BBR sont les algorithmes d'évitement de congestion les plus utilisés côté serveur.

- **Cubic** : aujourd'hui, Cubic est majoritairement utilisé sur internet. Créé en 2006, il s'appuie sur la perte de paquets comme signal pour réduire le débit. Cubic est l'algorithme d'évitement de congestion utilisé par défaut sous Linux (qui équipe la majorité des serveurs sur internet), mais aussi Android et macOS.
- **BBR** : Google a développé en 2016 BBR (*Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time*), qui utilise un modèle différent, se basant sur la bande passante maximale et le temps d'aller-retour. Cette approche permet à BBR, quand une connexion perd des paquets, de proposer un débit nettement plus élevé que ceux offerts par les algorithmes s'appuyant sur la perte de paquets, comme Cubic. Aujourd'hui, certains grands acteurs d'internet commencent à déployer BBR sur leurs serveurs. Cependant, BBR n'est pas encore généralisé sur internet notamment en raison d'une problématique d'équité des flux. En effet, sur un même lien où le débit est partagé entre utilisateurs (exemple : les fréquences du réseau mobile ou un lien fibre), les connexions BBR vont « prendre la place » des connexions Cubic. Une version « BBR v2 » est en développement pour améliorer la version actuelle et permettre une meilleure cohabitation avec Cubic.

Impact de la latence, de la perte de paquets et du protocole de congestion sur le débit

Le protocole de test

Les tests présentés p. 20 à 23 ont été réalisés en laboratoire. Un serveur mis en place pour l'occasion est dédié aux tests et relié directement au client par un câble Ethernet à 1 Gbit/s de 2 mètres. La latence et la perte de paquets sont rajoutées avec le logiciel NetEm, intégré au noyau Linux. Le protocole suivi est celui des campagnes de mesure de la QoS mobile de l'Arcep : un fichier de 250 Mio¹ est téléchargé en HTTPS. Le test est arrêté une fois les 250 Mio¹ atteints, ou après expiration du délai de 10 secondes. Le serveur est configuré selon le document [configuration des serveurs pour l'enquête QoS mobile Arcep 2022](#)². Afin de fiabiliser les résultats, chaque test a été refait plusieurs centaines de fois. Au total, plus de 58 000 tests³ ont été réalisés.

1. Mio, symbole d'unité du mébioctet valant 1024 Kio (Kibiocet) = 1024 x 1024 octets soit 1 048 576 octets. Un Mo (mégaocet) vaut 1000 Ko soit 1 000 000 octets.

2. Une exception : la version d'Ubuntu utilisée est Ubuntu server 22.04 LTS.

3. [Détails des tests réalisés](#) (fichier au format OpenDocument, lisible dans un tableur).

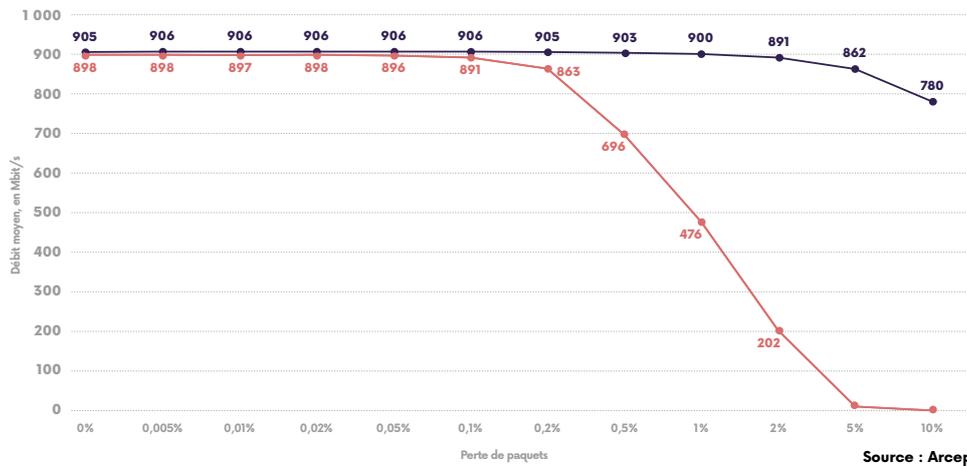
Débit en fonction de la perte de paquets pour une latence aller-retour de 1 milliseconde

Cette latence extrêmement faible se rencontre principalement en entreprise, quand clients et serveurs sont sur le même site.

On note que le débit avec l'algorithme d'évitement de congestion Cubic baisse significativement par rapport à BBR à partir de 0,2 % de perte de paquets.

Latence aller-retour de 1 ms : débit en fonction des pertes de paquets

Cas typique : réseau interne dans une entreprise (client et serveur sur le même site)
Algorithmes d'évitement de congestion : ● BBR ● Cubic



Débit en fonction de la perte de paquets pour une latence aller-retour de 4 millisecondes

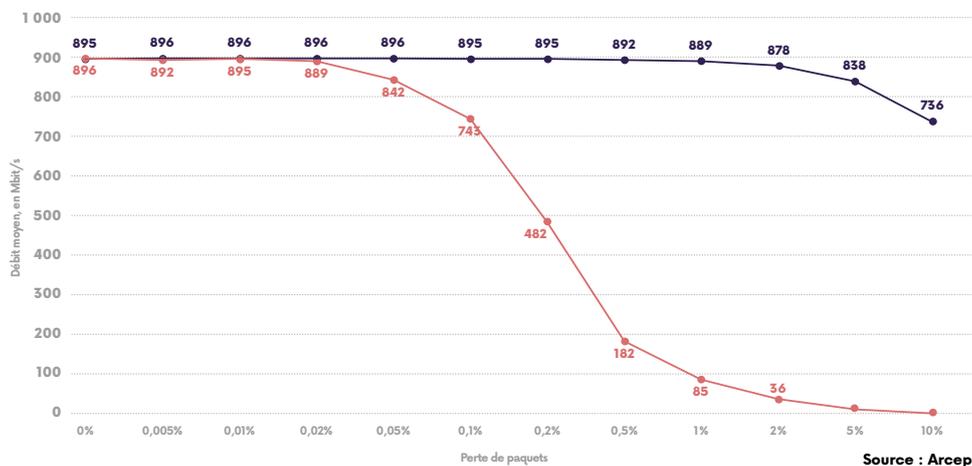
Cette latence se rencontre principalement sur les réseaux FttH, quand le client et le serveur sont dans la même région et que le client est sur le même réseau que le serveur (ou que l'interconnexion entre les deux réseaux se fait également dans la région).

Cela concerne principalement les parisiens qui utilisent un serveur Parisien, via une interconnexion située en région parisienne).

On note que le débit avec l'algorithme d'évitement de congestion Cubic baisse significativement par rapport à BBR à partir de 0,05 % de perte de paquets et passe sous les 100 Mbit/s quand on dépasse 1 % de paquets perdus.

Latence aller-retour de 4 ms : débit en fonction des pertes de paquets

Cas typique : connexion fibre avec un serveur très proche (serveur et client dans la même région, peering local)
Algorithmes d'évitement de congestion : ● BBR ● Cubic



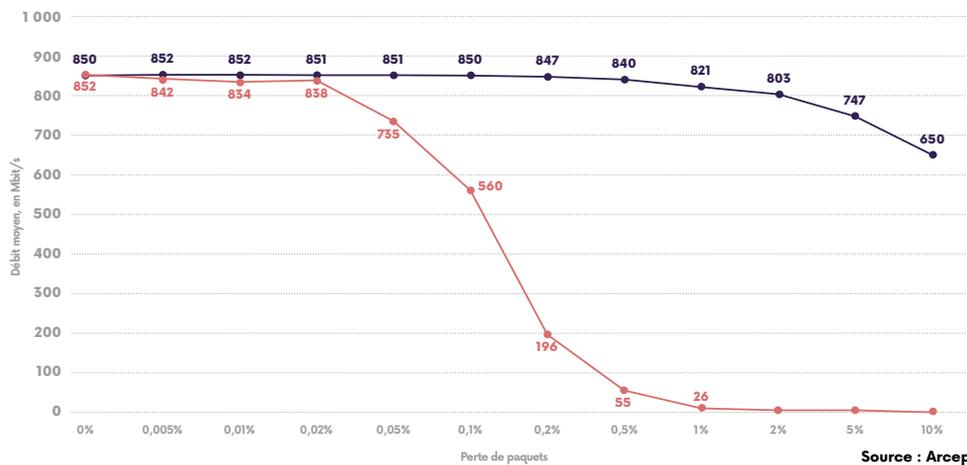
Débit en fonction de la perte de paquets pour une latence aller-retour de 16 millisecondes

Cette latence se rencontre principalement sur les réseaux FttH, quand le client et le serveur traversent plusieurs régions. Par exemple, la latence peut être de 16 millisecondes pour un client situé en région Auvergne-Rhône-Alpes qui utilise un serveur situé à proximité de son domicile, si le réseau du serveur est interconnecté avec celui du client à Paris. Le trajet réalisé peut être « client » => « Lyon (réseau du client) » => « Paris (réseau du client) » => « point de peering » => « Paris (réseau du serveur) » => « Lyon (réseau du serveur) » => « Serveur ».

On note que le débit avec l'algorithme d'évitement de congestion Cubic baisse significativement par rapport à BBR à partir de 0,05 % de perte de paquets. Le débit avec 0,5 % de perte de paquets est limité à 55 Mbit/s avec Cubic, contre 840 Mbit/s avec BBR.

Latence aller-retour de 16 ms : débit en fonction des pertes de paquets

Cas typique : connexion fibre avec un serveur proche (le signal optique traverse plusieurs régions)
Algorithmes d'évitement de congestion : ● BBR ● Cubic



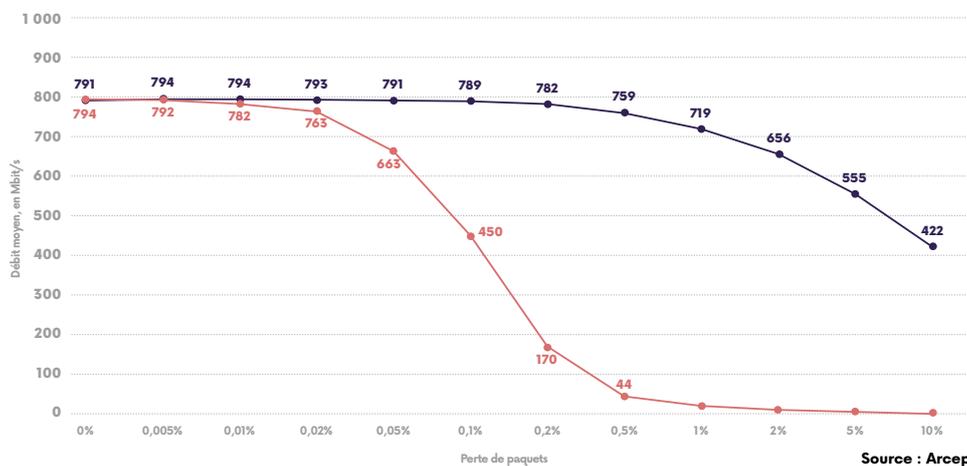
Débit en fonction de la perte de paquets pour une latence aller-retour de 32 millisecondes

Cette latence se rencontre principalement sur les réseaux 4G avec un serveur proche, ou sur le FttH, quand le serveur est situé hors de France (mais en Europe).

Le débit avec 0,5 % de perte de paquets est limité à 44 Mbit/s avec Cubic, contre 759 Mbit/s avec BBR.

Latence aller-retour de 32 ms : débit en fonction des pertes de paquets

Cas typique : connexion fibre (serveur situé en Europe) / connexion 4G avec un serveur proche
Algorithmes d'évitement de congestion : ● BBR ● Cubic



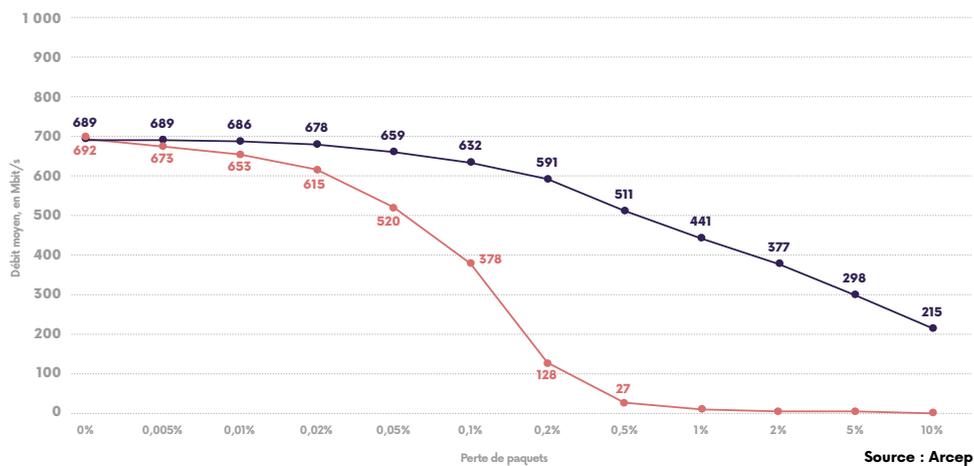
Débit en fonction de la perte de paquets pour une latence aller-retour de 64 millisecondes

Cette latence se rencontre principalement sur les réseaux 4G, quand le serveur est situé hors de France (mais en Europe).

On note que le débit avec l'algorithme d'évitement de congestion Cubic baisse significativement par rapport à BBR à partir de 0,02 % de perte de paquets et passe sous les 100 Mbit/s quand on dépasse 0,3 % de perte de paquets.

Latence aller-retour de 64 ms : débit en fonction des pertes de paquets

Cas typique : connexion 4G avec un serveur situé en Europe
Algorithmes d'évitement de congestion : ● BBR ● Cubic



22

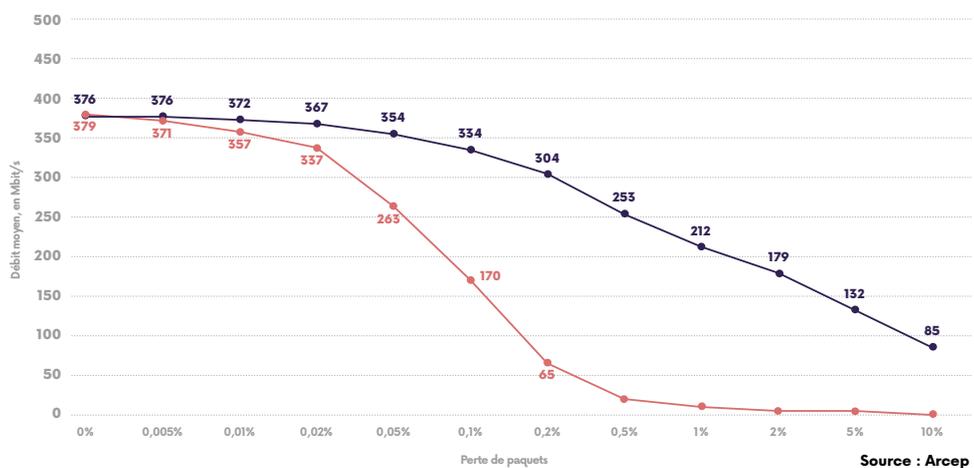
Débit en fonction de la perte de paquets pour une latence aller-retour de 128 millisecondes

Cette latence se rencontre principalement sur les réseaux 4G, quand le serveur est situé outre-Atlantique.

Le débit n'est plus que de 9 Mbit/s s'il y a 0,5 % de perte de paquets avec Cubic.

Latence aller-retour de 128 ms : débit en fonction des pertes de paquets

Cas typique : serveur situé outre-Atlantique
Algorithmes d'évitement de congestion : ● BBR ● Cubic

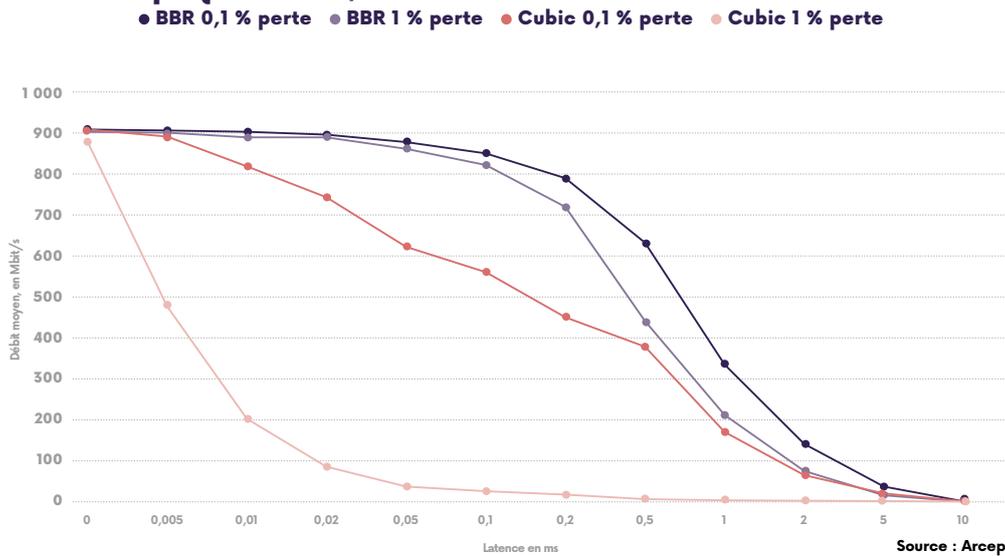


Débit en fonction de la latence pour une perte de paquets de 0,1 % et 1 %

Une perte de paquets de 0,1 % peut facilement se rencontrer sur un réseau Wi-Fi et une perte de 1 % sur un réseau qui subit une congestion.

On voit que l'impact sur le débit dépend fortement de la latence et de l'algorithme d'évitement de congestion.

Perte de paquets de 0,1 % et 1 % : débit en fonction de la latence



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

Si les cartes de couverture mobile, réalisées à partir de simulations numériques des opérateurs et vérifiées par l'Arcep, donnent une information nécessaire sur l'ensemble du territoire, elles présentent des visions simplifiées de disponibilité des services mobiles ; l'Arcep travaille en permanence à leur enrichissement et à leur amélioration – notamment en augmentant le seuil de fiabilité des cartes de couverture, passé ainsi de 95 % à 98 % en 2020 –, toutefois elles ne représenteront jamais parfaitement la réalité⁸. Ces cartes doivent ainsi être complétées par les données relatives à la qualité de service. Réalisées en conditions réelles, les mesures de qualité de service 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. Depuis 1997, l'Arcep mène, chaque année, une campagne d'évaluation de la qualité des services mobiles des opérateurs métropolitains. Les mesures réalisées visent à évaluer la performance des réseaux des opérateurs de manière strictement comparable, et ce dans différentes situations d'usage (en ville, en zone rurale, dans les transports, etc.) et pour les principaux services utilisés (appels, SMS, chargement de pages web, *streaming* vidéo, téléchargement de fichiers, etc.). Cette enquête s'inscrit dans la stratégie de régulation par la donnée de l'Arcep et permet d'éclairer les utilisateurs. Pour l'année 2021, plus d'1 million de mesures en 2G, 3G, 4G, et pour la première fois, en 5G, ont été

réalisées dans tous les départements, de mai à septembre 2021, sur les lieux de vie – à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments – et dans les transports. En 2017, l'Arcep a lancé son outil cartographique et interactif monreseau mobile.fr, qui permet de visualiser les cartes de couverture mobile des opérateurs ainsi que l'ensemble des données de cette enquête de qualité de service. Depuis juillet 2018, les territoires d'outre-mer y figurent également.

Ces mesures permettent de mesurer la progression de la qualité de service des différents réseaux alors que le smartphone est devenu le principal moyen d'accès à internet, rendant ainsi compte des efforts d'investissement des opérateurs sur leur réseau.

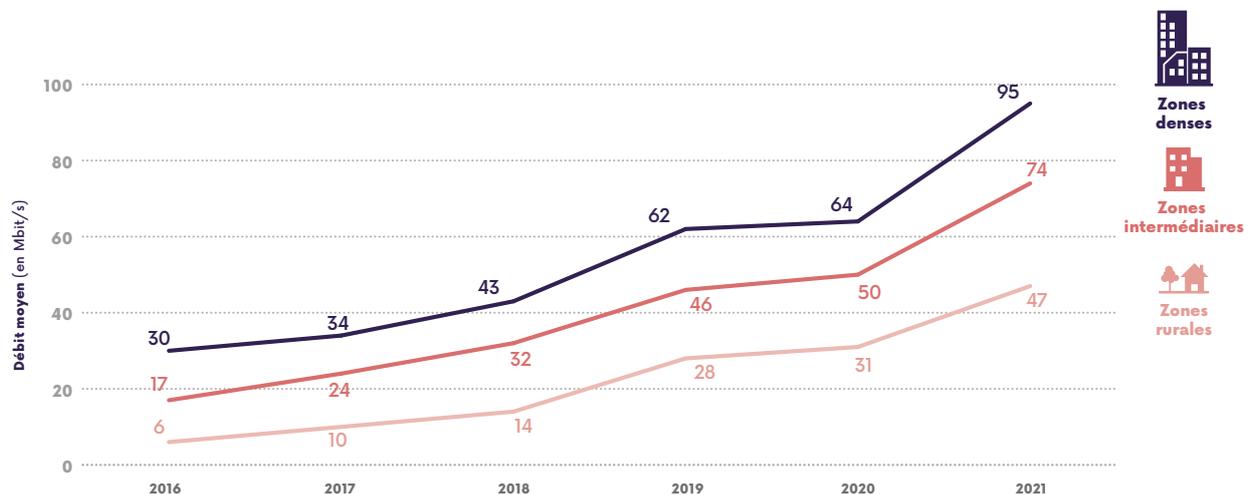
6.1. En métropole, la qualité de service progresse nettement après une année 2020 marquée par la crise sanitaire

L'Arcep a publié en novembre 2021 les résultats de la 22^e édition de son enquête annuelle d'évaluation de la qualité de service des opérateurs mobiles métropolitains.

La qualité des services de l'internet mobile (« mesures *data* ») s'améliore nettement pour tous les opérateurs, et ce dans toutes les zones : rurales, intermédiaires et denses.

Les débits descendants en 2G/3G/4G atteignent ainsi en moyenne 71 Mbit/s, contre 49 Mbit/s l'année dernière, une progression soutenue après une baisse de régime constatée en 2020, en partie du fait du contexte sanitaire.

PROGRESSION DES DÉBITS MOYENS EN TÉLÉCHARGEMENT PAR ZONE



8. Jusqu'à récemment, une carte était considérée comme fiable par l'Arcep si son taux de fiabilité, correspondant au taux de succès d'un test donné dans les zones que les opérateurs déclarent couvrir, est supérieur ou égal à 95 %. L'Autorité a fixé ce seuil à 98 % avec une décision adoptée en mars 2021 et ayant pris effet au dernier trimestre 2020. Plus précisément, la décision prévoit la fixation d'un seuil de fiabilité « global » des cartes à 98 %. En complément, il est prévu de décliner cette exigence localement, à 98 % pour toute zone de plus de 1 000 km² et à 95 % pour toute zone de plus de 100 km². Voir [lexique](#).

Pour la première fois, l'Arcep a mis en œuvre un protocole permettant de tester la qualité de service pour un utilisateur ayant un forfait et un téléphone compatibles avec la 5G. Les débits descendants et montants ont ainsi été mesurés. L'indicateur publié ici présente le débit moyen obtenu avec les mesures compatibles 5G sur l'ensemble du territoire, afin de mesurer les débits auxquels un utilisateur peut s'attendre dans son usage quotidien, qu'il ait ou non accroché une antenne 5G.

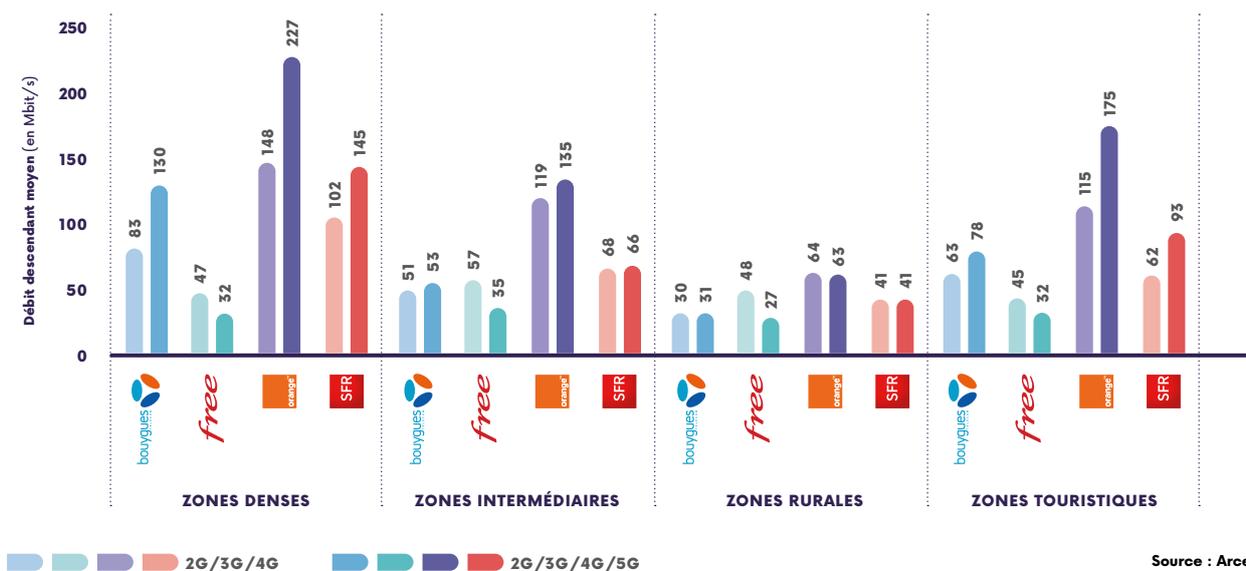
Orange propose les meilleurs débits descendants, avec une moyenne de 142 Mbit/s sur l'ensemble de la France. Les utilisateurs 5G d'Orange en zone dense, où la plupart de leurs sites 5G sont déployés, disposent en moyenne de 227 Mbit/s. Il est suivi de SFR, avec 84 Mbit/s en moyenne sur toute la France et 145 Mbit/s sur les seules zones denses, puis Bouygues Telecom (71 Mbit/s

en moyenne, 130 Mbit/s en zone dense). Free est dernier avec 31 Mbit/s en moyenne, avec peu de différences entre les zones denses et les zones intermédiaires ou rurales.

Concernant les usages voix et SMS, la qualité de service en 2021 est comparable à celle de 2020 ; en 2021, l'Arcep a enrichi les indicateurs publiés, avec la mesure du délai d'établissement des appels, c'est-à-dire le délai entre le déclenchement de l'appel par l'appelant et le délai d'obtention de la première sonnerie.

Enfin, sur les axes de transport, l'Arcep a pu à nouveau mesurer en 2021 les axes ferrés « Intercités », « Transiliens » et « RER », après l'impossibilité de réaliser des tests en 2020 en raison de la crise sanitaire. Sur la plupart des axes de transport, les écarts de qualité de service entre les opérateurs se resserrent.

DÉBITS DESCENDANTS MOYENS POUR LES UTILISATEURS N'AYANT PAS ACCÈS À LA 5G ET CEUX DISPOSANT D'UN MOBILE ET D'UN FORFAIT COMPATIBLES 5G



25

Source : Arcep

6.2. Outre-mer, la progression de la qualité de service internet est contrastée

Les résultats de l'enquête 2021 de mesure de la qualité de service mobile en outre-mer, publiés le 31 mars 2022, ont montré une amélioration modérée, que ce soit pour les services internet, les appels ou les SMS. On peut constater des trajectoires très variables d'un opérateur à l'autre.

Une évolution notable est à signaler : Orange offre depuis cette année la VoLTE⁹ sur ses réseaux outre-mer. Cette fonctionnalité offre une meilleure qualité des appels, un délai d'établissement d'appel plus court et la possibilité d'avoir un accès haut débit durant l'appel.

Enfin, en 2021, l'Arcep a expérimenté une nouvelle méthodologie du test vidéo à La Réunion et à Mayotte. Jusqu'alors, les tests étaient réalisés avec une résolution fixée à 720p. En 2021, afin de

se rapprocher de l'expérience des utilisateurs, la résolution n'est plus bloquée en 720p mais est adaptative. La lecture peut donc s'effectuer en utilisant différentes résolutions.

Une vidéo considérée comme étant de qualité correcte doit respecter les critères suivants :

- 95 % du temps de lecture en résolution $\geq 360p$;
- Temps de chargement inférieur à 15 secondes ;
- Durée des perturbations inférieure à 5 secondes.

Une vidéo considérée comme étant de qualité parfaite doit respecter les critères suivants :

- 95 % du temps de lecture en résolution $\geq 720p$;
- Temps de chargement inférieur à 10 secondes ;
- Durée des perturbations inférieure à 0,5 secondes.

9. Voir lexique p.92.

6.3. L'enrichissement de « Mon réseau mobile »

Depuis fin 2018, l'Arcep a engagé des travaux pour faire évoluer « Mon réseau mobile ». En premier lieu, l'Arcep a publié un « Kit du régulateur » pour répondre aux attentes des territoires qui souhaitent effectuer leurs propres mesures, notamment pour identifier leurs besoins de couverture dans le cadre du *New Deal* mobile. Ce Kit comprend des modèles de cahiers des charges techniques, pouvant être réutilisés simplement dans le cadre de marchés relatifs à la sélection d'un prestataire pour réaliser une campagne de mesures sur le terrain. L'Arcep a engagé des discussions avec ces acteurs et depuis avril 2020, « Mon réseau mobile » s'est enrichi des données de mesure de plusieurs territoires. De nombreuses régions ont participé à cette initiative et notamment : la région Bourgogne-Franche-Comté, la région Auvergne-Rhône-Alpes ou les Pays de la Loire. Des départements, comme la Haute-Loire et le Cher, ont également mené des actions de ce type. « Mon réseau mobile » continuera à s'enrichir en intégrant les mesures de qualité de service mobile réalisées conformément au « Kit du régulateur ».

L'Arcep a en parallèle publié un Code de conduite à destination des acteurs qui proposent des applications de mesure de l'expérience mobile, comme des tests de débit en *crowdsourcing* que chacun peut réaliser sur son téléphone. Ce document a pour objectif d'assurer un niveau minimal d'exigence en matière de pertinence, de présentation et de transparence des mesures (voir p. 14).

Depuis février 2022, les mesures de SpeedChecker et de Mozark sont publiées sur « Mon Réseau Mobile » dans un onglet dédié aux mesures de *crowdsourcing*. Ces données représentent au total 100 fois plus de mesures que celles de l'enquête annuelle de l'Arcep sur la qualité de service dans les lieux de vie (qui porte sur 2 000 points de test), et présentent l'avantage de pouvoir être réalisées en tout point du territoire et à toute heure, y compris de nuit. Toutefois, l'interprétation des mesures crowdsourcées appelle une attention particulière, en raison des conditions variables, non maîtrisées, de réalisation des mesures ; par exemple, impossible de savoir à coup sûr si l'utilisateur a réalisé la mesure à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment. L'Arcep publie également un [document didactique](#) afin de préciser ces précautions d'interprétation.

Cette publication s'inscrit dans la démarche de régulation par la donnée de l'Arcep, qui vise à donner du pouvoir aux utilisateurs en leur fournissant une information précise et personnalisée, que celle-ci provienne des utilisateurs eux-mêmes (*crowdsourcing*), des campagnes de mesure des collectivités ou qu'elle soit collectée par l'Arcep auprès des opérateurs.

L'Arcep remercie Mozark et SpeedChecker, qui ont accepté de s'inscrire dans cette démarche, et invite les acteurs qui le souhaitent à la rejoindre pour continuer à enrichir « Mon réseau mobile ». Les utilisateurs eux-mêmes peuvent contribuer à cette démarche en réalisant des tests avec ces applications, qui seront ensuite affichés sur « Mon réseau mobile » au gré des mises à jour régulières des données.

La parole à



FRÉDÉRIC LASOROSKI

Responsable Performance réseau – Bouygues Telecom

LA QUALITÉ DES SERVICES MOBILES S'EST TRÈS FORTEMENT AMÉLIORÉE CES DERNIÈRES ANNÉES

Les services voix, essentiels pour nos clients, et pour lesquels une QoS irréprochable est attendue, ont encore progressé. La VoLTE, lancée par Bouygues Telecom en 2015, est devenue la norme pour les communications voix, avec son temps d'établissement d'appel quasi instantané et sa qualité vocale accrue.

Sur la *data*, les débits ont explosé. Entre 2016 et 2021, les débits moyens descendants mesurés, tous opérateurs confondus, lors de l'enquête annuelle QoS mobile, ont été multipliés par presque 8 en zone rurale, passant de 6 Mbit/s à 47 Mbit/s, et par plus de 4 en zone dense, de 30 Mbit/s à 133 Mbit/s avec le début du déploiement de la 5G.

Les débits descendants sont si élevés désormais que les différences entre opérateurs ne reflètent plus un écart d'expérience client significatif sur les usages les plus courants. Un débit descendant supérieur à 3 Mbit/s est suffisant pour assurer les usages internet mobile standard : la navigation web, les réseaux sociaux et la visualisation des vidéos en 480p ou 720p sans ralentissement majeur.

Avec le changement climatique, encourager la sobriété numérique est une nécessité. Mettre fin à la course aux débits toujours plus élevés, sans avantage réel pour le client, permettra d'optimiser l'empreinte carbone du secteur.

Les opérateurs et l'Arcep doivent évaluer si les mesures de débit descendant sont toujours pertinentes. L'enquête QoS mobile devrait se concentrer sur les indicateurs mesurant la qualité des services utilisés chaque jour par les clients.

En outre, un débit élevé ne suffit pas pour délivrer un service optimal. Le réseau doit être fiable, optimisé et dimensionné de bout en bout : radio, transport, cœur de réseau, interconnexion avec les acteurs d'internet. L'émergence de la 5G et de services et usages innovants, notamment industriels, introduiront des critères additionnels de différenciation entre les réseaux, par exemple la latence, et constituent de nouveaux défis pour les opérateurs.



MARIE-GEORGES BOULAY

Secrétaire générale adjointe - Altice France/SFR

LA QUALITÉ DE SERVICE AU CŒUR DES ENJEUX DE SFR

L'Arcep a constaté une fois encore, à l'occasion de la restitution des résultats de l'enquête qualité de service mobile 2021, que cette qualité progressait sur l'ensemble des usages avec une amélioration nette pour tous les opérateurs et dans toutes les zones (rurales, intermédiaires et denses). Cette progression est particulièrement saluée concernant l'internet mobile. La qualité de service sur nos réseaux mobiles est au cœur des enjeux de SFR, avec une volonté de progrès motrice pour la voix comme pour l'accès à internet : avec +46 % de débit descendant comparé aux résultats 2020, avec une forte progression dans toutes les strates du territoire, une amélioration de la voix en qualité parfaite...

La qualité de service dépend des choix technologiques et des investissements consentis; elle est un élément de différenciation concurrentielle et de choix

pour les utilisateurs; cette qualité atteint désormais des niveaux très élevés sur les réseaux 4G, en voix comme en *data*, avec des taux de réussite sur les services supérieurs à 90 %. Dans ce contexte, le nombre de critères suivis par l'enquête annuelle du régulateur gagnerait à être réduit. L'enjeu de qualité apparaît en effet maintenant de plus en plus présent sur la 5G. SFR estime ainsi que l'information du consommateur doit être renforcée sur la performance 5G des différentes fréquences, dans le cadre des enquêtes de qualité annuelles. La dernière enquête a démontré que la cohabitation de la 4G et de la 5G sur une même fréquence pouvait amener à dégrader les performances 5G, le débit 5G pouvant être inférieur au débit 4G chez certains opérateurs. Cette information gagnerait à être complétée pour démontrer au consommateur l'apport de la 5G en bande 3,5 GHz par opposition aux autres fréquences.

Les campagnes de mesure de la qualité de service des réseaux mobiles du régulateur visent à rendre compte de la diversité des expériences des utilisateurs dans les conditions d'usage les plus répandues; SFR regarde attentivement l'apport des outils de *crowdsourcing* concernant la mesure de cette qualité de service. Toutefois, si ces outils sont intéressants de par les volumétries globales de tests qu'ils permettent, ils ne sauraient remplacer des campagnes de mesure en environnement contrôlé. Ces outils peuvent en effet introduire des biais statistiques majeurs en termes de représentativité (géographie, équipement, comportement...). Ils ne sauraient se substituer aux tests effectués dans le cadre de protocoles définis, garants de mesures objectives équivalentes sur tous les réseaux.

La parole à



MAXIME LOMBARDINI

Président - Free Mobile

LA MESURE DE LA QUALITÉ DE SERVICE MOBILE

Les enquêtes de qualité de service mobile de l'Arcep suivent de manière rigoureuse un protocole complexe. Plus de 200 indicateurs d'usage et de couverture sont mesurés chaque année, sur des dizaines de milliers de points, puis agrégés en strates pour former des indicateurs.

Le détail des résultats de ces enquêtes reste donc obscur pour le grand public, et même pour les journalistes spécialisés. Il est d'ailleurs amusant de constater qu'à chaque enquête, chacun des opérateurs se déclare le meilleur sur l'un ou l'autre des critères.

De notre point de vue, le dispositif actuel est bien trop complexe et illisible. De plus, les résultats mis en avant n'expriment pas forcément la réalité de l'expérience utilisateur. Les journalistes, comme l'Arcep elle-même, ont tendance à axer leur communication sur les

mesures du débit descendant qui ne reflètent pourtant que très imparfaitement le confort d'utilisation. En effet, dès lors qu'il dépasse la dizaine de Mbit/s, le débit descendant est rarement un élément-clé pour les principaux usages (regarder une vidéo, envoyer des photos ou recevoir un mail...).

Mais, surtout, le choix du protocole de mesure du débit descendant de l'Arcep est le point le plus discutable de toute l'enquête de qualité de service. Une petite polémique publique, assez technique, a d'ailleurs eu lieu lors de la publication des résultats 2021, et pourrait reprendre cette année.

Un simple constat de bon sens. Il existe de nombreuses plateformes de test de débit, comme 5GMark ou nPerf. Les podiums peuvent varier d'une plateforme à l'autre, ou dans le temps, mais les indicateurs de débit

des 4 opérateurs sont généralement comparables et varient rarement du simple ou double entre le premier et le dernier. Le protocole de mesure Arcep est le seul à avoir mesuré des écarts d'un facteur 3 entre les débits de certains opérateurs en 2021. Un tel écart interpelle sur la fiabilité du protocole de l'Arcep au regard des résultats obtenus par les autres plateformes.

Nous pensons nécessaire que le régulateur organise, pour produire des enquêtes de QoS pertinentes et reconnues, un débat ouvert et transparent, après avoir défini ses objectifs et les modalités de communication des résultats. Ce débat doit permettre d'arrêter un protocole de mesure et une méthodologie acceptés par l'ensemble des acteurs.



Méthodologie du protocole des campagnes de mesure de la QoS mobile

Le protocole de l'enquête annuelle d'évaluation de la qualité de service (QoS) des opérateurs mobiles vise à mesurer une qualité de service mobile représentative de l'expérience utilisateur. Les débits mesurés par l'Arcep peuvent être éloignés de ceux obtenus avec certains outils de mesure de débit grand public, qui relèvent la capacité du lien (le débit du tuyau qui relie le terminal à internet), alors que l'Arcep cherche à avoir un débit représentatif d'une utilisation d'internet. Les principales différences entre certains tests de débit grand public et le protocole Arcep sont détaillées ci-dessous :

Mono-connexion vs multi-connexions

Mono-connexion : un test de débit mono-connexion (*monothread*) mesure le débit via une seule connexion, ce qui permet de remonter un débit représentatif d'une utilisation d'internet. En effet, la grande majorité des usages sur internet utilisent, à un instant donné, une seule connexion avec un débit important. Pour beaucoup de services sur internet, plusieurs connexions sont ouvertes, mais dans la grande majorité des cas, à un instant donné, une seule connexion à la fois est utilisée pour transférer la plupart des données. Par exemple le transfert va commencer par la connexion « A », avant de basculer sur la connexion « B » puis à la « C » et enfin revenir à la connexion « A ». Il peut y avoir des petits éléments qui sont transférés en parallèle, toutefois cela reste minoritaire et globalement, la plupart des usages sur internet sont proches du comportement d'une mesure de débit mono-connexion.

Multi-connexions : un test de débit multi-connexions (*multithread*) mesure le débit en cumulant les débits de multiples connexions simultanées. On constate par exemple que de nombreux outils de mesure du débit effectuent un transfert sur 16 connexions simultanées. Ces multiples connexions permettent d'estimer le débit maximum du lien, mais ne sont pas à même de déceler certaines limitations de débit sur les connexions TCP. Ces limitations, qui impactent fortement une seule connexion TCP mais marginalement les connexions multiples en parallèle, peuvent être des pertes de paquets ou/et des saturations ou/et une latence trop importante.

Le choix de l'Arcep : le protocole de l'Arcep est mono-connexion afin d'être le plus représentatif des usages de la majorité des clients. Toutefois en 2022, un test expérimental (limité à 50 lieux de mesure) sera réalisé en multi-connexions, afin d'avoir une information supplémentaire sur la capacité des liens considérés.

Cubic vs BBR

Les résultats des mesures de la QoS dépendent aussi des caractéristiques techniques des serveurs de test (mire de test), et notamment de leurs algorithmes d'évitement de congestion. Ces algorithmes sont utilisés côté émetteur de données pour décider de la vitesse d'envoi des paquets. Il existe de nombreux algorithmes d'évitement de congestion et ces algorithmes évoluent.

Cubic : aujourd'hui, la majorité des services sur internet utilisent Cubic. Créé en 2006, il s'appuie sur la perte de paquets comme signal pour réduire le débit. Cubic est l'algorithme d'évitement de congestion utilisé par défaut sous Linux (qui équipe la majorité des serveurs sur internet), mais aussi Android et macOS.

BBR : Google a développé en 2016 BBR (*Bottleneck Bandwidth and Round-trip propagation time*), qui utilise un modèle différent, se basant sur la bande passante maximale et le temps d'aller-retour. Cette approche permet à BBR, quand une connexion perd des paquets, de proposer un débit nettement plus élevé que ceux offerts par les algorithmes s'appuyant sur la perte de paquets, comme Cubic. Aujourd'hui, certains grands acteurs d'internet commencent à déployer BBR sur leurs serveurs. Cependant, BBR n'est pas encore généralisé sur internet notamment en raison de problématiques d'équité des flux. En effet, sur un même lien où le débit est partagé entre utilisateurs (exemple : les fréquences du réseau mobile ou un lien fibre), les connexions BBR vont « prendre la place » des connexions Cubic. Une version « BBR v2 » est en développement pour améliorer la version actuelle et permettre une meilleure cohabitation avec Cubic.

Quel sont les algorithmes d'évitement de congestion utilisés dans les applications de test de débit ? Ces applications peuvent utiliser Cubic, BBR, mais également d'autres algorithmes d'évitement de congestion, qui peuvent avoir la particularité d'être « agressifs », permettant potentiellement d'obtenir de très bons débits, mais qui ne sont pas représentatifs d'usages quotidiens. L'Arcep cherche à promouvoir plus de transparence en incitant les outils de mesure à indiquer le protocole d'évitement de congestion. Si le réglage réalisé sur certains serveurs de test de débit permet d'afficher des records de débit, cela n'influe pas nécessairement sur le débit qui sera obtenu pour un usage quotidien d'un utilisateur final.

Le choix de l'Arcep : le protocole de l'Arcep souhaite refléter l'usage des utilisateurs et en 2022, 75 % des tests seront réalisés avec Cubic et 25 % avec BBR. Le test expérimental (limité à 50 localisations) en multi-connexions sera lui réalisé 100 % en BBR, afin d'avoir un échantillon similaire à certains résultats d'outils de mesure de débit grand public.



HTTP vs HTTPS

Internet à évolué et est passé en quelques années d'un protocole HTTP (en clair et sur le port 80) au protocole HTTPS (en chiffré sur le port 443). Les tests dans les applications mobiles de test de débit sont encore majoritairement réalisés en HTTP. Le port utilisé n'est, pour certaines applications, ni le port 80, ni le port 443, ce qui pose le problème de la représentativité. L'Arcep pousse pour plus de transparence en demandant aux outils de mesure conformes au Code de conduite 2021 d'indiquer le port utilisé et le chiffrement ou non des flux de test de débit.

Le choix de l'Arcep : en 2022, tous les tests du protocole de l'Arcep sont réalisés avec le protocole HTTPS sur le port 443.

IPv4 vs IPv6

La transition d'internet vers IPv6 est en cours et d'après le baromètre IPv6 Arcep 2021, 62 % des pages web les plus visitées (données sur le top 730 d'Alexa en France) sont accessibles en IPv6. Certains outils de mesure de débit ont choisi de ne proposer par défaut que des tests en IPv4, tandis que d'autres utilisent IPv6 dès que le serveur et le client ont une connectivité IPv6. L'Arcep incite à plus de transparence en demandant aux outils de mesure conformes au Code de conduite 2021 d'indiquer si les serveurs supportent le protocole IPv6.

Le choix de l'Arcep : le protocole de l'Arcep prévoit 50 % des tests réalisés en IPv4 et 50 % des tests réalisés en double pile (*dual stack*) IPv4/IPv6.

Débit moyen vs débit maximum

Le débit affiché par les outils de mesure de débit varie selon les outils :

- débit maximum, atteint sur une courte durée pendant le test ;
- débit en régime établi (le débit à la fin du test) ;
- débit moyen après avoir exclu la montée en débit (les premières secondes du test) ;
- débit moyen entre la demande d'un fichier et la réception du dernier paquet.

Afin d'accroître la transparence sur cet aspect, l'Arcep demande aux outils de mesure qui se sont déclarés conformes au Code de conduite 2020 d'indiquer les indicateurs affichés à l'issue du test. Les outils de mesure doivent également indiquer la durée du test, lorsque le volume maximum n'est pas atteint, ou le volume maximum de données échangés (taille du fichier téléchargé).

Le choix de l'Arcep : le débit est calculé en intégrant l'ensemble des étapes, à savoir la résolution DNS, la connexion TCP, la mise en place d'une couche de chiffrement TLS et le transfert d'un fichier de 250 Mio. Le transfert s'arrête dès que le fichier est entièrement téléchargé ou après expiration d'un délai de 10 secondes. En cas de difficulté sur les étapes de requêtes DNS ou connexion au serveur, le test ne sera pas interrompu avant les 10 secondes.

Configuration des serveurs utilisés

Dans un souci de transparence, l'Arcep publie un document récapitulant les paramètres des serveurs utilisés : [configuration des serveurs pour l'enquête QoS mobile Arcep 2022](#).

La parole à



THOMAS SCHREIBER

Équipe RTR-NetTest – RTR-GmbH¹



DIETMAR ZLABINGER

Équipe RTR-NetTest – RTR-GmbH¹



10 ANS DE RTR-NETTEST

Dès 2011, RTR, l'autorité de régulation autrichienne, a commencé à étudier la manière dont les utilisateurs finaux pourraient être responsabilisés en ce qui concerne la qualité de l'accès à internet. C'est ainsi que RTR-NetTest a été lancé au printemps 2012. Il fournit aux utilisateurs un outil pour tester la vitesse et la qualité de leur connexion internet, de manière fiable et indépendante. Ainsi, les performances annoncées ou contractuelles peuvent être facilement comparées à la qualité réelle.

RTR-NetTest est disponible pour Android, iOS et les navigateurs, ou il peut être trouvé dans les magasins d'applications d'Android et iOS comme sur le web sous <https://www.netztest.at/>.

RTR-NetTest mesure différents paramètres, notamment les débits montant et descendant, le *ping* (latence), la force du signal et la technologie (en fonction de l'appareil utilisé). Les résultats des tests sont représentés sur une carte et peuvent être partagés avec d'autres personnes. L'outil permet d'effectuer une mesure certifiée dont le résultat est disponible au format PDF et peut être utilisé comme « preuve *prima facie* » dans les procédures.

Outre les informations destinées aux utilisateurs finaux, les résultats agrégés de RTR-NetTest sont également utilisés à des fins réglementaires et pour les publications de RTR, par exemple la publication trimestrielle « *Internet Monitor* » qui fournit des chiffres-clés sur l'offre et la demande d'internet.

Toutes les données qui ne sont pas des données personnelles sont publiées par RTR en *Open Data* sous la licence *Creative Commons Attribution* (CC BY 4.0). Cela permet aux entités privées, aux organismes de recherche et aux universités de réutiliser ces données dans leurs projets et de mener des analyses plus poussées. Le code de RTR-NetTest est *Open Source* et est publié sur GitHub sous la licence permissive Apache 2.0.

Cette année, alors que RTR-NetTest fête son dixième anniversaire, sa popularité ne cesse de croître, avec plus de 14 000 mesures par jour. Au total, plus de 5 millions de mesures sont effectuées chaque année.

1. Autorité autrichienne de régulation de la radiodiffusion et des télécommunications



VOLKER SYPLI

Responsable technique – Agence fédérale des réseaux en Allemagne (*Bundesnetzagentur*)



PERMETTRE AUX UTILISATEURS FINAUX DE VÉRIFIER LA PERFORMANCE DES SERVICES D'ACCÈS À INTERNET

L'Agence fédérale des réseaux en Allemagne (la *Bundesnetzagentur*) propose un outil de mesure, le « *Breitbandmessung* », qui permet aux consommateurs de vérifier la qualité et les performances de leur accès à internet. Une version installable peut être utilisée pour le haut débit fixe et une version basée sur une application (Android et iOS) pour les connexions mobiles. En outre, pour tester les performances lors de la navigation sur internet, un test dans le navigateur est disponible.

Cet outil mesure les débits montant et descendant. Les résultats sont présentés sous forme de valeurs absolues et de valeurs relatives au débit convenu par contrat. Ainsi, cet outil permet de comparer le taux de transmission de données effectivement mesuré d'une connexion à large bande avec le taux de transmission de données convenu contractuellement.

L'application installable constitue un mécanisme agréé conformément à l'article 4, paragraphe 4, du règlement (UE) 2015/2120. Un soin particulier est apporté pour éviter les influences de l'environnement de l'utilisateur final

sur les résultats de mesure par des moyens techniques, une déclaration de l'utilisateur final et un accompagnement technique *user-friendly*.

L'outil de mesure est également utilisé pour collecter des échantillons de test en *crowdsourcing*. Les résultats des tests de débit sont présentés dans un rapport annuel. Une carte affichant ces résultats est également disponible. Elle présente les résultats des tests validés, ventilés par région et selon d'autres critères, tels que le fournisseur et/ou la catégorie de bande passante, et est mise à jour quotidiennement.

La parole à



JOHAN FOLDØY

Ingénieur en chef - Autorité norvégienne des communications (Nkom)



MESURES D'INTERNET : SUIVRE LES ÉVOLUTIONS ET DONNER DU POUVOIR AUX UTILISATEURS FINAUX

Internet en tant que plateforme de services est formidable : il marque profondément notre vie quotidienne, que nous soyons à la recherche de divertissement, d'opportunités commerciales ou d'éducation. Le développement du contenu disponible, ainsi que les technologies sous-jacentes utilisées pour le transmettre à nos appareils, ne cessent de nous étonner.

L'Autorité norvégienne des communications (Nkom), en tant que régulateur, a plusieurs responsabilités en ce qui concerne internet. L'une d'elles est de comprendre et de surveiller l'évolution de la qualité et

de la disponibilité de l'accès à internet, et de permettre aux utilisateurs finaux de faire de même. C'est pourquoi, dès 2009, Nkom a développé et mis en ligne son outil de mesure nettfart.no, qui permet aux internautes de vérifier la qualité de leur connexion et de comprendre ce qui peut affecter les résultats des mesures.

Notre mode de connexion à internet a changé, passant du cuivre à la fibre, et de la 2G, 3G et 4G, à la 5G. Les applications et les services nous ont fait passer du contenu statique à la réalité augmentée. Cela signifie que Nkom doit être très attentive et s'assurer que les

outils proposés fournissent des résultats de mesure fiables, mais aussi présentent des informations pertinentes aux utilisateurs.

Notre application mobile en est un exemple : dans la vue cartographique, nous nous concentrons davantage sur la technologie mobile disponible à un endroit donné, plutôt que sur la vitesse ou la latence mesurée. Ce n'est pas parce qu'elles sont sans importance, mais parce que nous pensons que l'accès à la 5G sera en soi la clé de la réalisation d'une pléthore de services dans les années à venir.

32



KLAUS NIEMINEN

Expert en chef - Agence finlandaise des transports et des communications (Traficom)



UN NOUVEL OUTIL DE MESURE POUR DONNER LE POUVOIR AUX UTILISATEURS FINAUX

Notre objectif est de promouvoir la compréhension par les utilisateurs finlandais d'internet de la qualité du service (QoS) qu'ils reçoivent et de les aider à prendre des décisions éclairées. Les informations sur la QoS sont également importantes à la lumière de nos fonctions réglementaires, par exemple dans les domaines des obligations de couverture et du service universel.

C'est pourquoi, en 2022, Traficom publiera son outil de mesure de la QoS « Bittimittari.fi », qui réalisera les mesures via des applications Android et iOS ainsi que des navigateurs web.

Notre nouvel outil de mesure sera un mécanisme agréé conformément à l'article 4(4) du règlement internet ouvert, permettant de détecter les éventuels écarts importants entre les performances réelles et contractuelles pour les abonnements au réseau fixe et de déclencher les recours disponibles pour le consommateur conformément à la législation nationale.

Notre outil de mesure est basé sur le code NetTest et nous l'avons amélioré principalement sur deux aspects. Nous avons limité le besoin de traiter et de collecter des données personnelles, par exemple en stockant l'historique des

mesures localement dans le client de mesure. Nous avons également pour objectif de creuser davantage ce que les résultats des mesures signifient pour les besoins particuliers de l'utilisateur. Nous allons également procéder à un examen approfondi de la sécurité du service.

En outre, je tiens également à remercier sincèrement nos collègues des différentes ARN pour la bonne collaboration au sein du groupe de travail internet ouvert du BEREC.

SUPERVISER L'INTERCONNEXION DE DONNÉES

À retenir

Le trafic entrant vers les principaux FAI en France à l'interconnexion a augmenté de plus de 25 % en un an pour atteindre

35,6 Tbit/s
à fin 2021

51 % du trafic
vers les clients des principaux FAI en France provient de

5 fournisseurs :
Netflix, Google, Akamai, Facebook et Amazon

En 2021, le trafic rafic internet mondial transitant sur les réseaux de communications électroniques était composé pour

+ de 53 %
de trafic vidéo
selon Sandvine¹⁰

L'interconnexion¹¹ désigne la relation technico-économique qui s'établit entre différents acteurs pour se connecter et échanger mutuellement du trafic. Elle garantit le maillage global du réseau et permet aux utilisateurs finaux de communiquer entre eux¹².

1. Acheminement des flux vidéo

En 2021, le trafic internet mondial transitant sur les réseaux de communications électroniques était composé pour 53,72 % de trafic vidéo, selon Sandvine¹³. Le contenu vidéo est aussi présent dans d'autres catégories de ce classement, comme les réseaux sociaux qui constituent 12,69 % du trafic global, les jeux en ligne (5,67 %) ou les solutions de messagerie : WhatsApp, Zoom, Microsoft Teams, Messenger, etc. (5,35 %). Ainsi, cette part conséquente de trafic vidéo peut s'expliquer par la multiplication des sources de consommation de contenu vidéo (consommation audiovisuelle linéaire par internet, *replay*, vidéo à la demande avec abonnement, réseaux sociaux, échanges de vidéos dans des messageries instantanées, généralisation des publicités sous

format vidéo, etc.). Elle trouve aussi pour origine l'augmentation générale des niveaux de définition des vidéos en ligne¹⁴.

La France ne déroge pas à la règle et s'inscrit dans cette tendance mondiale. En effet, comme indiqué dans le baromètre de l'interconnexion de données en France, les principaux fournisseurs de contenu sont Netflix, Youtube, Akamai, Facebook, et Amazon dont le contenu vidéo est consommateur en bande passante.

En ce qui concerne les modes d'interconnexion et afin de joindre les utilisateurs finaux, les fournisseurs de contenu vidéo, comme tout fournisseur de contenu et d'applications (FCA), peuvent faire appel à des transitaires. Cette approche était la principale option disponible aux débuts d'internet. Cependant, en l'espace de quelques années, avec l'augmentation de la quantité de trafic et le besoin d'améliorer la qualité de service et d'expérience de l'utilisateur final, l'architecture d'internet a connu des évolutions et plusieurs alternatives au transit ont vu le jour, notamment le *peering*. Le *peering*, qui peut être privé ou public, permet aux FCA de s'affranchir des transitaires pour venir s'interconnecter directement aux FAI.

10. Sandvine, The Global Internet Phenomena Report, janvier 2022. [À retrouver ici.](#)

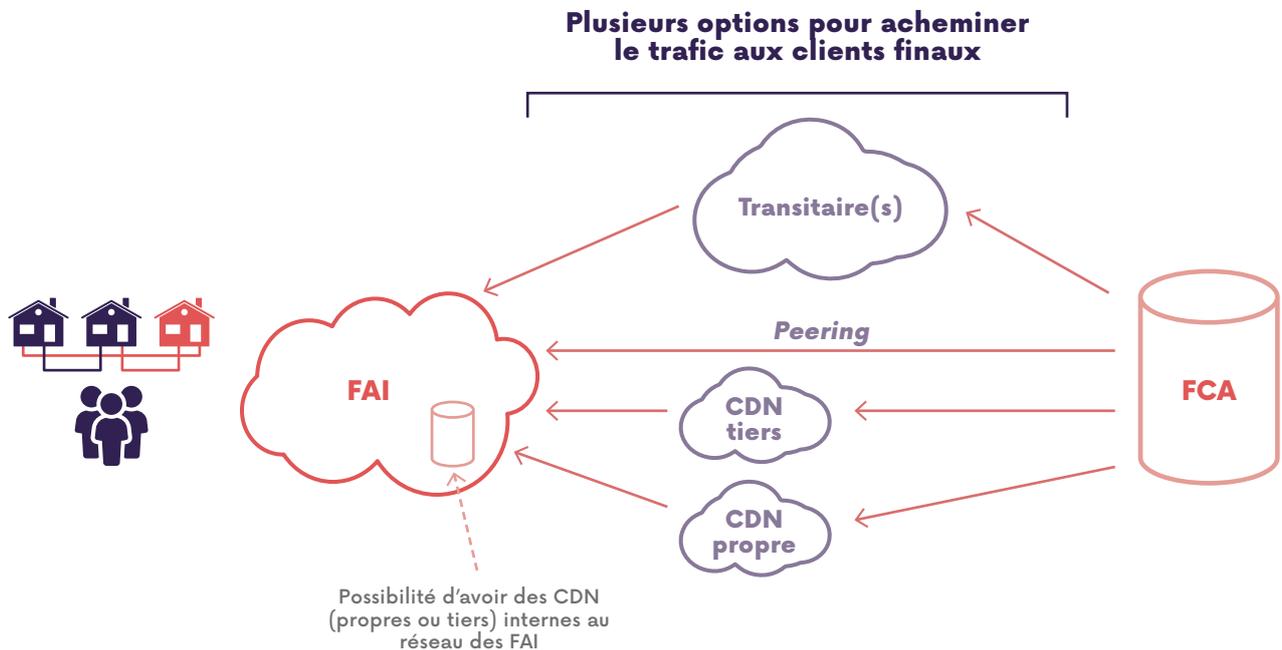
11. Les termes techniques liés à l'interconnexion employés ci-après sont définis dans le baromètre de l'interconnexion de données en France. [À retrouver ici.](#)

12. L'Arcep tient à préciser que le présent rapport concerne uniquement l'interconnexion de données dans le réseau internet et ne s'applique pas à l'interconnexion des réseaux de deux opérateurs pour la terminaison d'appel vocal.

13. Sandvine, The global internet phenomena report, janvier 2022. [À retrouver ici.](#)

14. La diffusion d'un contenu en UHD génère 8 fois plus de données que la diffusion d'un contenu en haute définition (HD) à niveau d'encodage identique. Source : CGE, décembre 2019.

ACHEMINEMENT DU TRAFIC SUR INTERNET



Afin d'améliorer la qualité de service en rapprochant le contenu au plus près des utilisateurs finaux, les fournisseurs de contenu vidéo font souvent appel à des réseaux de distribution de contenu (CDN), qui substituent au transport longue distance le stockage rapproché des données, dans des serveurs-cache¹⁵. Certains gros FCA ont les moyens de développer eux-mêmes et de posséder une infrastructure de transport longue distance ainsi que leurs propres CDN pour optimiser l'acheminement de leur contenu à l'instar notamment de Google, Netflix ou Facebook. Par ailleurs, les FAI déploient également leurs propres réseaux CDN.

Une autre tendance majeure observée depuis quelques années est l'arrivée des CDN internes (ou CDN *on-net*)¹⁶. Ces serveurs sont gérés par l'entité qui les possède (FCA, CDN ou FAI) mais sont installés au niveau du réseau même du FAI. Afin d'améliorer leur qualité de service en se rapprochant au plus près du client final, les FCA 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. Les exemples les plus notables sont les serveurs OCA (*Open Connect Appliance*) de Netflix, et Google *Global Cache (GGC)*. En plus du rapprochement du contenu de l'utilisateur final, le recours à un réseau de CDN installé au sein du réseau d'un FAI peut permettre de charger les contenus vidéo dans les serveurs aux heures creuses du trafic, sans attendre que l'utilisateur en fasse la demande aux heures de pointe.

Outre l'évolution des modalités d'interconnexion, un autre levier pour optimiser l'acheminement des vidéos consiste à faire appel à des codecs¹⁷ pour réduire la taille du contenu sans dégrader ses qualités intrinsèques. En faisant appel à des codecs performants, le FCA permet à un utilisateur d'accéder à plus de contenus pour un même volume de données en circulation.

De plus, les grands fournisseurs de contenu vidéo font souvent le choix d'encoder un fichier vidéo avec plusieurs niveaux de qualité afin de pouvoir répondre aux capacités des terminaux (y compris les plus anciens) et de la bande passante des services d'accès à internet de leurs clients. L'encodage avec plusieurs niveaux de qualité ainsi que le choix de la qualité distribuée à l'utilisateur final, notamment son optimisation en fonction du terminal, sont également des enjeux dans le cadre de la réduction de l'empreinte environnementale du numérique. Associé à un mécanisme dit d'*adaptive streaming*, le terminal de l'utilisateur peut alors choisir automatiquement et en temps réel la qualité du contenu vidéo la plus adaptée à la bande passante disponible. En fonction des évolutions de la connexion internet, le terminal est en mesure d'adapter constamment le niveau de qualité vidéo offert en téléchargeant le fichier vidéo correspondant au meilleur niveau de qualité vidéo possible. L'arrêt ou les ralentissements du service sont alors minimisés et l'expérience utilisateur est dans son ensemble améliorée.

15. Voir [lexique](#).

16. Voir 2.5. Répartition du trafic par mode d'interconnexion, [page 42](#).

17. Voir [lexique](#).



Les codecs et leur rôle dans l'acheminement des flux vidéo

Les flux vidéo sur internet sont compressés à l'aide de codecs. Un codec est un dispositif permettant de mettre en œuvre l'encodage et le décodage d'un flux de données numériques. Il va permettre de réduire drastiquement le poids de ce flux transmis en n'encodant que les différences entre les images. Des images fixes sont entièrement transmises à intervalles réguliers (la compression de ces images peut être proche du JPEG utilisé pour les photos). Les autres images sont décrites par différences avec l'image précédente et/ou l'image suivante. Une image où seule la bouche de la personne bouge demandera peu de données si on permet à l'encodeur de varier le débit en fonction de la scène encodée. À l'inverse une caméra embarquée sur une moto qui filme le Tour de France va probablement produire une image complexe à encoder et demandera un débit important, si on souhaite conserver la qualité de l'image. Un débit maximum est généralement fixé à l'encodage afin de ne pas dépasser une limite.

Il faut en général plusieurs années entre le développement d'un codec et son utilisation massive, car il doit être préalablement implémenté dans les différents logiciels et matériels dans lesquels il sera utilisé. Si un navigateur peut être mis à jour pour supporter de nouveaux codecs

qu'il décodera de façon logicielle grâce à la puissance du microprocesseur, le décodage est fait matériellement pour d'autres périphériques comme les télévisions et il n'est donc, dans ce cas, pas possible de proposer un nouveau codec via une mise à jour logicielle.

La majorité du trafic internet mondial est fait de données vidéo compressées et H.264/AVC est le codec vidéo de loin majoritaire sur internet. Il existe des codecs de nouvelle génération, permettant de diviser par plus de 2 la taille des flux vidéo. Toutefois, H.264/AVC reste majoritaire car les codecs plus performants entraînent des incompatibilités avec une partie des clients. Il n'est donc pas possible de proposer un unique encodage : il est souvent nécessaire d'encoder et stocker les vidéos dans 2 ou 3 codecs différents pour chaque résolution. Le coût associé à ces différents encodages limite cette pratique à quelques grands acteurs. Ces derniers n'encodent en général pas toutes les vidéos en AV1, codec plus performant que H.264/AVC, mais utilisent de l'intelligence artificielle afin de n'encoder dans différents formats que les vidéos les plus regardées.

Une liste des principaux codecs vidéo est disponible en annexe du [rapport](#).

Tutoriel



En pratique, comment connaître le codec utilisé ?

Voici la méthode pour les deux principaux acteurs utilisant plusieurs codecs vidéo :

- YouTube sur un navigateur web : cliquer avec le bouton droit sur la vidéo et sélectionner « Stats pour les nerds » : La présence de « avc1 » sur la ligne « Codecs » signifie que la vidéo lue utilise le codec H.264/AVC. Une vidéo avec « av01 » est, quant à elle, encodée en AV1. Enfin, « vp9 » signifie que la vidéo est encodée en VP9.
- YouTube sur un smartphone : lancer l'application YouTube, cliquer sur l'icône du portrait (du compte utilisateur) en haut à droite, puis choisir « Paramètres » puis « Paramètres généraux ». Défiler tout en bas et activer « Statistiques avancées ». Quand une vidéo est jouée, on peut ensuite afficher/masquer les « Stats pour nerds » via le menu de la roue dentée sur la vidéo elle-même.
- Netflix sur un navigateur web : appuyer simultanément sur les touches « Ctrl » + « Majuscule » + « Alt » + « Q ». Le codec vidéo est affiché à la fin de la ligne « Video Track ».
- Netflix sur une TV : connecter un clavier USB à la TV et appuyer sur la touche « Q » dans l'application Netflix.

La parole à



ÉRIC RENARD

Chief Technology Officer - Molotov

LA DIFFICULTÉ DE L'ACHEMINEMENT DE FLUX VIDÉO SUR INTERNET

Par leur nature, les services de *streaming* ont besoin d'acheminer un flux très important de données depuis leurs serveurs jusqu'aux clients. À mesure que les années passent, l'exigence de ces derniers pour de la haute qualité couplée à l'amélioration des débits moyens de leurs connexions internet n'ont fait qu'augmenter ce flux. Aujourd'hui, le 1080p est devenu une norme de fait pour un service payant, et les codecs standard type H264 permettent de délivrer ce type de flux à environ 4-5 Mbit/s par client pour un flux live. Pour un service comme Molotov qui dépasse quotidiennement les 300 000 spectateurs simultanés, cela représente un flux de sortie nécessaire de plus de 1 Tbit/s, avec évidemment un besoin de continuité de service et de latence correcte.

Pour assurer cette qualité de service, tous les services de *streaming* travaillent avec des fournisseurs de CDN (*Content Delivery Network*). Un CDN est une infrastructure permettant de délivrer de la donnée de façon fiable et massive. Depuis maintenant 6 ans, Molotov travaille avec plusieurs CDN (Akamai, Cloudfront, Fastly...) afin d'assurer la meilleure qualité de service à ses clients.

L'optimisation au niveau des codecs

Pour un service tel que Molotov, optimiser la bande passante de la vidéo est absolument fondamental pour deux raisons : offrir la même qualité vidéo pour une bande passante plus faible permet d'ouvrir le service à des foyers qui ne sont pas encore équipés en fibre très haut débit, ou à des personnes en mobilité sur des réseaux moins

performants et bien évidemment, améliorer l'équation économique pour l'entreprise. Les frais de distribution vidéo représentent une part très importante des coûts d'exploitation d'un service de *streaming*, une réduction des besoins en bande passante a dès lors un impact financier extrêmement fort.

Aujourd'hui, le H264 reste le codec-roi. Il permet d'obtenir des taux de compression corrects, il est supporté universellement sur tous les appareils (un point important pour un service comme Molotov qui se veut universel et présent partout) et il ne pose pas de problème de licence. Depuis quelques années, nous voyons apparaître de nouveaux codecs promettant de meilleurs résultats aussi bien sur le poids que sur la qualité de la vidéo : HEVC, VP9, AV1... Malheureusement, aucun de ces codecs ne permet aujourd'hui de couvrir l'ensemble des appareils sur lesquels Molotov est présent, et démultiplier les encodages présente des problématiques de coût financier. Néanmoins, les expérimentations se poursuivent et le monde de la vidéo est en perpétuelle évolution, nul doute que des évolutions sont à prévoir à ce niveau.

Un autre niveau d'optimisation réside dans le choix de faire du CBR (débit fixe et constant sur toute la vidéo) ou du VBR (débit variable suivant la complexité de la scène). Traditionnellement, le *streaming live* est plutôt fait en CBR, qui permet d'assurer une qualité constante, et la vidéo « *on demand* » en VBR car, sans contrainte du direct, il est possible d'optimiser en plusieurs passes la vidéo et de réduire fortement le débit sans déperdition de qualité.

Nous avons également vu apparaître ces dernières années des solutions d'encodage s'appuyant sur des technologies de type *machine learning* pour venir optimiser encore un peu plus le débit vidéo.

Les nouveaux défis

À mesure que la TV en *streaming* devient le mode de consommation favori des Français, les exigences sur le niveau de service montent. Plusieurs problématiques sont au cœur de nos préoccupations pour les années à venir.

Tout d'abord, la qualité vidéo et les résolutions ultra HD type 4K. Même si les sources sont encore rares, la 4K finira par devenir un standard et démultiplie encore les problématiques de transfert de données. Un flux 4K correct demande aujourd'hui près de 15 Mbit/s de bande passante, soit 3 fois plus qu'un flux 1080p.

La latence est évidemment un sujet qui revient régulièrement. C'est le talon d'Achille du monde de l'OTT, qui peine encore aujourd'hui à être sous les 45 secondes de décalage par rapport au direct, contre quelques secondes pour le satellite ou la TNT. La technologie pour combler ce trou existe aujourd'hui, mais elle demande de lourdes adaptations à tous les niveaux de la chaîne : *encoding*, *packaging*, CDN, *video player*, etc.

Enfin, la qualité sonore devient aussi une préoccupation des Français. La consommation de *streaming* se fait de plus en plus sur la TV du salon avec un équipement audio de qualité, équipement bien souvent sous-utilisé car la quasi-intégralité des flux *live* en *streaming* restent pour le moment cantonnés à du simple stéréo.

La parole à



CHRISTIAN KAUFMANN

Vice-président Technologie - Akamai

INTERNET EN FRANCE DU POINT DE VUE D'UNE ENTREPRISE DE DIFFUSION DE CONTENU (CDN) ET DE CLOUD

Akamai exploite la plateforme en bordure d'internet la plus vaste et la plus distribuée au monde, qui vient de culminer à 250 Tbit/s en avril 2022. Akamai a également une longue histoire et une forte présence en France.

L'infrastructure internet en France est très centralisée. Elle est majoritairement déployée dans des centres de données basés en Île-de-France. C'est le cas pour les opérateurs locaux, mais aussi pour les entreprises internationales de contenu et de cloud.

Il existe une forte densité d'interconnexion dans les centres de données, en l'occurrence dans 3 sites à Paris, qui couvrent la majorité du trafic en France : Telehouse et Equinix, suivis d'Interxion.

Ces dernières années, des efforts ont été faits pour décentraliser ces dépendances vis-à-vis de Paris, principalement vers Marseille.

Ainsi, une partie du trafic du sud de la France reste désormais à Marseille et y est échangé, au lieu d'aller à Paris et donc de traverser deux fois le pays, ce qui a des conséquences négatives sur les temps de trajet aller-retour, mais aussi sur le débit.

Mais à parts égales, Marseille a également attiré davantage de fournisseurs et d'opérateurs étrangers d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et même d'Asie en raison de la station d'atterrissage du câble sous-marin et de ses deux points d'échange internet.

Dernièrement et notamment suite à la fusion de Rezopol et de France-IX, nous avons constaté une certaine activité sur le marché lyonnais. Nous espérons donc obtenir un troisième point d'interconnexion en France pour les acteurs locaux et internationaux.

Mais malgré cette centralisation, ou probablement à cause de cette dernière, Akamai diffuse plus de 90 % du contenu destiné aux utilisateurs finaux français depuis l'intérieur du pays.

Pour cela, Akamai utilise son programme « Akamai Accelerated Network Partner » (AANP), avec des serveurs Akamai déployés dans le réseau de visionnage ainsi que des PNI (*Private Network Interconnect*) étendus ou les différents points d'échange internet comme France-IX.

Auparavant, Akamai s'appuyait exclusivement sur l'internet public pour assurer la connectivité au sein de son propre cluster de serveurs. Ces deux dernières années, Akamai a également construit sa propre infrastructure mondiale pour des raisons économiques et liées à la performance. Cette infrastructure, qui dessert le trafic d'Akamai entre ses clusters, compte des antennes à Paris et à Marseille, où elle se connecte au reste de l'Europe, mais aussi aux États-Unis et à l'Asie.

Toutes ces méthodes de diffusion permettent une faible latence et un débit élevé, nécessaires pour les applications sensibles au temps ainsi que pour la diffusion de vidéos HD et 4K.

En examinant le comportement de l'utilisateur final en matière de diffusion vidéo, on constate un changement au cours des deux dernières années ; la vidéo à la demande dépassant la vidéo en direct en volume de trafic.

Une autre tendance qui mérite d'être mentionnée est le taux d'adoption d'IPv6 en France.

Akamai dessert environ 25 % du volume de trafic en France via IPv6 à l'heure actuelle, mais il y a une grande différence entre les différents fournisseurs de services.

Free/Proxad a le taux le plus élevé avec environ 50 % de son trafic reçu via IPv6 contre 10 % seulement pour SFR. D'autres fournisseurs, comme Orange Telecom, se situent quelque part au milieu avec environ 30 % de leur trafic reçu via IPv6.

Le rapport entre IPv4 et IPv6 ne varie pas seulement en fonction du fournisseur, mais aussi en fonction de l'heure de la journée. En général, les chiffres concernant IPv6 sont plus élevés la nuit.

Outre les produits classiques de diffusion de contenu tels que les téléchargements, la diffusion de vidéos et la diffusion Web, Akamai propose une variété de produits de sécurité avec l'un des centres de nettoyage DDoS en Europe, basé à Paris. Cela nous permet de protéger les clients français et européens des attaques DDoS.

Tous nos services et produits reposent sur des équipements de serveur et de réseau et ont donc un impact sur l'environnement.

Akamai prend très au sérieux sa responsabilité et ses objectifs en matière de développement durable. Ces objectifs vont de 100 % d'énergie renouvelable d'ici 2030 à une plateforme 50 % plus économe en énergie, en passant par une gestion responsable de la chaîne d'approvisionnement et le développement mondial de notre programme de recyclage complet des déchets électroniques.

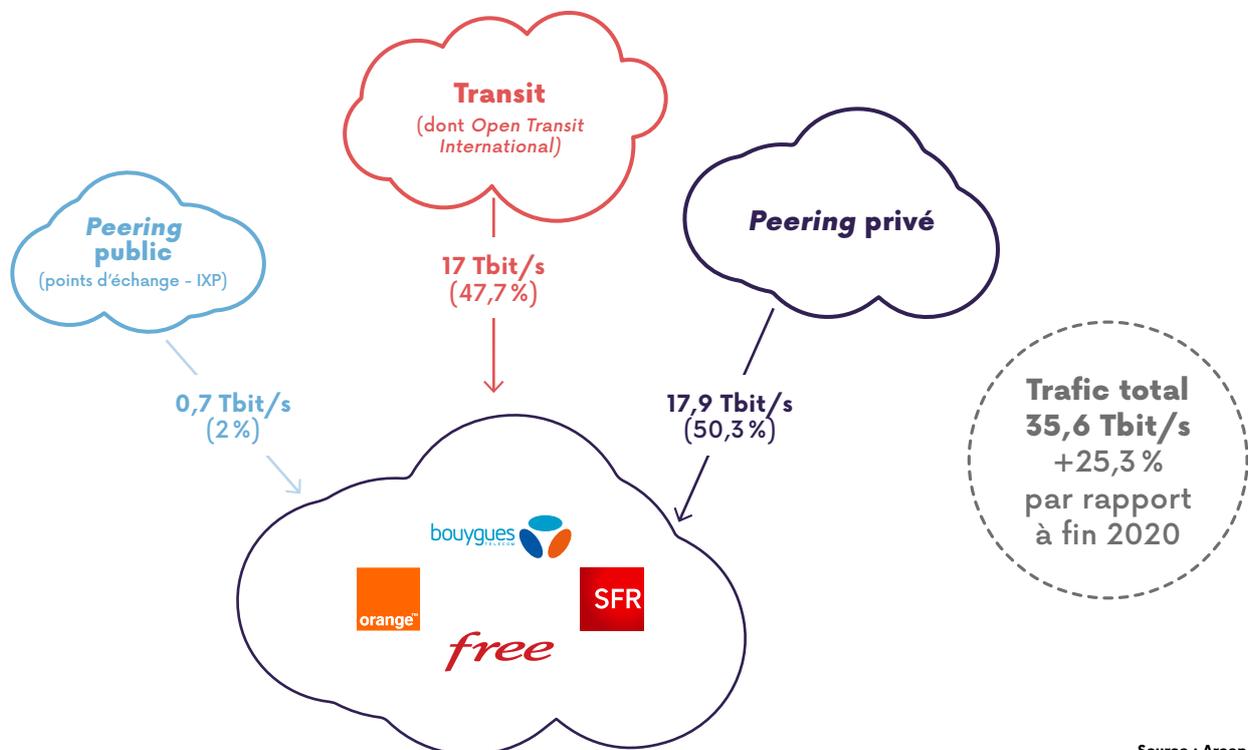
2. État de l'interconnexion en France

Grâce à la collecte d'information sur l'interconnexion et l'acheminement de données qu'elle réalise, l'Arcep dispose de données techniques et tarifaires sur l'interconnexion du premier semestre de 2012 (S1-2012) au second semestre de 2021 (S2-2021). Par souci de confidentialité, la publication des résultats¹⁸ ne porte que sur des données agrégées¹⁹.

2.1. Trafic entrant

Le trafic entrant vers les 4 principaux FAI en France à l'interconnexion est passé de plus 28,4 Tbit/s à fin 2020 à 35,6 Tbit/s à fin 2021, marquant ainsi une augmentation de plus de 25 % en un an. Le trafic provient environ pour la 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 1 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 de ce 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*.

RÉPARTITION DU TRAFIC ENTRANT À L'INTERCONNEXION (AU 95^E CENTILE) SUR LE RÉSEAU DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2021)

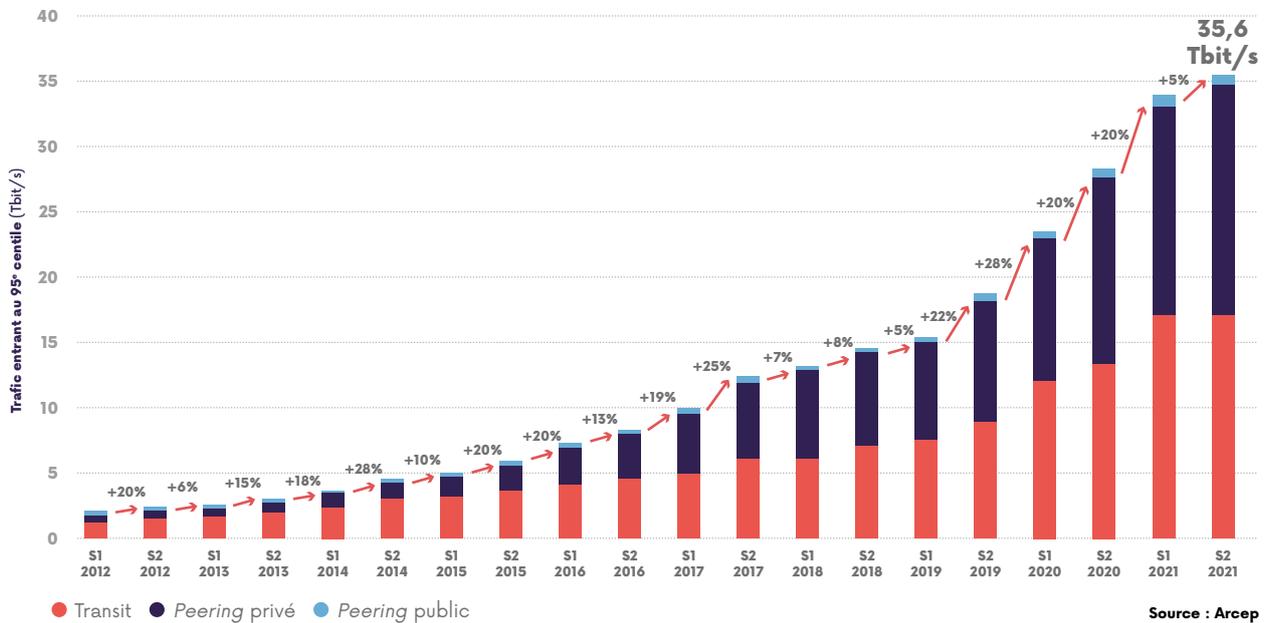


Source : Arcep

18. 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. [À retrouver ici](#).

19. Les chiffres du S2-2020 ont été légèrement modifiés par rapport à ceux du rapport de 2020 suite à une évolution méthodologique.

ÉVOLUTION DU TRAFIC ENTRANT À L'INTERCONNEXION VERS LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE S1-2012 ET S2-2021



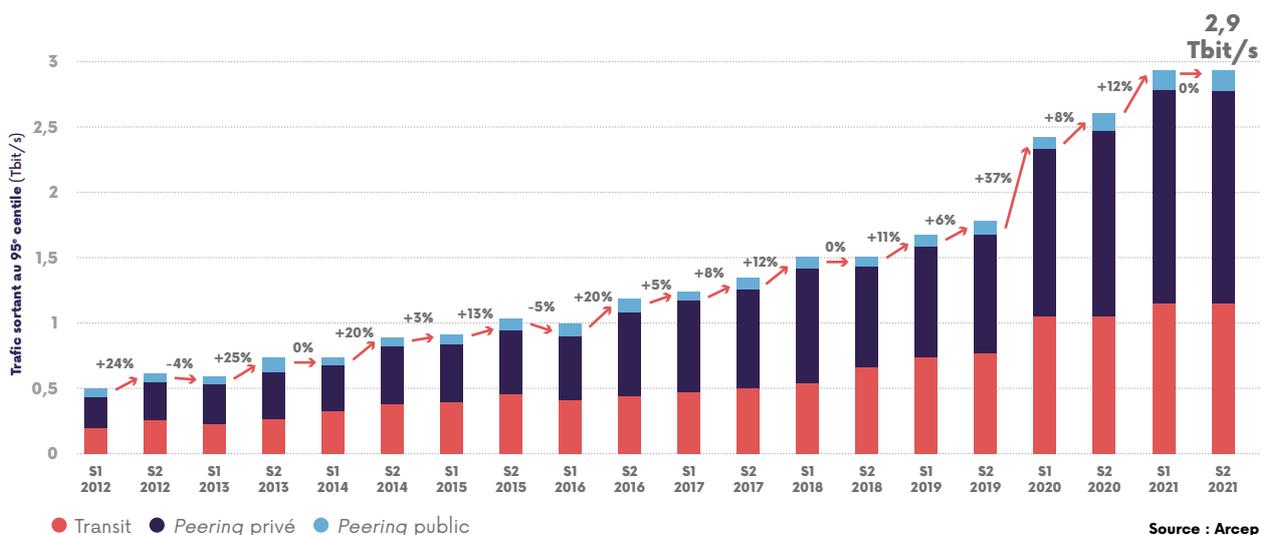
2.2. Trafic sortant

À fin 2021, le trafic sortant du réseau des 4 principaux FAI en France à l'interconnexion atteint plus de 2,9 Tbit/s, soit une

augmentation de 12,5 % par rapport à fin 2020. Entre 2012 et 2021, ce trafic a été multiplié environ par 6.

39

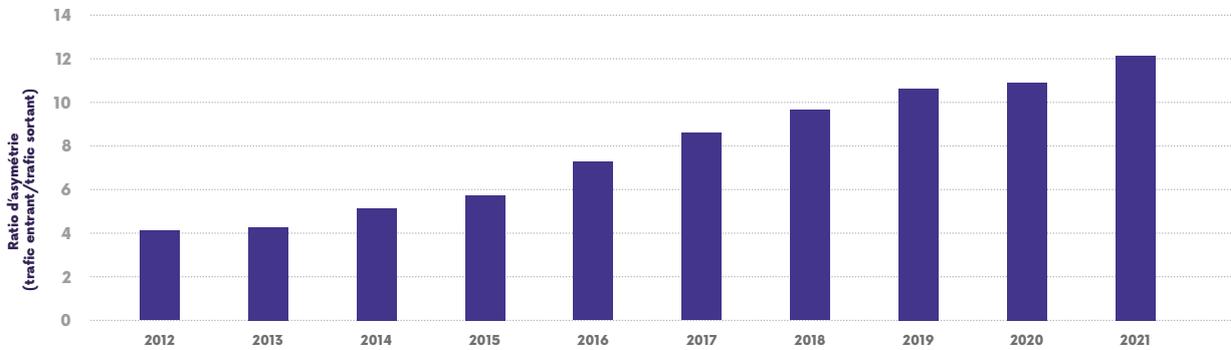
ÉVOLUTION DU TRAFIC SORTANT À L'INTERCONNEXION VERS LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE S1-2012 ET S2-2021



Le trafic sortant est bien inférieur au trafic entrant. Par ailleurs, le taux d'asymétrie entre ces deux trafics est passé de 1/4 en 2012 à plus de 1/12 en 2021. Cette augmentation est due notamment

à l'augmentation du contenu multimédia consulté par les clients (*streaming* vidéo et audio, téléchargement de contenu de grande taille, etc.).

ÉVOLUTION DU TAUX D'ASYMÉTRIE ENTRE TRAFIC ENTRANT ET TRAFIC SORTANT À L'INTERCONNEXION POUR LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE 2012 ET 2021



Source : Arcep

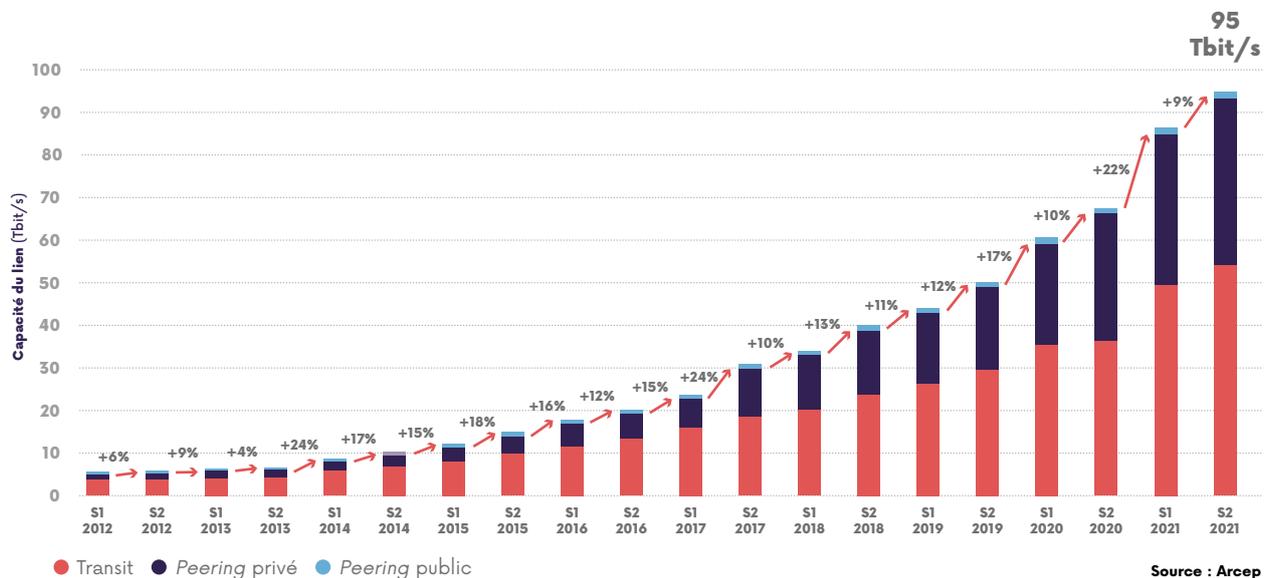
2.3. Évolution des capacités installées

Les capacités installées à l'interconnexion ont connu une augmentation du même ordre de grandeur que le trafic entrant. Les capacités installées à fin 2021 sont estimées à environ 95 Tbit/s, soit un facteur de 2,7 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.

ÉVOLUTION DES CAPACITÉS DES INTERCONNEXIONS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE S1-2012 ET S2-2021

40



Source : Arcep

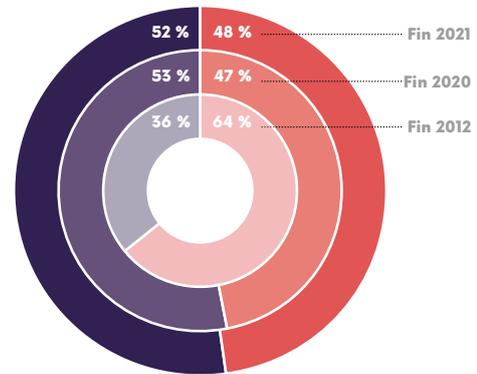
2.4. Évolution des modalités d'interconnexion

Peering vs Transit

Généralement, la part de *peering* 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.

Cependant, entre fin 2020 et fin 2021, la part de *peering* a très légèrement baissé (53 % à fin 2020 pour 52% à fin 2021). Cette situation est due, d'une part, à l'augmentation du trafic de transit (dont le trafic provenant d'*Open Transit International*) et d'autre part, à la substitution d'une partie du trafic de *peering* avec du trafic provenant des CDN internes.

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



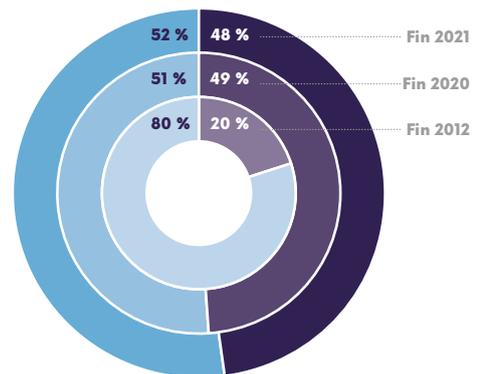
● Peering ● Transit

Source : Arcep

Peering gratuit vs peering payant

À l'instar de l'année dernière, la part du *peering* payant est en légère baisse (49 % à fin 2020 et 48 % à fin 2021). Cela pourrait s'expliquer d'une part par l'augmentation du *peering* gratuit (*peering* privé entre acteurs de taille comparable et *peering* public) et d'autre part, par le transfert de trafic du *peering* payant entre FCA et FAI vers des CDN internes.

ÉVOLUTION DES PARTS DE PEERING GRATUIT ET PAYANT POUR LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (en proportion du trafic entrant)



● Peering gratuit ● Peering payant

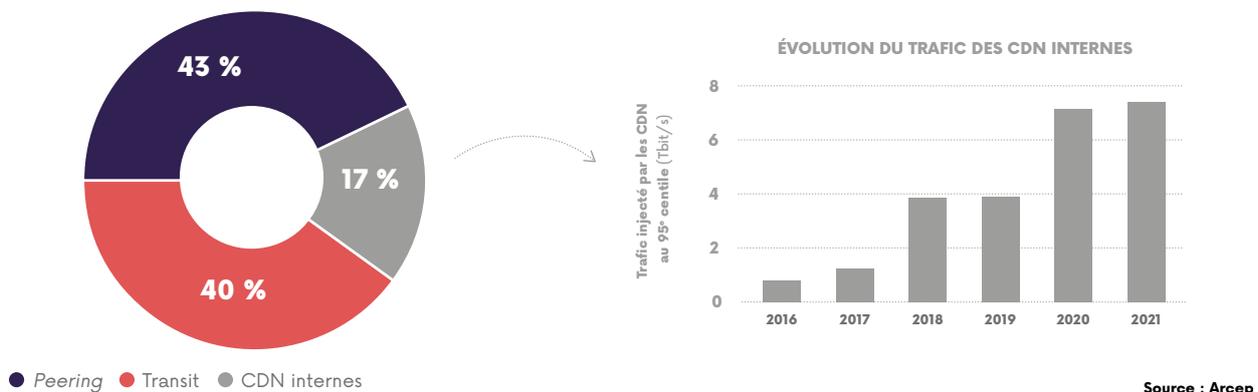
Source : Arcep

2.5. Répartition du trafic par mode d'interconnexion

Entre fin 2020 et fin 2021, le trafic provenant des CDN internes vers les clients des principaux FAI en France a très légèrement augmenté pour atteindre environ 7,4 Tbit/s. Le taux de trafic provenant des CDN internes (17 %) est en baisse par rapport à l'année dernière (21 %), ce qui confirme que le *peering* et le transit restent des modes d'interconnexion largement utilisés par les opérateurs.

Ce taux varie fortement d'un FAI à l'autre : chez certains opérateurs ce trafic constitue un peu plus de 1 % du trafic vers les utilisateurs finaux alors que pour d'autres, il constitue plus d'un tiers du trafic entrant injecté dans leurs réseaux. Par ailleurs, le ratio de trafic entrant/sortant varie entre 1/8 et 1/15 en fonction de l'opérateur. Autrement dit, les données disponibles au niveau des CDN internes sont consultées entre 8 et 15 fois en moyenne.

RÉPARTITION ENTRE LES DIFFÉRENTS MODES D'INTERCONNEXION DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2021)



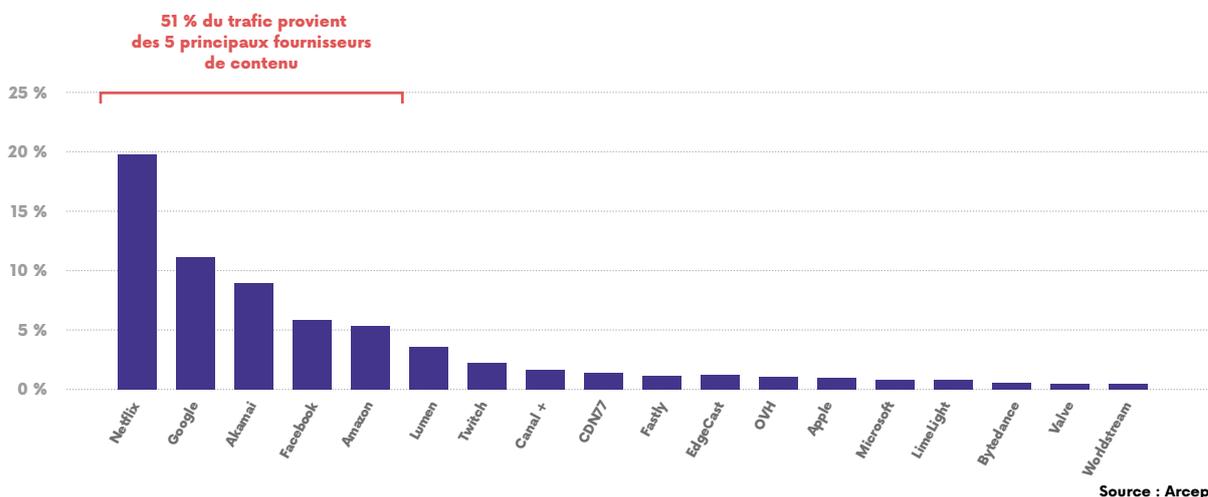
2.6. Décomposition du trafic selon l'origine

51 % du trafic vers les clients des principaux FAI en France provient de 5 fournisseurs : Netflix, Google, Akamai, Facebook et Amazon. Ceci indique une concentration de plus en plus nette du trafic entre un petit nombre d'acteurs dont la position sur le marché des contenus est renforcée.

Par ailleurs, l'écart se creuse entre le volume de trafic provenant de Netflix et celui des autres fournisseurs de contenu.

La présence de plusieurs CDN dans la décomposition du trafic présentée ci-dessous confirme le rôle important de ces acteurs dans l'acheminement du trafic internet. Par exemple, Disney+ apparaît dans ce classement au travers de ses différents CDN.

DÉCOMPOSITION SELON L'ORIGINE DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2021)

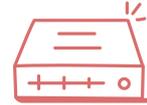


2.7. Évolution des tarifs

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 moins de 5 centimes d'euros HT et plusieurs euros HT par mois et par Mbit/s²⁰. 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 dans le cadre plus large de la prestation de *peering* payant que le FCA a contracté par ailleurs avec le FAI.



Au cœur des datacenters : l'exemple des sites d'Interxion

Pour rappel, les *datacenters* fournissent à leurs clients notamment :

- l'énergie : garantir une alimentation en énergie sans aucune coupure ;
- le refroidissement : conserver une température stable ;
- la sécurité : assurer la sécurité physique via le contrôle d'accès, protection contre les phénomènes naturels (foudre ou inondations), détection et extinction des incendies, etc. ;
- l'interconnexion : offrir la possibilité de se connecter à des réseaux ou à des clients du *datacenter* de manière sécurisée (via la redondance des chemins).

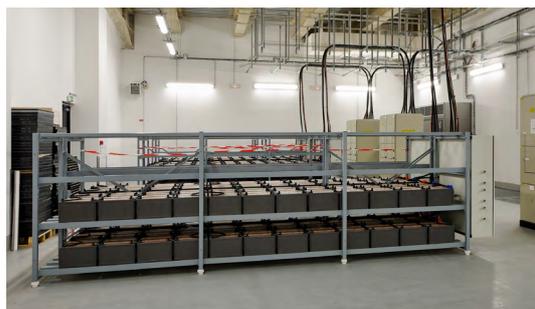
Illustration de ces principales fonctions au travers des *datacenters* d'Interxion en région parisienne (PAR7) et à Marseille (MRS1 et MRS2).

Énergie

En cas de perte de l'arrivée électrique, un ensemble de générateurs est démarré :



Le temps que les générateurs se lancent et se synchronisent, ce sont des batteries qui permettent aux serveurs d'être alimentés :



Des onduleurs qui transforment le courant continu issu des batteries en courant alternatif :



L'ensemble de ces éléments est redondant, de sorte qu'une panne ne puisse affecter l'alimentation des serveurs.

Refroidissement

Plusieurs solutions techniques sont disponibles comme des groupes froids :



20. Les fourchettes de tarifs reflètent uniquement les tarifs que les acteurs ayant répondu au questionnaire payent pour les prestations de transit, *peering* ou CDN internes.

Certains *datacenters* utilisent un système de refroidissement par eau souterraine comme c'est le cas sur le site d'Interxion Marseille via un échangeur à plaque :



Interconnexion

Les *datacenters* sont équipés de 2 salles « *meet-me-room* » où arrivent les fibres des différentes baies. Pourquoi 2 salles ? Pour offrir des chemins de câble différents afin de ne pas avoir de SPOF (*single point of failure*) :



Sécurité

Sécurité physique :



Sas pour l'entrée dans le *datacenter* :



Détection et extinction automatique d'incendie (sans avoir besoin de couper l'alimentation des serveurs) :



ACCÉLÉRER LA TRANSITION VERS IPv6

À retenir

Le taux d'utilisation d'IPv6 progresse en France pour atteindre environ

50 %

en novembre 2021

En novembre 2021

la task-force IPv6 a publié le second guide « [Entreprises : comment passer à IPv6 ?](#) »

+ de 120 participants

à la task-force IPv6 co-pilotée par l'Arcep et Internet Society France : [rejoignez la task-force !](#)

L'IPv4 et l'IPv6, pour internet Protocol version 4 ou version 6, sont des protocoles utilisés sur internet pour permettre d'identifier chaque terminal sur le réseau (ordinateur, téléphone, serveur, etc.). Les adresses IP publiques sont enregistrées et routables sur internet, elles sont donc uniques mondialement. IPv4 et IPv6 ne sont pas compatibles : un équipement ne disposant que d'adresses IPv4 ne peut pas dialoguer avec un équipement ne disposant que d'adresses IPv6. La transition ne se fait pas en remplaçant le protocole IPv4 par IPv6, mais en rajoutant IPv6 en plus d'IPv4²¹.

1. La fin d'IPv4, la transition indispensable vers IPv6²²

Le protocole IPv4, utilisé sur internet depuis 1983, offre un espace d'adressage de près de 4,3 milliards d'adresses IPv4²³. Or le succès d'internet, la diversité des usages et la multiplication des objets connectés ont eu comme conséquence directe l'épuisement progressif des adresses IPv4, certaines régions du monde étant touchées plus que d'autres. Les principaux opérateurs français

(Bouygues Telecom, Orange, SFR²⁴) ont déjà affecté entre 93 et 98 % des adresses IPv4 qu'ils possèdent, à fin juin 2021²⁵.

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 terrestre²⁶.

Du fait de la complexité actuelle d'internet, la migration d'IPv4 vers IPv6 ne peut se réaliser que 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 2021, internet n'en est encore qu'à la phase de cohabitation.

L'Europe connaît aujourd'hui une pénurie d'adresses IPv4. Au 25 novembre 2019, le RIPE NCC (le registre régional d'adresses IP qui alloue les IPv4 pour l'Europe et le Moyen-Orient) a en effet annoncé la pénurie d'IPv4, après avoir effectué l'attribution du dernier bloc /22 IPv4 (soit 1 024 adresses) à partir des dernières adresses restantes.

21. Dans certains cas, notamment sur les réseaux mobiles, IPv6 est déployé à la place d'IPv4. Dans ce cas-là, des mécanismes de traduction de protocoles sont mis en place sur le réseau (NAT64 et DNS64) et sur le terminal (464XLAT).

22. L'Arcep précise que les constats et travaux évoqués concernent uniquement le réseau internet et ne s'appliquent pas à l'interconnexion privée entre deux acteurs, notamment l'interconnexion des réseaux de deux opérateurs pour la terminaison d'appel vocal en mode IP.

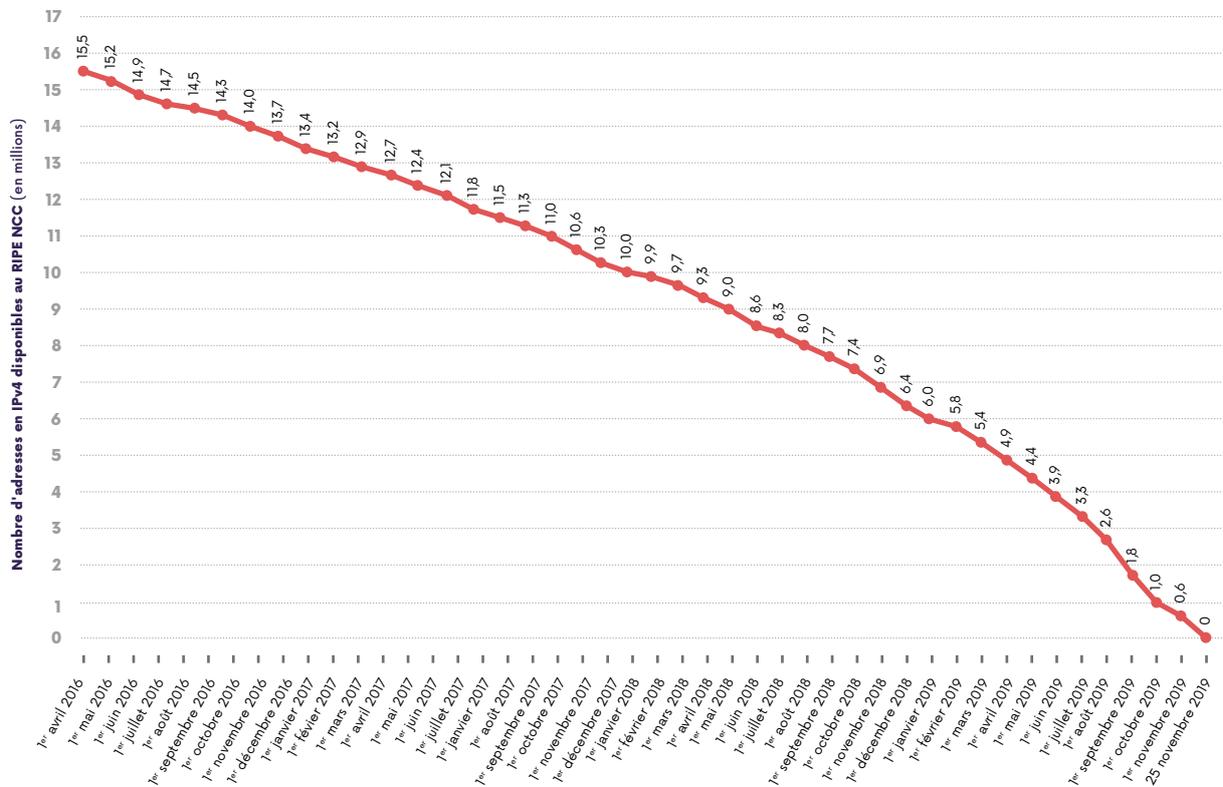
23. Les adresses IPv4 sont codées sur 32 bits. Au maximum²³, soit 4 294 967 296 adresses peuvent donc être attribuées simultanément en théorie.

24. Free n'a pas communiqué le nombre d'adresses IPv4 déjà affectées.

25. Données recueillies par l'Arcep auprès de FAI conformément à la [décision n° 2021-0375](#).

26. Les adresses IPv6 sont codées sur 128 bits. Au maximum²⁶ (soit environ $3,4 \times 10^{38}$) adresses peuvent donc être attribuées simultanément en théorie.

HISTORIQUE D'ÉPUISEMENT DES ADRESSES IPv4



Source : données RIPE NCC

46

Une liste d'attente existe, permettant de récupérer des adresses IPv4 rendues au RIPE NCC, même si peu d'adresses le sont en pratique. Le RIPE NCC explique que ces attributions, nécessairement limitées, ne pourront pas répondre aux besoins d'adresses IPv4 pour les réseaux aujourd'hui. Faire perdurer internet en IPv4 ne l'empêchera pas de fonctionner, mais l'empêchera de grandir, en raison des risques que présentent les solutions permettant de continuer le fonctionnement d'internet sur IPv4 malgré le manque d'adresses :

- Le partage d'adresses IPv4 entre plusieurs clients peut provoquer le dysfonctionnement de certaines catégories de services sur internet (systèmes de contrôle de maison connectée, jeux en réseau, etc.). En plus, ce partage augmente le risque de se voir refuser l'accès à un service, par exemple quand l'IP est mise sur liste noire à cause du comportement frauduleux d'un autre colocataire de la même adresse IPv4. Un autre effet collatéral du partage d'IPv4 est de rendre difficile l'identification d'un suspect sur la base de son adresse IP pour les enquêtes judiciaires, obligeant parfois les enquêteurs à ouvrir des enquêtes sur des personnes qui n'ont pour seul tort que de partager la même adresse IPv4 qu'un suspect.
- L'achat d'adresses IPv4 est possible sur un marché secondaire, mais le prix des adresses est susceptible d'ériger une barrière à l'entrée significative à l'encontre des nouveaux acteurs.

En effet, le prix de vente d'adresses IPv4 sur le marché secondaire, qui était à environ 25 dollars par IP à mi-2020, pourrait parfois atteindre aujourd'hui jusqu'à 60 dollars par IP. Par ailleurs, les adresses IPv4 achetées sur le marché secondaire peuvent bloquer certains services bancaires ou de vidéo à la demande tant que la mise à jour de la géolocalisation des adresses n'est pas effective.

Ces pratiques augmentent le risque de voir se développer un internet scindé en deux, IPv4 d'un côté et IPv6 de l'autre. Par exemple, certains hébergeurs proposent désormais des offres IPv6-only et les sites hébergés sur ces serveurs ne sont alors pas accessibles aux clients d'opérateurs IPv4-only.

Face à cette pénurie annoncée et aux risques encourus, la transition vers un nouveau protocole de communication sur internet apparaît comme un enjeu majeur de compétitivité et d'innovation. Dans le rapport élaboré avec le concours de l'Afnic²⁷ décrivant l'état d'IPv6 en France remis au Gouvernement en juin 2016, l'Arcep proposait plusieurs leviers d'action dans l'objectif d'accompagner et d'accélérer la transition. Depuis, elle publie chaque année son baromètre de la transition vers IPv6, dans une optique de régulation par la donnée. Elle a également amorcé une démarche de co-construction avec l'écosystème internet en France afin de fédérer la communauté et de permettre d'accélérer cette transition.

27. Voir lexique.

La parole à



VÉRONIQUE NEY

Co-responsable du groupe de travail sur l'internet ouvert - BEREC



KLAUS NIEMINEN

Co-responsable du groupe de travail sur l'internet ouvert - BEREC

LE RÔLE DU BEREC DANS LE SUIVI DU DÉPLOIEMENT D'IPv6 EN EUROPE ET LE RENFORCEMENT DE PARTAGE D'INFORMATIONS ENTRE LES AUTORITÉS DE RÉGULATION NATIONALES

Le BEREC suit l'évolution de l'IPv6, même s'il n'a pas de mandat officiel dans ce domaine. Compte tenu des priorités stratégiques du [BEREC](#) – promouvoir une connectivité globale, soutenir des marchés numériques durables et ouverts, responsabiliser les utilisateurs finaux – il est clairement souhaitable que le BEREC mette l'accent sur l'adoption de l'IPv6 en Europe.

Pour la fourniture d'applications et de services, le terminal d'un utilisateur final de service d'accès à internet doit être joignable par d'autres terminaux. Par conséquent, un nombre suffisant d'adresses IP publiques est nécessaire pour que les utilisateurs finaux puissent utiliser et fournir des services et qu'internet continue de fonctionner comme un moteur d'innovation. C'est également l'objectif du [règlement internet ouvert](#) et cela explique pourquoi ce sujet est pertinent pour le BEREC.

Le protocole IPv4 offre un espace d'adressage d'environ 4,3 milliards d'adresses. Cependant, le succès d'internet, la diversité des usages et la prolifération des objets connectés (IoT) ont pour conséquence directe l'épuisement croissant des adresses IPv4, notamment ces dernières années. L'Europe est aujourd'hui confrontée à une pénurie d'adresses et l'IPv4 seul ne peut pas soutenir la croissance d'internet. La transition vers IPv6 est donc nécessaire.

Diverses sources de données montrent que le taux d'adoption de l'IPv6 diffère considérablement d'un pays à l'autre. Même si certains pays membres du BEREC sont des leaders mondiaux dans le déploiement de l'IPv6, de nombreux [pays membres et participants du BEREC](#) se situent en dessous de la moyenne mondiale et, dans certains de ces pays, le déploiement n'a même pas commencé.

Les différences observées entre les pays membres et participants du BEREC sont principalement dues aux circonstances nationales. Il existe des différences en ce qui concerne les compétences en matière de transition vers IPv6 et les mesures prises au niveau national. Par exemple, dans certains pays, la responsabilité en la matière incombe à une autorité publique, tandis que dans d'autres, elle revient à l'industrie ou est soumise à l'autorégulation. Il est toutefois possible que deux pays ayant des cadres institutionnels différents en matière de responsabilité aient un taux d'adoption d'IPv6 similaire. Les ARN actives dans le domaine ont pris des mesures sur la base de leur mandat et de leurs objectifs généraux visant à promouvoir la connectivité ainsi que la disponibilité et la qualité générale des services d'accès à internet.

Le BEREC a également réalisé des travaux dans ce domaine. Les principales activités réalisées jusqu'à présent sont les suivantes :

- collecter des informations auprès des parties prenantes invitées à un atelier virtuel (octobre 2020) ;
- fournir un aperçu de l'état de l'IPv6 à travers l'Europe et ainsi sensibiliser les ARN à la transition vers l'IPv6 (janvier 2021) ;
- présenter le point de vue du BEREC lors de l'« [Atelier national pour le Monténégro sur la stratégie, la politique et la mise en œuvre de l'IPv6](#) », organisé conjointement par l'EKIP et l'UIT (avril 2021) ;
- organiser un [atelier technique public virtuel](#) avec la participation de plusieurs acteurs européens-clés impliqués dans la transition vers IPv6 (mai 2021).

Le BEREC continuera également à organiser des discussions internes et à « *partager des informations sur les évolutions pertinentes du marché, comme le déploiement de l'IPv6 au niveau des membres du BEREC et des participants sans droit de vote* », conformément à la section 2.4.2 du programme de travail annuel 2022.



La Chine va accélérer sa transition vers le protocole IPv6 et prévoit d'éteindre complètement IPv4 d'ici 2030

Le 23 juillet 2021, le bureau de la Commission centrale de la cybersécurité et de l'information chinois a rendu public un plan en 3 étapes pour que le protocole IPv6 remplace le protocole IPv4 sur les différents services d'accès à internet et d'hébergement situés en Chine :

- Fin 2023 : l'objectif est que tous les nouveaux routeurs prennent en charge IPv6 par défaut. Les réseaux 5G *standalone* seront IPv6 *only* et n'utiliseront plus l'espace d'adressage IPv4 privé.
- Fin 2025 : les réseaux, plateformes, applications, terminaux et diverses industries devront être déployés avec de l'IPv6 activé par défaut. Les nouveaux sites web, applications, installations et systèmes de sécurité seront compatibles en IPv6.
- Fin 2030 : l'objectif est d'achever la transition vers IPv6 en éteignant les couches de compatibilité avec

le protocole IPv4. La Chine ne devrait alors plus utiliser le protocole IPv4, ni pour des serveurs ni pour des clients. Seul le protocole IPv6 sera disponible.

La Chine souhaite devenir le leader mondial du protocole internet IPv6 et fait pression pour accélérer son déploiement, car il s'agit « d'une tendance inévitable à la mise à niveau d'internet, d'une direction-clé de l'innovation technologique du cyberspace et d'une infrastructure de soutien-clé pour un pays puissant du cyberspace », selon les régulateurs.

En février 2022, la Chine est classée en 39^e position sur le top 100 des pays avec le plus d'internautes, avec 17 % de taux d'utilisation d'IPv6 pour l'accès à internet. L'Arcep propose des statistiques mises à jour tous les 2 mois sur la page « [Statistiques IPv6, sur le top 100 des pays avec le plus d'internautes](#) ».



Contrôler la manière dont les paquets IPv6 entrants sont transmis par la box : le protocole PCP

Par défaut la majorité des opérateurs ont un *firewall* sur IPv6 qui bloque les paquets IPv6 entrants non sollicités, afin de limiter les risques en termes de sécurité. Certaines applications (exemple : un jeu en ligne) et certains équipements réseau (par exemple accéder à un NAS ou une caméra IP depuis internet) nécessitent d'ouvrir des flux sur le *firewall* IPv6 de la box.

C'est pour répondre à cette problématique que le *Port Control Protocol* (PCP) a été normalisé en 2013 (RFC 6887¹) en tant que successeur du protocole de mapage de ports NAT-PMP.

Un serveur PCP tourne sur les box et autorise les logiciels intégrant un client PCP à lui demander d'ouvrir un flux IPv6 sur une adresse IPv6 et un port spécifié avec une durée de vie précise.

PCP est un nouveau protocole qui permet d'ouvrir les flux entrants non sollicités (par exemple pour les jeux en ligne) quel que soit le protocole. Il est donc compatible IPv4, IPv6 mais aussi avec les nombreuses solutions techniques utilisées avec IPv4 ou IPv6 comme le NAT traditionnel, le NATP (*Network Address and Port Translation*), le *Carrier Grade NAT*, le DS-Lite et le NAT66. Attention, si la RFC 6887 permet à PCP de gérer ces différents cas, certains équipements n'ont pas encore implémenté ce protocole.

1. RFC 6887 : *Port Control Protocol* (PCP).

La parole à



BRUNO BOUTTEAU

Chargé de mission des Systèmes d'information - Agence régionale de santé Grand Est

LA TRANSITION VERS IPv6 AU SEIN DE L'AGENCE RÉGIONALE DE SANTÉ GRAND EST

Contexte du projet

Depuis le début des années 2000, l'ensemble des réseaux internes et externes des établissements sanitaires sont basés sur le protocole IP (*Internet Protocol*). Le protocole IP permet aux terminaux disposant d'une adresse IPv4 de communiquer sur internet et en intranet.

Pourquoi accélérer la transition du protocole IPv4 vers IPv6 ?

L'anticipation de l'évolution de la norme technique permet d'avoir un effet de levier en participant, au travers du soutien à des projets précurseurs, à la prise en compte de la problématique par les établissements de santé et leurs fournisseurs. Cette forme de soutien à l'investissement permettra à terme d'alléger la masse d'investissements nécessaire à la transition. En effet les établissements ont des plateaux techniques d'une grande complexité et de coûts élevés tels que : blocs opératoires, radiologie, biologie, séquenceurs, etc.

Bilan en 2017-2018 : des avancées encore inégales entre les opérateurs

Sur les réseaux fixes, une grande partie des clients des 4 principaux opérateurs disposent de box compatibles avec IPv6 (ou « IPv6-ready »). Néanmoins, parmi ces clients compatibles, le taux de clients activés en IPv6, c'est-à-dire qui émettent et reçoivent effectivement du trafic IPv6, reste très variable en fonction des fournisseurs d'accès.

Comme le montrent les projections du RIPE en Europe, les opérateurs télécoms vont commencer à inciter au recours au protocole IPv6, comme le font déjà des opérateurs qui sont avec des infrastructures à plus de 50 % en IPv6 en 2021 dans plusieurs pays dont la France.

Cela se traduira concrètement par des tarifs en hausse, l'IPv4 devenant alors une option payante sur un service qui de base est en IPv6, avant d'être progressivement arrêté pour des raisons économiques et d'obsolescence des équipements.

Ces évolutions induisent qu'il faudra engager une migration IPv6 en particulier pour l'interconnexion des établissements et sites géographiques regroupés au sein des groupements hospitaliers de territoire (GHT).

C'est pour ces raisons que l'Agence régionale de santé (ARS) Grand Est a mis en place un programme de financements en 2 phases : une phase étude et une phase travaux techniques.

Un appel à projets a été rédigé et diffusé aux établissements les plus stratégiques afin de les inviter à candidater à ce programme structurant.

PHASE 1

Faire réaliser un diagnostic ainsi qu'une étude d'impact technique et financier par un prestataire spécialisé au sein d'un GHT.

L'ARS Grand Est a accordé une subvention non pérenne d'un montant maximum de 50 000 € conformément aux critères définis dans l'appel à projets IPv6.

PHASE 2

Réaliser les travaux nécessaires à la migration IPv4 vers IPv6 en s'appuyant sur les recommandations de l'étude d'impact technique et financier effectuée par un prestataire spécialisé au sein d'un GHT.

L'ARS Grand Est a accordé une subvention non pérenne d'un montant maximum de 100 000 € conformément aux critères définis dans l'appel à projet sIPv6.

ÉTABLISSEMENTS BÉNÉFICIAIRES

Le programme de financement des établissements s'est mis en place à partir de 2018 :

- financés en 2018 : CHU de Strasbourg, GHT Cœur Grand Est, CHU de Nancy, CHU de Reims ;
- financés en 2019 : Fondation Vincent de Paul, Hôpitaux Civils de Colmar ;
- financés en 2020 : CHR de Metz-Thionville ;
- financés en 2021 : GHRMSA à Mulhouse.

Les études d'impact sont terminées et si les travaux techniques ont commencé, la fin de la migration complète n'est pas envisagée avant 2025.

La parole à



APAR GUPTA

Directeur exécutif - Internet Freedom Foundation, Inde



PRATEEK WAGHRE

Directeur des politiques - Internet Freedom Foundation, Inde

LA NÉCESSITÉ D'UNE IMPULSION POLITIQUE POUR IPv6 EN INDE

La numérisation est un pilier essentiel de la politique publique de l'Inde pour atteindre les objectifs économiques et de bien-être social. Cela rend la transition vers IPv6 absolument nécessaire. L'Inde est l'un des pays du monde où l'adoption d'IPv6 est la plus élevée. L'APNIC et le NIXI estiment que l'adoption d'IPv6 en Inde dépasse 75 %. L'indicateur d'adoption d'IPv6 par pays de Google indique que l'Inde a une pénétration d'IPv6 de plus de 60 % contre une moyenne mondiale inférieure à 40 %, tandis que l'outil de visualisation d'Akamai indique que l'adoption d'IPv6 en Inde dépasse 50 %.

La nécessité d'une feuille de route pour la transition d'IPv4 à IPv6 a été soulignée dans le [rapport annuel 2004-05](#) du ministère de l'Électronique et des Technologies de l'information (MEITY). En 2010, le département des Télécommunications (DoT) a publié la première [feuille de route nationale pour le déploiement d'IPv6](#), qui recommandait aux principaux fournisseurs de services de se fixer l'objectif d'être compatibles en IPv6 à une échéance de 18 mois. Elle demandait aux ministères de l'Union et des États ainsi qu'aux entités du secteur public de commencer à utiliser des services en IPv6 dans 22 mois. Elle prévoyait également la création d'une task-force IPv6 en Inde qui serait finalement remplacée par

un Centre d'innovation faisant office d'organisation nationale dédiée. La task-force était composée d'un comité de surveillance (chargé de prendre les décisions politiques et de définir l'orientation stratégique), d'un comité de direction (chargé de coordonner les parties prenantes et superviser les groupes de travail constitués) et de deux groupes de travail chargés d'activités spécifiques telles que la formation/sensibilisation, l'implémentation réseau, la standardisation, le support, la sécurité réseau, etc. Au fur et à mesure de la transition, divers groupes de travail ont été constitués et réduits à 6 puis 4 en 2013 et 2016 respectivement. Les groupes de travail opérationnels aujourd'hui sont : sensibilisation à l'IPv6, développement des connaissances et des ressources ; sécurité de l'IPv6 ; projets pilotes ; avancement des contenus, des services *cloud* et des terminaux des utilisateurs finaux.

Depuis la feuille de route de 2010, les plans de transition vers IPv6 ont été mis à jour périodiquement, avec une feuille de route révisée en 2013, puis des extensions de calendriers en 2016, 2020 et 2021. En particulier, en 2020, le DoT a reconnu le rôle des forces de marché pour les fournisseurs de contenu / d'applications et le *cloud computing* / les *datacenters*. Cependant, les délais de transition pour

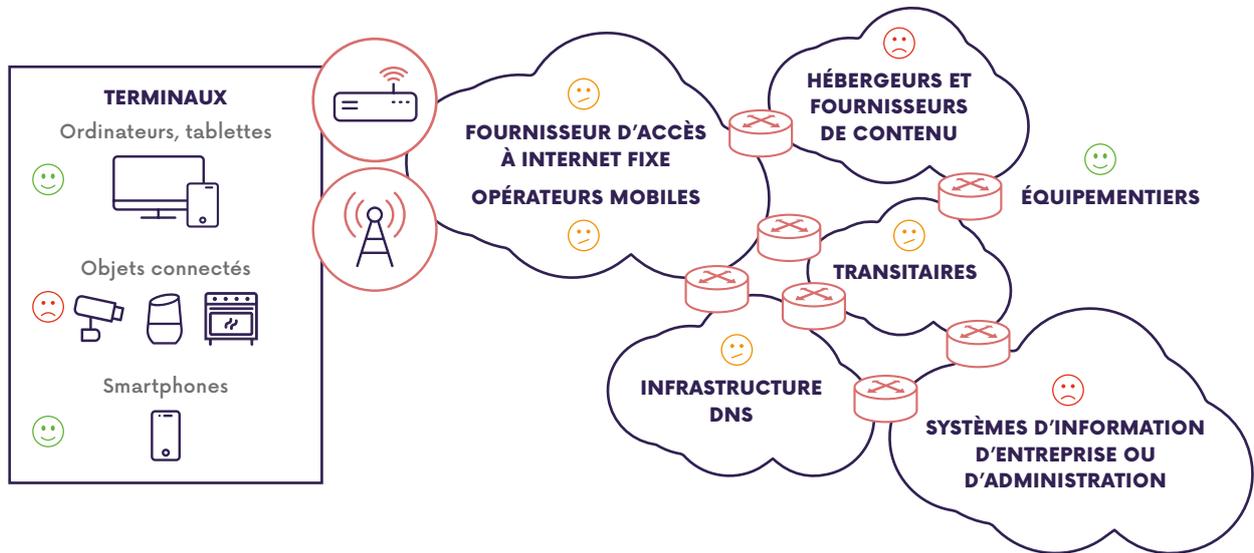
les organisations gouvernementales et les opérateurs de télécommunications ont été périodiquement prolongés et n'ont pas été respectés. Selon la dernière révision, les organisations gouvernementales doivent achever la transition vers IPv6 d'ici juillet 2022, et les nouvelles connexions fixes doivent être en mesure de prendre en charge le trafic IPv6 natif / *dual stack* après décembre 2022.

Un suivi quotidien du déploiement d'IPv6 sur les domaines spécifiques du [gouvernement](#), de [l'industrie](#) et des [universités](#) montre qu'aucun progrès n'a été réalisé pour 62 %, 41 % et 32 % d'entre eux respectivement. Pour les fournisseurs de services, les représentants de l'industrie et analystes du secteur citent également le rôle des déploiements de réseaux dans des zones blanches¹. Parallèlement, les données du NIXI et de l'APNIC relatives aux AS montre qu'un grand nombre d'ASN reçoivent encore de faibles pourcentages de connexions IPv6. Afin de tirer parti des taux d'adoption élevés et de la combinaison d'interventions proactives et réactives pour achever la transition d'IPv4 vers IPv6, l'écosystème IPv6 en Inde devra : maintenir ses efforts jusqu'à maintenant ; continuer à étudier et adopter les meilleures pratiques mondiales.

1. Geoff Huston, "What Drives IPv6 Deployment?", RIPE Labs, 23 mai 2018 ; Jagmeet Singh, "How India Is Leading the World's March Towards IPv6 (And What It Means)", NDTV Gadgets 360, 4 février 2019.; Muntazir Abbas et Danish Khan, "India Becomes Largest IPv6 Subscriber. Seeks Self-Reliance in Internet Domain", *The Economic Times*, 3 février 2021.

2. Baromètre de la transition vers IPv6 en France

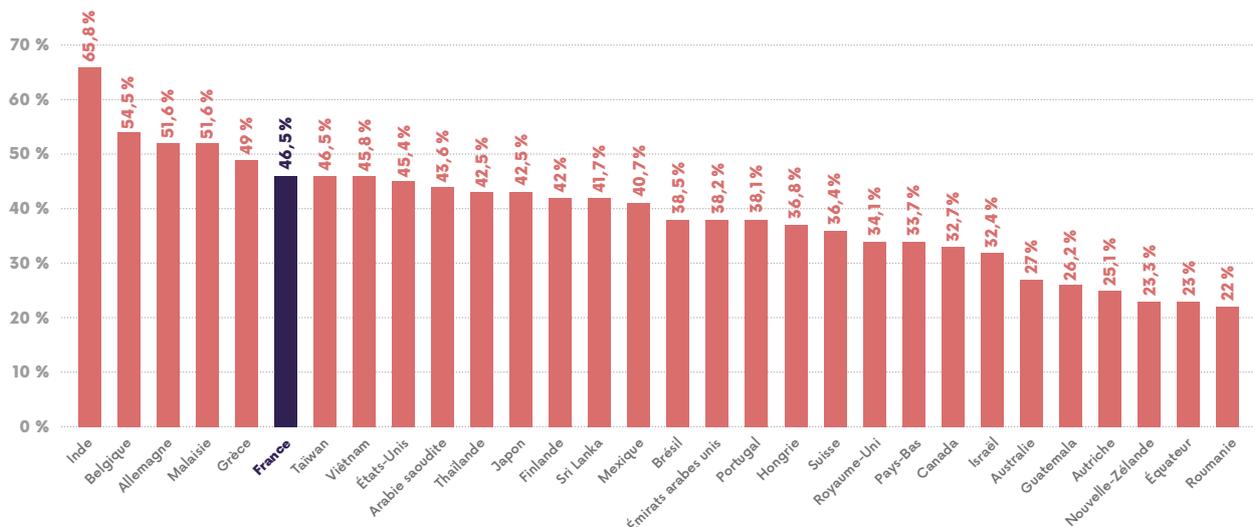
ÉTAT D'AVANCEMENT DE LA TRANSITION VERS IPv6 AU NIVEAU DES DIFFÉRENTS MAILLONS DE LA CHAÎNE TECHNIQUE



😊 Migration vers IPv6 totale ou élevée 😐 Migration vers IPv6 partielle 😞 Migration vers IPv6 faible ou nulle

Source : Arcep

TOP 30 DES PAYS EN TERMES D'UTILISATION D'IPv6



Source : Médiane des données « Google IPv6 adoption », « Akamai IPv6 adoption », « Facebook IPv6 adoption » et « Apnic IPv6 preferred » d'octobre 2021. Seuls sont considérés les pays du Top 100 avec le plus d'internautes

Le baromètre annuel de la transition vers IPv6 a pour objectif de mieux informer les utilisateurs sur ce sujet. Ce baromètre, qui compile à la fois des données produites et mises à disposition par des tiers (Cisco, Google et Afnic) et des données recueillies par l'Arcep directement auprès des principaux opérateurs français²⁸, donne un aperçu de l'état du déploiement d'IPv6 en France pour les différentes parties prenantes impliquées dans la transition. L'Arcep a publié l'édition 2021 de ce baromètre le 29 novembre 2021. Comme exposé ci-après, les parties prenantes se trouvent à différentes étapes de la transition.

L'édition 2021 du baromètre met en évidence une nette progression d'IPv6 en France, avec un taux d'utilisation qui atteint presque 50 %²⁹. La France améliore significativement son classement au

niveau mondial en termes de taux d'utilisation d'IPv6 en passant de la 10^e place à fin 2020 à la 6^e place aujourd'hui d'après la médiane des 4 principales sources de données publiquement disponibles pour évaluer l'utilisation d'IPv6 (Google, Akamai, Facebook et Afnic³⁰). La France se classe en 4^e position au niveau européen, derrière la Belgique, l'Allemagne et la Grèce.

Le baromètre montre en détail l'état de la transition au niveau de chaque acteur de l'écosystème.

Retrouvez les statistiques IPv6, sur le top 100 des pays avec le plus d'internautes mis à jour tous les 2 mois sur le [site de l'Arcep](#).

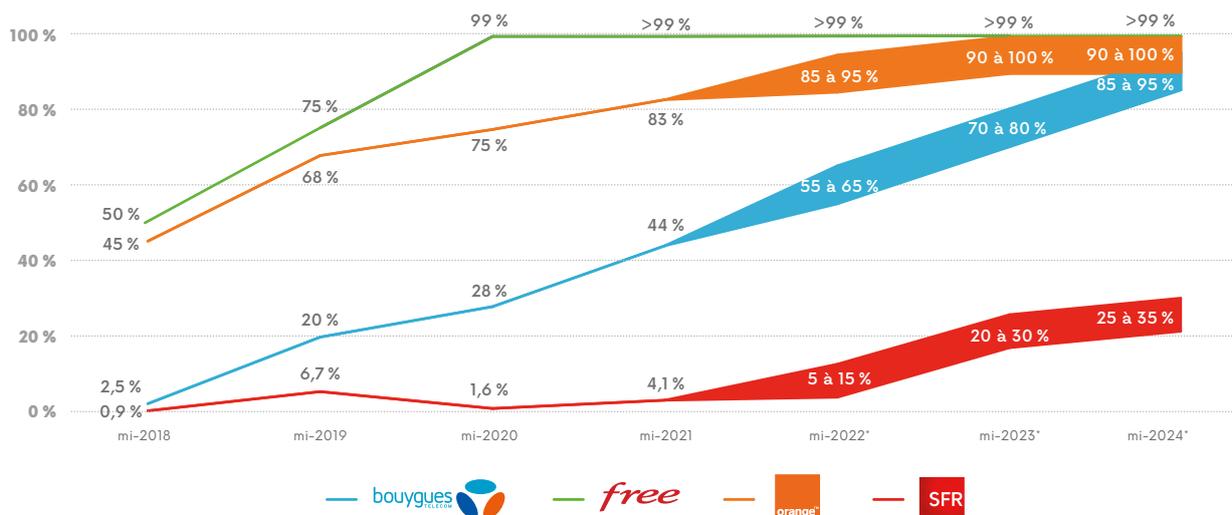
RÉSEAU FIXE : TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



Source : données à fin juin 2021, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs

52

RÉSEAU FIXE : ÉVOLUTION DU TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



* Chiffres susceptibles d'évoluer

Source : données à fin juin 2021, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs

28. Décision n° 2021-0375 de l'Arcep relative à la mise en place d'enquêtes dans le secteur des communications électroniques.

29. Selon « Google IPv6 adoption ».

30. D'après la médiane des données « Google IPv6 adoption », « Akamai IPv6 adoption », « Facebook IPv6 adoption », « Afnic IPv6 preferred » d'octobre 2020. L'agrégation des données entre les pays est réalisée au prorata du nombre d'utilisateurs d'internet (source Wikipédia, données en date du 20/10/2020). La médiane entre les 4 sources est calculée pays par pays, avant d'être agrégée au prorata du nombre d'utilisateurs d'internet dans chaque région.

2.1. Fournisseurs d'accès à internet fixe

Les schémas suivants exposent la situation actuelle du déploiement d'IPv6 ainsi que les prévisions au niveau du réseau fixe des principaux opérateurs en France.

Sur le réseau fixe, en ce qui concerne les principaux opérateurs télécom en France, l'Arcep constate des disparités importantes dans la transition vers IPv6 :

- Le taux de clients activés en IPv6 sur le réseau de SFR toutes technologies confondues est passé de 1,6 % à mi-2020 à 4,1 % à mi-2021. Les activations à venir demeurent également insuffisantes (entre 20 et 30 % à mi-2023 et entre 25 et 35 % à mi-2023), SFR est invité à accélérer fortement sa transition vers IPv6 sur son réseau fixe, en particulier sur le FttH, et à entamer cette transition sur le câble. Une grande majorité des clients n'activant pas IPv6 manuellement, SFR est encouragé à réaliser cette activation par défaut de façon systématique.
- Bien que des efforts de déploiement soient observés (environ 44 % de clients activés à mi-2021 contre 28 % à mi-2020), Bouygues Telecom est à nouveau encouragé à poursuivre et accélérer les efforts de déploiement d'IPv6 sur leur réseau fixe.
- Sur les réseaux fixes, les taux actuels de clients activés de Free et d'Orange sont relativement élevés (respectivement supérieurs à 99 % et 83 %) et ont progressé. Les projections à mi-2024 pour Orange sont encourageantes (entre 90 et 100 %).
- Bouygues Telecom, Free et Orange sont invités à entamer au plus vite la transition sur la 4G fixe. SFR, ayant l'intégralité de ses clients 4G fixe IPv6-*ready*, est en particulier invité à réaliser l'activation d'IPv6 par défaut sur cette technologie.

Concernant les opérateurs qui ont entre 5 000 et 3 millions de clients grand public sur le marché fixe, plusieurs initiatives d'opérateurs sont encourageantes, notamment Orne THD qui a déjà migré l'intégralité de ses clients depuis 2019 et Vialis qui a débuté sa transition l'année dernière (1 % à mi-2020) et a déjà activé IPv6 auprès de 88 % de ses clients. Zeop quant à lui est passé de 0,1 % à mi-2020 à 21 % à mi-2021. Les taux de clients activés en IPv6 chez Coriolis (72 %), K-Net (17%) et OVH Télécom (19 %) ont diminué par rapport à l'année dernière, ce qui semble préoccupant.

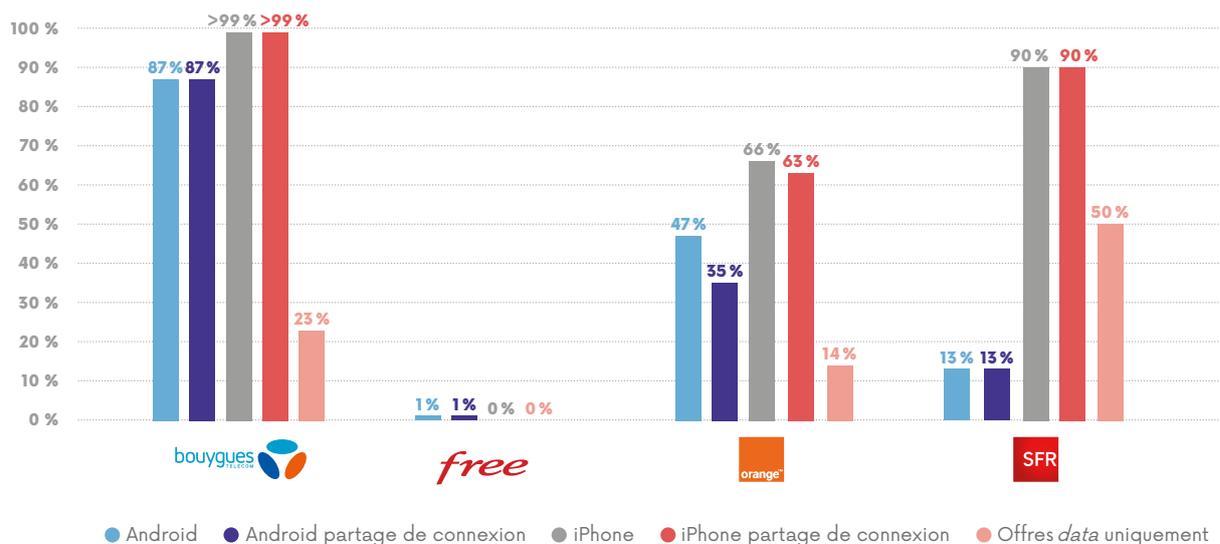
À l'inverse Alsatis, bigblu, Nordnet, Ozone, SFR Caraïbe, SFR Réunion Mayotte, VidéoFutur et Wifirst n'ont pas initié leurs transitions vers IPv6 et n'envisagent pas encore de le faire à date. K-Net et OVH Télécom n'ont pas été en mesure de transmettre leurs prévisions de déploiement. Même si plusieurs opérateurs prévoient d'accélérer leur transition en 2021 (Coriolis Telecom, Vialis et Zeop) et que deux opérateurs supplémentaires (Canal+ et Tubéo) envisagent d'entamer leur transition l'année prochaine, le déploiement semble encore insuffisant pour répondre à la pénurie d'IPv4³¹.

Afin d'améliorer le suivi de la transition vers IPv6, l'Arcep a élargi depuis 2020 la collecte d'informations aux opérateurs aux principaux opérateurs sur le marché « entreprises » qui proposent des offres « Pro » sur le réseau fixe. L'Arcep constate que le déploiement d'IPv6 est encore insuffisant et appelle les opérateurs à proposer IPv6 dans leurs offres à destination des entreprises³².

2.2. Opérateurs mobiles

Les schémas suivants exposent la situation actuelle du déploiement d'IPv6 ainsi que les prévisions au niveau du réseau mobile des principaux opérateurs en France.

RÉSEAU MOBILE : TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6

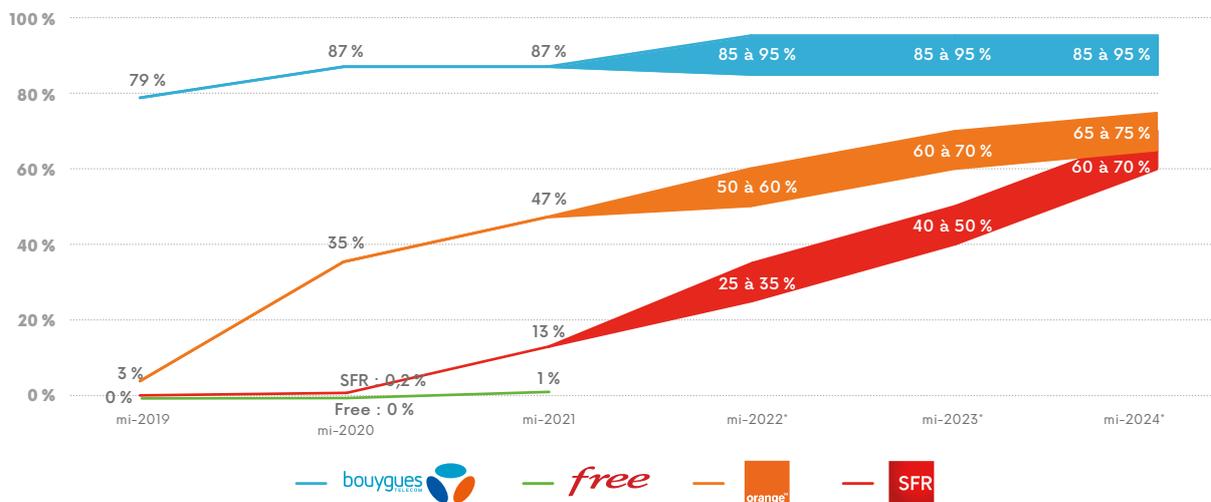


Source : données à fin juin 2021, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs

31. Baromètre Arcep IPv6 2021, « Les opérateurs grand public ayant entre 5 000 et 3 millions de clients sur le réseau fixe ». [À retrouver ici](#).

32. Baromètre Arcep IPv6 2021, « Les opérateurs proposant des offres "Pro" sur le réseau fixe ». [À retrouver ici](#).

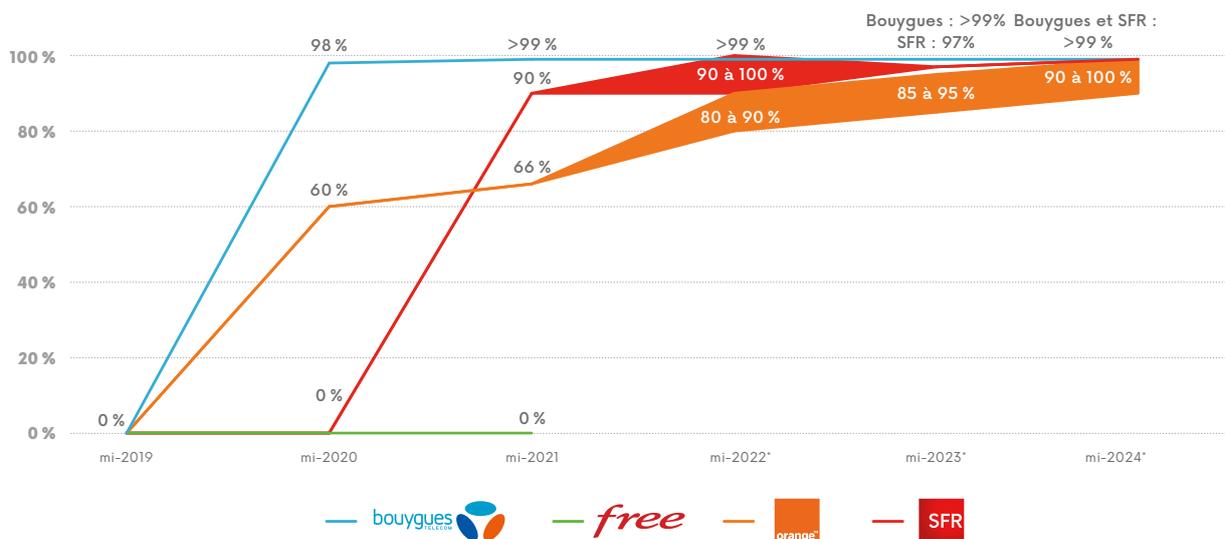
ANDROID : ÉVOLUTION DU TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



* Chiffres susceptibles d'évoluer

Source : données à fin juin 2021, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs

iPHONE : ÉVOLUTION DU TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



* Chiffres susceptibles d'évoluer

Source : données à fin juin 2021, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs

L'Arcep note des progrès importants dans le déploiement d'IPv6 sur le réseau mobile mais invite les opérateurs à poursuivre leurs efforts pour accélérer l'activation d'IPv6 au niveau de leurs différentes offres :

- Bouygues Telecom a mené un déploiement notable sur les réseaux mobiles, avec 87 % de clients Android et plus de 99 % de clients iPhone activés en IPv6 à mi-2021.
- Le déploiement d'IPv6 sur le réseau mobile d'Orange est aussi à noter (47 % de clients Android et 66 % de clients iPhone activés en IPv6). Orange est invité à poursuivre les activations en IPv6 des terminaux mobiles.
- SFR a mené un déploiement remarquable d'IPv6 pour ses clients iPhone. Le taux de clients iPhone activés en IPv6 de SFR est ainsi

passé de 0 % à mi-2020 à 90 % à mi-2021. Les clients Android activés en IPv6 à mi-2021 (13 %) ainsi que les prévisions de déploiement sur Android semblant néanmoins insuffisantes pour faire face à la pénurie d'IPv4, SFR est encouragé à accélérer les activations des terminaux Android en IPv6. Il est particulièrement regrettable que Free Mobile n'active pas par défaut les clients en IPv6 sur son réseau mobile, ce qui se traduit par un très faible pourcentage de clients IPv6 activés (1 % pour Android et 0 % pour iPhone) et n'ait pas été en mesure de transmettre des prévisions concernant les activations à venir.

- Les opérateurs sont invités à accélérer le déploiement d'IPv6 sur leurs offres « data uniquement ».

- Afin d'avoir un meilleur suivi de la transition vers IPv6 auprès des différents opérateurs mobiles en France, en plus des full-MVNO³³ déjà présents dans les précédentes éditions du présent baromètre, l'Arcep a élargi sa collecte d'information pour inclure les light-MVNO³⁴.

Parmi les opérateurs ayant entre 5 000 et 3 millions de clients en France métropolitaine, grâce au déploiement d'IPv6 au niveau des réseaux des principaux opérateurs en France, les opérateurs mobiles ayant entre 5 000 et 3 millions de clients qui exploitent directement les APN de ces opérateurs peuvent fournir de l'IPv6 à leurs clients. Cependant, certains qui ont leurs propres APN (China Telecom CTEExcelbiz, Coriolis Telecom, Lebara Mobile, Lycamobile, Syma Mobile et Transatel) n'ont pas encore entamé leur transition et n'envisagent pas de le faire. Au

niveau des DROM, Zeop est l'unique opérateur mobile ayant entre 5 000 et 3 millions de clients qui a commencé à activer IPv6 sur son réseau (30 % à mi-2021) et prévoit entre 35 et 45 % de clients activés en IPv6 d'ici mi-2022. Les autres opérateurs ne prévoient pas de mettre en place IPv6 d'ici mi-2022. Plus d'informations sont disponibles dans le baromètre IPv6³⁵.

En ce qui concerne les opérateurs proposant des offres « Pro » sur le réseau mobile, des disparités importantes entre les opérateurs sont observées. Les opérateurs sont donc invités à initier et accélérer le déploiement d'IPv6 sur l'intégralité de leurs offres à destination des entreprises. Plus d'informations sont disponibles dans le baromètre IPv6³⁶.



Obligation de compatibilité IPv6 pour les opérateurs qui se sont vu attribuer des fréquences 5G

L'Arcep a introduit une obligation de support d'IPv6 lors de l'attribution de nouvelles fréquences :

- France métropolitaine : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences 5G dans la bande 3,5 GHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2020* » (extrait de la [décision n° 2019-1386](#));
- La Réunion : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences dans la bande 700 MHz et 3,5 GHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2022* » (extrait de la [decision n° 2021-0590](#));
- Mayotte : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences dans la bande 700 MHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2022* » (extrait de la [decision n° 2021-0591](#)).

L'objectif, tel que précisé dans les motifs, est d'assurer l'interopérabilité des services et ne pas freiner l'utilisation de services uniquement disponibles en IPv6, dans un contexte d'augmentation du nombre de terminaux et d'une pénurie d'adresses IPv4 au RIPE NCC.

Cette obligation est motivée par l'émergence sur internet de services accessibles uniquement en IPv6 (pas de connectivité IPv4). Certaines offres d'hébergement ne proposent plus d'IPv4 par défaut¹ et l'IPv6 est donc la seule solution possible pour accéder au NAS² d'un client qui est connecté à un fournisseur d'accès à internet qui utilise du CG-Nat. Il est donc important que tous les clients puissent activer de l'IPv6 sur leur offre mobile, afin d'accéder à la totalité d'internet.

L'Arcep a également proposé dans sa consultation publique relative à l'attribution de nouvelles fréquences (700 MHz, 900 MHz, 2,1 GHz et 3,5 GHz) dans les territoires d'outre-mer une obligation d'IPv6 :

- Guadeloupe et Martinique : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences dans la bande 700 MHz et 3,5 GHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2022* » (extrait de la [consultation publique](#));
- Saint-Martin : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences dans la bande 700 MHz et 3,5 GHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2022* » (extrait de la [consultation publique](#));
- Saint-Barthélemy : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences dans la bande 700 MHz, 900 MHz, 2,1 GHz et 3,5 GHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2022* » (extrait de la [consultation publique](#));
- Guyane : pour les opérateurs qui se verront attribuer des fréquences dans la bande 700 MHz et 3,5 GHz : « *Le titulaire est tenu de rendre son réseau mobile compatible avec le protocole IPv6 à compter du 31 décembre 2023* » (extrait de la [consultation publique](#)).

1. Cette obligation est motivée par l'émergence sur internet de services accessibles uniquement en IPv6 (pas de connectivité IPv4). Certaines offres d'hébergement ne proposent plus d'IPv4 par défaut.

2. Voir [lexique](#).

33. Voir [lexique](#).

34. Voir [lexique](#).

35. Baromètre Arcep IPv6 2021, « Les opérateurs ayant entre 5 000 et 3 millions de clients sur le réseau mobile ». [À retrouver ici](#).

36. Baromètre Arcep IPv6 2021, « Les opérateurs proposant des offres "Pro" sur le réseau mobile ». [À retrouver ici](#).

Tutoriel



Comment activer IPv6 sur son mobile ?

L'Arcep propose sur [son site internet](#) un tutoriel qui vous explique pas à pas comment activer IPv6 sur votre smartphone Android. Les iPhone ne permettent pas actuellement aux utilisateurs de faire eux-mêmes la modification de protocole, c'est votre opérateur qui fait la demande de modification à Apple.

Pour rappel, la politique d'activation d'IPv6 des principaux opérateurs est la suivante¹ :

RÉSEAU MOBILE : POLITIQUE D'ACTIVATION D'IPv6



	bouygues	free	orange	SFR
IPv6 activé par défaut sur Android	OUI Samsung : S7 ou plus récent Autres constructeurs : nouveaux produits à partir de mars 2018	NON Double activation d'IPv6 par le client nécessaire : sur son espace client Free et sur son terminal Android	OUI Samsung : S10 ou plus récent Autres constructeurs : nouveaux produits commercialisés à partir de mai 2020	OUI Samsung : S21 ou plus récent Autres constructeurs : nouveaux produits à partir de mars 2021
IPv6 activé par défaut sur Android en partage de connexion			OUI Samsung : S20 ou plus récent Autres constructeurs : nouveaux produits commercialisés à partir de janvier 2021	
IPv6 activé par défaut sur iPhone	OUI iPhone 5S ou plus récent, équipé d'iOS 12.2 ou version supérieure	NON Nécessite un iPhone 6S ou plus récent, équipé d'iOS 15.4 ou version supérieure et une activation d'IPv6 par le client sur son espace client	OUI iPhone 7 ou plus récent, équipé d'iOS 13.0 ou version supérieure iPhone 6S, 6S Plus et SE, équipé d'iOS 15.4 ou version supérieure	OUI iPhone 6S ou plus récent, équipé d'iOS 14.3 ou version supérieure
IPv6 activé par défaut sur iPhone en partage de connexion			OUI iPhone 7 ou plus récent, équipé d'iOS 14 ou version supérieure iPhone 6S, 6S Plus et SE, équipé d'iOS 15.4 ou version supérieure	
IPv6 activé par défaut sur les offres data uniquement	OUI Mise à jour progressive des terminaux compatibles	Non concerné	OUI Nouveaux produits à partir de janvier 2021	OUI Nouveaux produits à partir de mars 2021

Source : données à fin mars 2022, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs

Si votre mobile vous propose une mise à jour, n'hésitez pas à l'installer : outre les correctifs comblant des failles de sécurité, permettant de limiter le risque de piratage, la mise à jour pourrait vous apporter IPv6.

Retrouvez sur le site de l'Arcep comment activer IPv6 sur votre mobile Android selon votre opérateur : [À retrouver ici](#).

1. Plus d'informations sont disponibles dans le [baromètre 2021 de la transition vers IPv6 en France](#).

2.3. Hébergeurs web

Les hébergeurs de sites web représentent encore l'un des principaux goulets d'étranglement dans la migration vers IPv6 : sur les principaux sites visités par les Français selon le classement Alexa, seuls 29 % sont accessibles en IPv6 (contre 26 % en octobre 2020)³⁷. On considère qu'un site est accessible en IPv6 lorsqu'il dispose d'un enregistrement IPv6 (« AAAA ») au niveau du serveur DNS. Le taux de pages web accessibles en IPv6 (contenus IPv6) est, quant à lui, significativement plus élevé (62 %)³⁸. La raison en est que les petits fournisseurs de contenu proposent souvent des sites web (au nombre de pages consultées généralement faible) non compatibles avec IPv6.

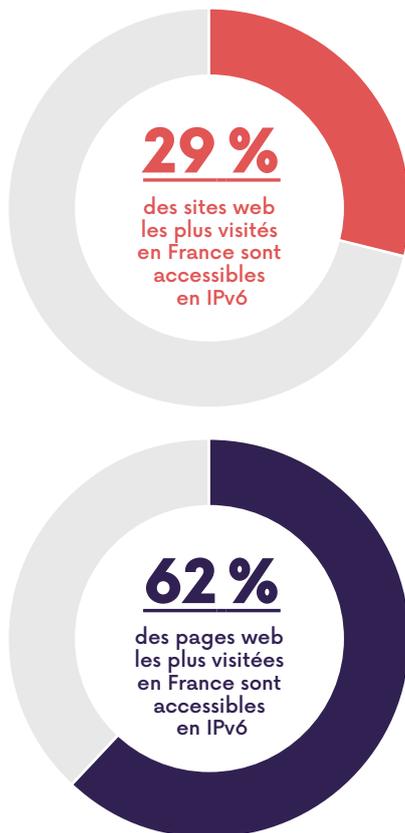
Le taux de sites disponibles en IPv6 est uniquement de 20 % lorsque l'on considère les 3,52 millions de sites web en .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf³⁹. Ce pourcentage est en augmentation depuis 2015, mais le rythme de cette évolution semble loin de pouvoir permettre une transition complète dans les prochaines années.

Même si la grande majorité des sites web accessibles en IPv6 sont également accessibles en IPv4 (les serveurs sont configurés en

double pile avec IPv4 + IPv6), on note une forte augmentation du nombre de sites web accessibles uniquement en IPv6. Certains hébergeurs proposent en effet des offres IPv6-only pour lesquelles l'IPv4 est en option payante. Les sites hébergés sur ces serveurs IPv6-only ne sont alors pas accessibles aux clients d'opérateurs IPv4-only. Cette situation illustre la nécessité de passer à IPv6 pour éviter de voir se développer un internet scindé en deux, IPv4 d'un côté et IPv6 de l'autre.

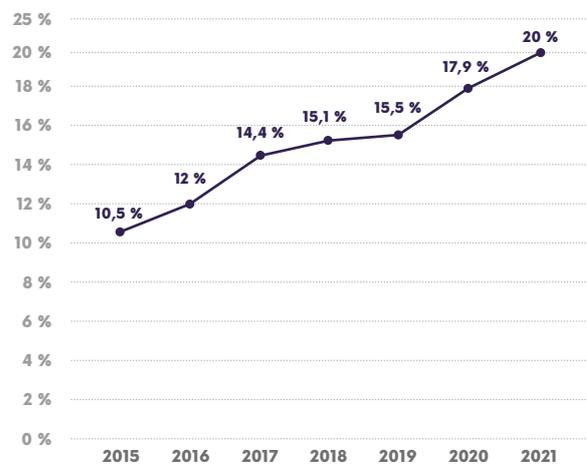
En septembre 2021, on dénombre 1028 noms de domaine en .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf accessibles uniquement en IPv6⁴⁰. Ce nombre a doublé par rapport à 2020 (514 noms de domaine), mais reste très limité.

Même si plusieurs hébergeurs proposent IPv6 dans leurs offres, le taux de sites web accessibles en IPv6 est très faible pour tous les acteurs du top 10 (en nombre de noms de domaine) car il n'est pas activé par défaut. Parmi ces derniers, seuls IONOS 1&1 a plus des trois quarts des sites avec de l'IPv6 et Cloudflare⁴¹ plus de la moitié de sites avec de l'IPv6, leur déploiement constituent donc des exemples à suivre.



Source : 6lab Cisco au 31/10/2021 (6lab.cisco.com)
Données sur le top 730 d'Alexa en France (www.alexa.com/topsites/countries)

ÉVOLUTION DU TAUX DES SITES WEB ACCESSIBLES EN IPv6 sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



Source : données Afnic à août 2021

37. 6lab Cisco au 31/10/2021. Données sur le top 730 d'Alexa en France.

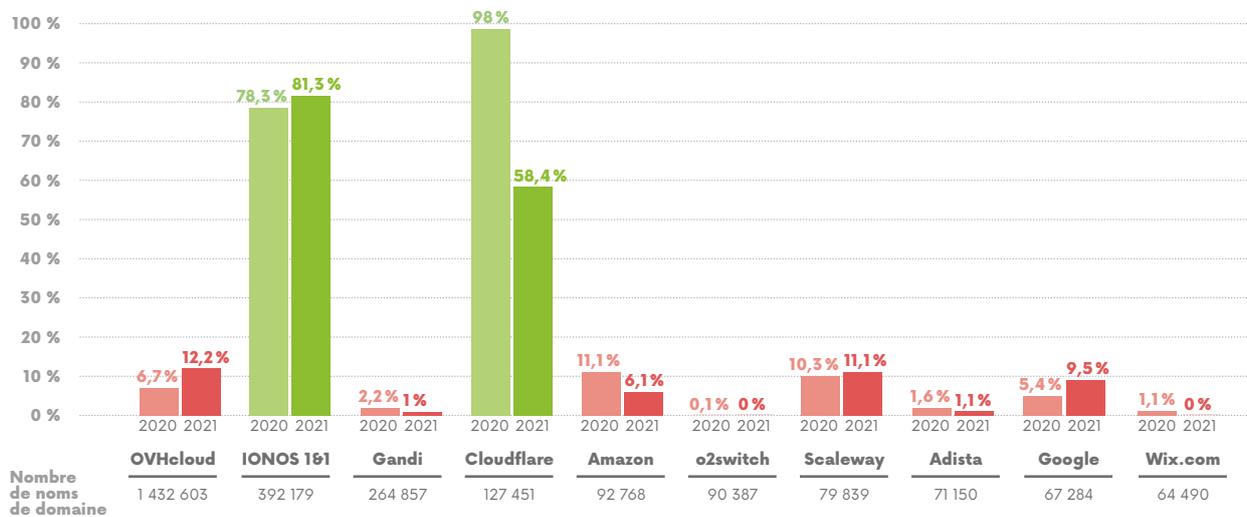
38. *Ibidem*.

39. Données Afnic à août 2021. Ces données sont basées sur des informations de zones DNS et de l'analyse des enregistrements A, AAAA, MX et NS configurés sur un nom de domaine. Les analyses des zones DNS ont été réalisées avec l'outil Zonemaster depuis un serveur de l'Afnic. Pour chaque IP récupérée, une base Maxmind est utilisée pour connaître l'AS annonçant cette IP.

40. Cette analyse se limite à la racine de nom de domaine : un sous-domaine accessible uniquement en IPv6 ne sera pas comptabilisé si la racine du nom de domaine est disponible en IPv4.

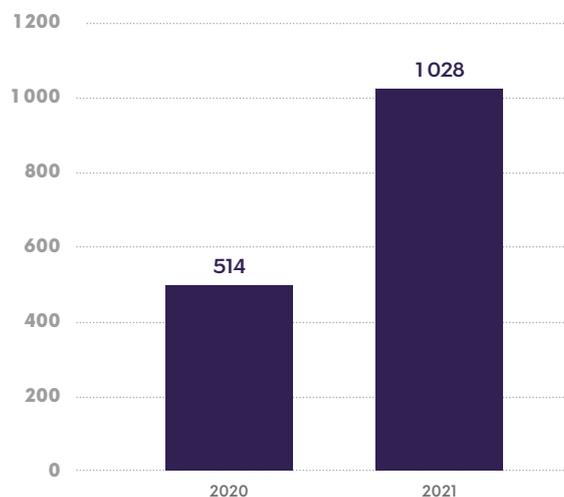
41. Le taux de sites web en IPv6 chez Cloudflare a connu une forte baisse (98 % à mi-2020 contre 58 % à mi-2021). Ceci s'explique par le partenariat entre Cloudflare et Shopify qui amène Cloudflare à annoncer les IP de Shopify qui sont uniquement en IPv4.

TAUX DE SITES WEB ACCESSIBLES EN IPv6 sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



Source : données Afnic à août 2021

NOMBRE DE SITES WEB EN IPv6-ONLY sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf*



* Les sous-domaines ne sont pas testés

Source : données Afnic de septembre 2021

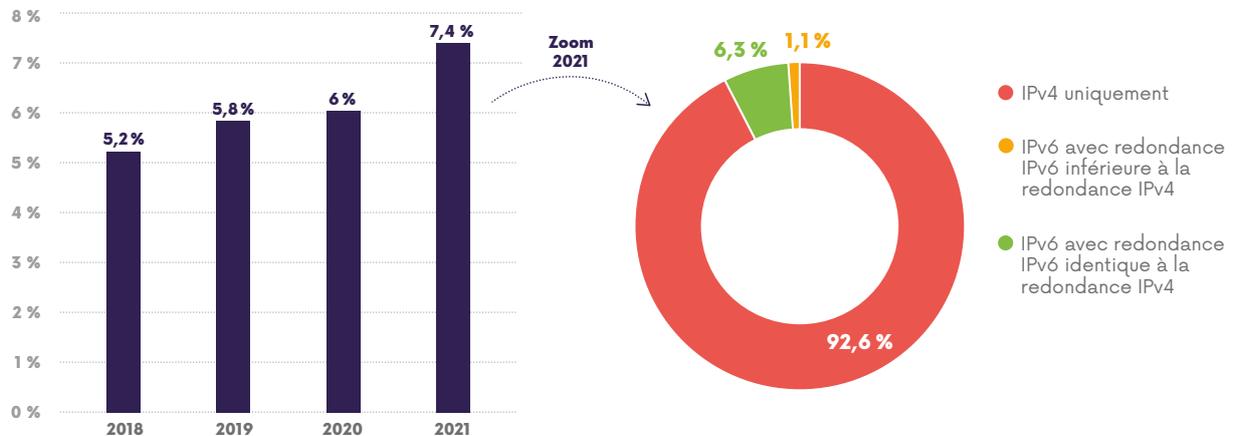
2.4. Hébergeurs mail

La transition des hébergeurs mail connaît également un très fort retard : seuls 7,4 % des serveurs mail sont à ce jour adressés en IPv6 sur l'intégralité des .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf (contre 6 % à mi-2020). Il est à noter qu'un certain nombre d'entre eux comportent un niveau de redondance en IPv6 inférieur à celui atteint en IPv4, et est donc susceptible de poser des problèmes de résilience⁴².

Cette année encore, le taux d'hébergement mail reste alarmant. Le retard sur ce maillon de la chaîne d'internet, s'il n'est pas comblé dans les prochaines années, pourrait obliger à conserver plus longtemps IPv4, avec des coûts inhérents. Seul Google se démarque avec plus de 95 % de noms de domaines en IPv6 pour le mail.

42. Données Afnic, août 2021.

TAUX D'HÉBERGEMENT MAIL ACCESSIBLE EN IPv6 sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



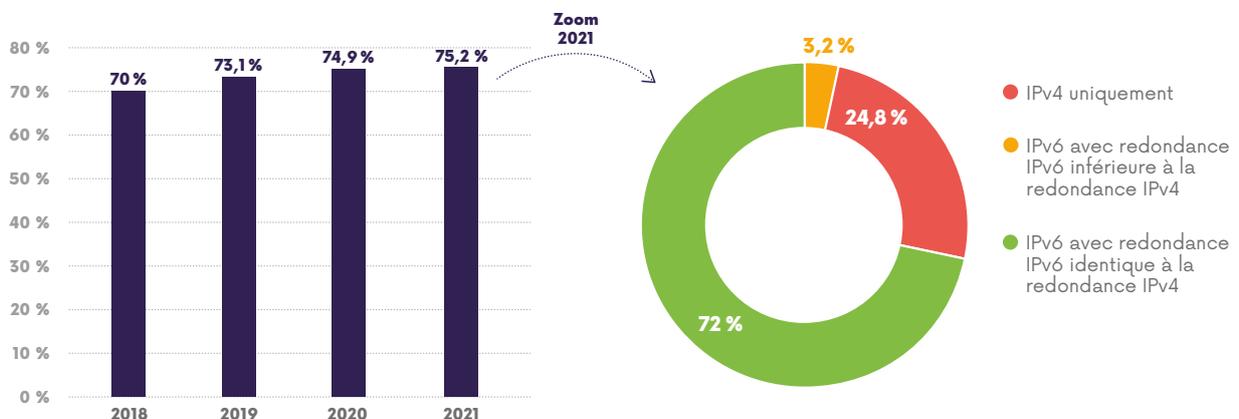
Source : données Afnic à août 2021

2.5. Infrastructure DNS

L'infrastructure DNS permet de traduire un nom de domaine, par exemple www.arcep.fr, en une adresse IP. C'est aujourd'hui le

secteur le plus en avance dans la transition vers IPv6 avec environ 75 % des serveurs faisant autorité⁴³ supportant IPv6. Environ 72%⁴⁴ des serveurs DNS garantissent une résilience d'IPv6 équivalente à celle d'IPv4 (niveau de redondance identique).

TAUX DE SERVEURS DNS ACCESSIBLES EN IPv6 sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



Source : données Afnic à août 2021

2.6. Sites web et services en ligne de l'État (.gouv.fr)

L'exemplarité de l'État dans la transition vers IPv6 étant un des leviers importants pour accélérer la migration, le baromètre a été enrichi cette année avec des indicateurs sur l'avancement de cette transition pour les différents sites web et services en ligne de l'État. L'étude actuelle concerne les 243 sites ayant un suffixe en .gouv.fr et disponibles en HTTPS⁴⁵.

La transition vers IPv6 des serveurs DNS est relativement avancée et a progressé depuis l'année dernière, avec 55 % des serveurs en IPv6, en lien notamment avec la bascule IPv6 de l'hébergement DNS géré par Orange et Cegedim.cloud. L'hébergement mail est par contre uniquement réalisé en IPv4 et le taux de sites web en IPv6 est seulement de 2,9 % pour les sites principaux⁴⁶ et de 0,9 % pour les sites secondaires⁴⁷.

43. Un DNS faisant autorité est un serveur DNS qui fait autorité pour un domaine, c'est-à-dire qu'il détient l'information quant à la résolution d'adresse pour le domaine.

44. Données Afnic, août 2021.

45. Sur les 1 009 noms de domaines avec un suffixe en .gouv.fr existants au mois d'août 2020, seuls les 243 domaines répondant en HTTPS avec un certificat TLS valide ont été pris en compte, afin d'exclure de l'analyse les noms de domaine non maintenus ou ne proposant pas de sites web.

46. Site principal : site proposé par défaut par un moteur de recherche.

47. Site secondaire : site qui redirige vers le site principal (si le site principal est préfixé par « www », le site secondaire est sans le préfixe « www » et inversement).

Même si quelques sites sont disponibles en IPv6, il est regrettable que la grande majorité ne soit encore accessible qu'en IPv4 et que la progression soit très limitée par rapport à l'année dernière, notamment au regard de l'objectif d'exemplarité de l'État en matière de transition vers IPv6. Une attention accrue pourrait être portée à la compatibilité IPv6 lors des évolutions techniques des sites web existants et lors d'appels d'offres pour la création de nouveaux services en ligne.

Pour plus d'informations sur l'état de déploiement d'IPv6, le baromètre de la transition vers IPv6 est disponible sur le site de l'Arcep.

La prochaine édition de ce baromètre sera publiée au second semestre 2022.

3. Les travaux de la task-force dédiée à IPv6 rassemblant l'écosystème d'internet

3.1. La task-force IPv6 est ouverte à l'ensemble de l'écosystème

L'Arcep et Internet Society France ont mis en place une task-force dédiée à IPv6 et ouverte à l'ensemble des acteurs de l'écosystème internet (opérateurs, hébergeurs, entreprises, secteur public, etc.). Elle a pour objectif de favoriser l'accélération de la transition vers le protocole IPv6 en permettant aux participants d'aborder des problèmes spécifiques et de partager les bonnes pratiques.

Le premier axe de travail identifié à l'issue de la première réunion de la taskforce de novembre 2019 est d'encourager les entreprises à effectuer leur transition vers IPv6. La task-force a donc travaillé cette année à la réalisation de guides destinés aux entreprises visant à accélérer leur transition vers ce protocole.

3.2. Les guides « **Entreprises : pourquoi passer à IPv6 ?** » et « **Entreprises : comment déployer IPv6 ?** »

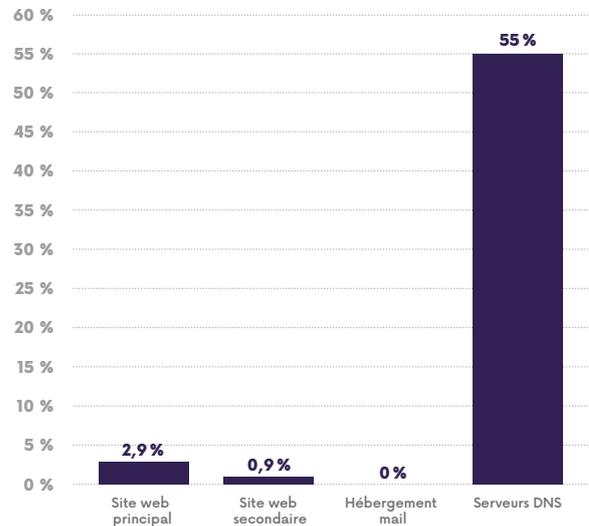
La task-force a publié en décembre 2020 un premier guide qui vise à sensibiliser les entreprises sur l'importance de la transition vers IPv6 et à répondre aux principales questions :

- Quels sont les inconvénients si je reste en IPv4 sur mon réseau local ou si mon site web reste en IPv4 ?
- Dans quels délais est-il possible de migrer mon entreprise vers IPv6 ?
- Quelles parties de l'infrastructure de mon entreprise basculer en IPv6 ?
- Faut-il déployer les ordinateurs et serveurs en double pile ou en IPv6-only (en interne) ?

Vous pourrez également découvrir dans ce guide 4 témoignages d'entreprises qui ont déjà effectué ou sont en train d'effectuer leur transition vers IPv6 :

- EDF, un exemple de migration vers IPv6 du système d'information d'un groupe qui compte 18 millions d'adresses IP et qui est arrivé au bout de ses IPv4 privés. Plutôt que de faire ce qu'ils nomment des « bidouilles » de recouvrement d'IPv4, EDF a décidé de passer certaines parties de son réseau en IPv6-only ;
- Schneider Electric, une grande industrie qui réfléchit à la transition vers IPv6 de son réseau interne car certaines succursales ont

TAUX D'IPv6 SUR LES SITES WEB ET SERVICES EN LIGNE DE L'ÉTAT (.gouv.fr et disponibles en HTTPS)



Source : tests réalisés par l'Arcep en novembre 2021 à partir des données Afnic

besoin d'accéder à des ressources internet qui sont en IPv6-only et des problèmes de sécurité ont été remontés sur des connexions au LAN des box internet qui ont de l'IPv6 activé ;

- Digideo, une société de services en logiciels libres qui a fait le pari d'en finir avec les réseaux NAT en IPv4. Le passage à IPv6 a permis de résoudre les problèmes de NAT pour le personnel devant accéder à des ressources *backend* ;
- L'Olympique Lyonnais, une PME qui a réussi à intégrer la migration vers IPv6 dans le projet global de construction du nouveau stade de l'Olympique Lyonnais, qui permet à plus de 60 000 personnes de communiquer en même temps pendant un match.

La task-force a publié en novembre 2021 un second guide « **Entreprises : comment déployer IPv6 ?** » destiné prioritairement aux experts des systèmes d'information des entreprises afin de les aider à mettre en œuvre la transition vers IPv6. Ce guide vise à aider les équipes informatiques à définir leurs besoins en IPv6, planifier l'implémentation de ce protocole et le déployer au sein de leur entreprise.

3.3. Rejoignez la task-force IPv6



La task-force poursuivra ses travaux pour vous accompagner dans la mise en œuvre de cette transition.

Les personnes qui souhaitent contribuer à ces travaux, partager un retour d'expérience ou mettre en place IPv6 sont invitées à faire part à l'Arcep de leur volonté de rejoindre la task-force via le code QR ci-contre.

La parole à



JEAN-CHARLES BISECCO

Architecte réseau

LES 12 TRAVAUX D'IPv6

« Nous sommes en 2022, il a finalement dépassé 50 % des accès en ligne à l'échelle du pays l'hiver précédent, ce protocole aux longues adresses qui rebutent. Il envahit petit à petit toutes les strates du pays, sur mobile comme sur fixe. Toutes ? Non ! Une catégorie d'irréductibles adeptes de Legacy IP résiste encore et toujours à l'hexadécimal. Et la vie n'est pas facile pour les légions de paquets IPv4 qui traversent les chantres du partage d'IP entre abonnés que représentent 4rd, MAP-T/E et autres technologies d'IPv4aaS. »

Voici peut-être l'introduction d'un futur album d'une célèbre BD expliquant pourquoi IPv4 n'est plus natif chez la plupart des opérateurs mais offert comme un service encapsulé sur un réseau IPv6 natif, BD qu'on pourrait d'ailleurs titrer *Les 12 Travaux d'Ipévessix*.

Plutôt qu'une BD c'est finalement un guide que propose la task-force IPv6 Arcep afin d'aider les entreprises à migrer différentes parties de leur système d'information après avoir établi leur stratégie.

Car a contrario des acteurs majeurs d'internet, IPv6 est encore relativement peu présent sur les bordures de systèmes d'information d'entreprise que sont leur site web, leur messagerie aussi bien que des services plus privés comme l'accès au VPN corporatif ou le proxy permettant aux salariés de naviguer sur internet.

Mais derrière ces quelques exemples de services, ce sont des pans entiers du système que l'on tire. Par exemple le filtrage, l'outillage de configuration, la collecte des logs, autant de briques où l'enchaînement du déploiement est à établir minutieusement.

Il est difficile de trouver sujet plus vaste tant la verticalité d'un SI d'entreprise et l'unicité des applicatifs qu'on y trouve demandent du temps pour parvenir à une transition effective. Ce qui est certain c'est qu'il ne faut plus reculer.

IPv4 devient une ressource tellement rare que certains commencent déjà à la facturer en sus des services tels que l'hébergement. Pratique qui va probablement se répandre.

Les modifications de trafic IPv4 deviennent légion et vont progressivement rendre IPv4 moins efficace qu'IPv6 sur internet pour toutes les connexions initiées par les particuliers, les clients ou les télétravailleurs. Modifications guidées par la rareté de la ressource et le besoin de partage d'IP publiques, qu'on regroupe sous les appellations Approche Adresse + Port (A+P) ou encore IPv4aaS. Arrêtons-nous sur ce dernier terme, il indique bien que l'industrie de transport IP considère qu'IPv4 n'est plus la fondation obligatoire mais devient un simple service offert au-dessus du nouvel IP. Service qui finira bien par voir disparaître.

D'autres pourront également saisir l'opportunité au-delà de la question

d'internet, notamment les grandes structures qui sont arrivées au terme de l'adressage privé IPv4 RFC 1918 en interne et pratiquent aujourd'hui du recouvrement (*overlap*) d'adresses.

Là aussi, le guide vous apportera des réponses et vous permettra d'établir vos orientations.

Il contient également des préconisations de sécurisation, des pratiques pour se simplifier la gestion de l'adressage, et bien d'autres choses encore.

Ce guide a vocation à évoluer, alors n'hésitez pas à poser des questions, à suggérer des modifications et ajouts, et surtout rejoignez la task-force IPv6 Arcep afin que nous puissions échanger ensemble sur les défis de cette grande traversée vers ce nouveau paradigme.



Retrouvez le [guide](#) « Entreprises : comment déployer IPv6 ? »

PARTIE 2

Veiller à l'ouverture d'internet

62

● **CHAPITRE 4**

Garantir la neutralité d'internet

● **CHAPITRE 5**

Contribuer à la régulation des plateformes « *gatekeepers* »

GARANTIR LA NEUTRALITÉ D'INTERNET

À retenir

Le règlement européen internet ouvert garantit l'accès à un internet ouvert à plus de

450 millions de citoyens

européens en leur accordant notamment le **droit d'accéder et de diffuser des informations et contenus en ligne**

Septembre 2021

la Cour de justice de l'Union européenne a rendu 3 arrêts en interprétation du règlement internet ouvert relatifs à la conformité des **pratiques de zero-rating au règlement internet ouvert**

295 signalements

relatifs à la neutralité du net ont été remontés en 2021 via la plateforme « **J'alerte l'Arcep** »

La neutralité du net, neutralité d'internet, ou encore neutralité des réseaux, est une notion popularisée en 2003 par Tim Wu, professeur de droit à l'université Columbia à New York⁴⁸. Elle permet de garantir l'égalité de traitement et d'acheminement de tous les flux d'information sur internet, quel que soit leur émetteur ou leur destinataire.

1. La neutralité du net : un principe fondateur d'internet garanti par les textes

Les principes fondateurs d'internet, notamment l'ouverture « *by design* », font d'internet un espace de liberté d'expression, de communication, d'accès au savoir et de partage, mais aussi d'innovation. L'émergence du concept de neutralité du net a pour objectif de protéger l'exercice de ces libertés fondatrices d'internet.

En effet, le principe de neutralité du net interdit la création d'accès à internet « à plusieurs vitesses », par une gestion favorisant certains flux d'information au détriment d'autres (pratiques discriminantes), ou la création d'accès à internet limités (à certains contenus ou à certaines plateformes).

In fine, la neutralité du net préserve l'ouverture « *by design* » d'internet, offrant aussi des externalités positives importantes en matière

d'innovation et de protection des droits des utilisateurs finaux.

Depuis 2016, le législateur européen protège la neutralité du net, en reconnaissant dans son règlement sur l'internet ouvert⁴⁹ :

- le droit des utilisateurs « *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, quel que soit le lieu où se trouve l'utilisateur final ou le fournisseur, et quels que soient le lieu, l'origine ou la destination de l'information, du contenu, de l'application ou du service, par l'intermédiaire de leur service d'accès à l'internet*⁵⁰ ».
- le devoir des fournisseurs d'accès internet de traiter « *tout le trafic de façon égale et sans discrimination, restriction ou interférence, quels que soient l'expéditeur et le destinataire, les contenus consultés ou diffusés, les applications ou les services utilisés ou fournis ou les équipements terminaux utilisés*⁵¹ »

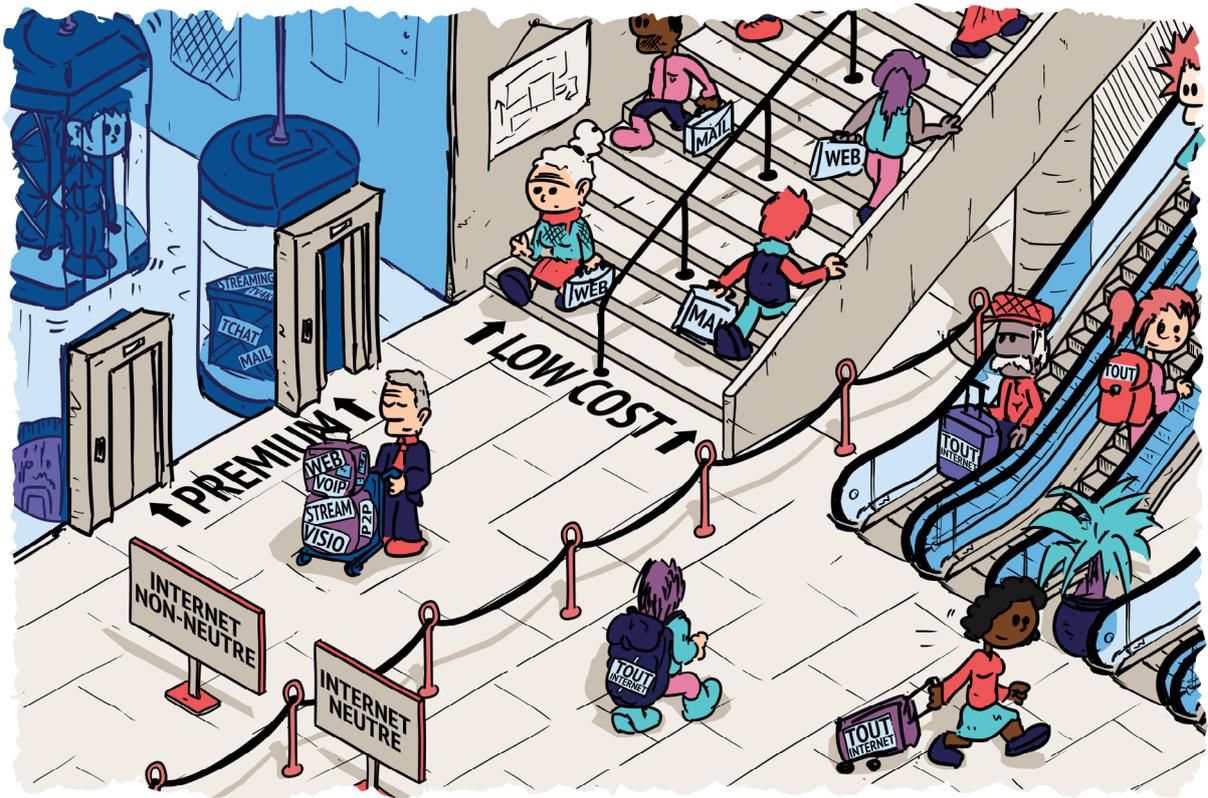
Au total, l'accès à internet de 450 millions de citoyens européens est protégé par ce règlement européen et les lignes directrices relatives à sa mise en œuvre, publiées en 2016 puis mises à jour en 2020 par le BEREC, l'organe des régulateurs européens des communications électroniques.

48. Tim Wu, Network Neutrality, Broadband Discrimination, *Journal of telecommunications and high technology law*, vol. 2, p. 141, 2003. [À retrouver ici](#).

49. Règlement (UE) 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert. [À retrouver ici](#).

50. Article 3(1) du règlement internet ouvert n° 2015/2120.

51. Article 3(3) du règlement européen n° 2015/2120.



La parole à



STÉPHANE BORTZMEIER

Expert internet - Afnic

MAIS C'EST QUOI, CETTE FAMEUSE NEUTRALITÉ D'INTERNET ?

Depuis de nombreuses années, la question de la « neutralité d'internet » revient régulièrement.

L'un des problèmes soulevés dans les débats autour de cette question est que ce terme peut désigner beaucoup de choses différentes. Explorons ce vaste débat.

Traditionnellement, les discussions sur la neutralité du réseau commencent par une analogie avec un service du monde physique. Conformons-nous aux traditions et prenons l'exemple du métro à Paris, géré par la RATP (si vous trouvez cela trop parisien, vous pouvez prendre le métro dans une autre ville, ou bien un service d'autobus ou de TER). Le métro est neutre dans la mesure où il ne fait pas de différence entre ses passagers. Que ceux-ci ou celles-ci se déplacent pour leur travail, ou leurs loisirs, ou bien juste pour le plaisir de prendre le métro (!), ils et elles sont traités de manière identique. Les passagers seraient très surpris, et probablement plutôt mécontents, si certaines heures étaient réservées aux déplacements professionnels ou bien si la RATP pouvait vous empêcher de prendre le métro parce qu'elle estime que votre déplacement n'est pas réellement important.

Bien sûr, le métro n'est pas totalement neutre. Par exemple, le règlement de

la RATP exclut explicitement les personnes en état d'ivresse, qui n'ont pas le droit de prendre le métro, en raison du risque qu'elles feraient courir à tous. Plus subtiles sont certaines limites qui ne sont pas écrites noir sur blanc, par exemple la non-accessibilité aux handicapé-es, qui n'est pas explicite mais qui, en pratique, gêne l'utilisation par certain-es. Bref, la neutralité totale et absolue n'existe pas et la question est donc « Quelles limites et qui les définit ? »

Pour revenir à internet, la neutralité est le fait que le réseau ne soit qu'un tuyau, un service, et qu'il n'ait pas d'évaluation de l'importance ou de la légitimité de vos usages. Le réseau, simple intermédiaire, ne devrait pas décider si on regarde des vidéos sur YouTube ou sur le service décentralisé PeerTube ou, d'ailleurs, si on regarde des vidéos ou pas. Ce n'est pas son rôle. Pourtant, chacun estime qu'il y a des usages plus ou moins importants ou plus ou moins légitimes. Mais chacun a sa définition de l'importance et de la légitimité, et elles ne sont pas compatibles. La neutralité est donc une reconnaissance de cette diversité des usages et il est donc crucial que ce principe de neutralité soit affirmé et réaffirmé.

Comme pour le métro, toute la difficulté est dans la définition des limites.

Un exemple simple est celui des attaques par déni de service, lorsqu'un assaillant tente de noyer un service sous les requêtes, frappant ainsi souvent le réseau. Comme pour l'ivrogne dans le métro, personne ne défendra qu'il s'agit d'un usage légitime. Mais il est important que ces restrictions soient décidées de manière claire, objective et transparente.

Comme pour l'accessibilité du métro, les règles les plus importantes ne sont pas toujours écrites. Si le réseau bloque ou ralentit certains services, la neutralité est violée, même si ça n'apparaît pas dans un texte. Ainsi, beaucoup d'offres d'accès internet ne permettent pas facilement d'héberger un serveur chez soi, parce qu'elles n'incluent pas IPv6 (qui permet une abondance d'adresses IP et donc évite les systèmes de traduction d'adresses). Sans supprimer complètement la neutralité, ce genre de limitation va la réduire, et réduire ses bénéfices. (Par exemple, dans ce cas, elle encourage la concentration chez quelques gros acteurs.)

La neutralité reste donc un objectif essentiel. Son application pratique dans les cas concrets n'est pas toujours facile, mais il est très important de garder l'objectif en tête et de souligner son rôle bénéfique pour internet.

En octobre 2016, la loi pour une République numérique a désigné l'Arcep comme l'Autorité en charge de veiller à l'application du règlement européen internet ouvert. L'Arcep a donc désormais pour mission de surveiller les pratiques des fournisseurs d'accès internet qui pourraient écorner le principe de neutralité, de conduire des enquêtes ou de prononcer des sanctions pouvant atteindre jusqu'à 3 % du chiffre d'affaires des opérateurs.

La neutralité du net permet ainsi à chaque utilisateur final de décider librement de la manière dont il utilise internet. Cette capacité à recevoir et à communiquer librement contribue directement à promouvoir certains droits des utilisateurs finaux : le maintien de la diversité et du pluralisme des contenus médiatiques, la liberté d'expression ou encore le droit d'accès à l'information. Préserver la neutralité d'internet, c'est aussi préserver l'exercice effectif des droits fondamentaux des utilisateurs finaux.

2. Une participation active renouvelée au niveau européen

En 2021, l'Arcep et ses homologues européens ont préparé une modification des lignes directrices relatives à la mise en œuvre du règlement internet ouvert, pour faire suite aux récents arrêts de la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE).

La CJUE a rendu le 2 septembre 2021 3 arrêts⁵² en matière de neutralité du net relatifs à des pratiques de *zero-rating* mises en œuvre par 2 opérateurs allemands : Vodafone et Telekom Deutschland. Ces arrêts répondent aux différentes questions préjudicielles posées par les juridictions allemandes à la CJUE portant sur la légalité des obligations contractuelles qui entourent l'utilisation d'une option dite de *zero-rating*⁵³.

CADRE DE RÉGULATION EUROPÉEN EN MATIÈRE DE NEUTRALITÉ D'INTERNET



Source : Arcep

52. CJUE, 2 septembre 2021, Vodafone et Telekom Deutschland (affaires C-854/19, C-5/20 et C-34/20).

53. Une option tarifaire dite à « tarif nul » est une pratique commerciale par laquelle un fournisseur d'accès à internet applique un « tarif nul » ou plus avantageux, à tout ou partie du trafic de données associé à une application ou une catégorie d'applications spécifiques, proposées par des partenaires dudit fournisseur d'accès. Ces données ne sont donc pas décomptées du volume de données acheté dans le cadre du forfait de base. Une telle option, proposée dans le cadre de forfaits limités, permet ainsi aux fournisseurs d'accès à internet d'accroître l'attractivité de leur offre.

La parole à



ORIANE PIQUER-LOUIS

Coordonnatrice du groupe de travail Régulation des télécoms de la Fédération FDN

LA NEUTRALITÉ DU NET EST UNE BONNE IDÉE, INTERDIRE LE ZERO-RATING AUSSI

Depuis l'adoption du règlement européen sur l'internet ouvert — il y a déjà 6 ans — la neutralité du net peut paraître acquise, comme d'autres droits conquis de haute lutte qui figurent aujourd'hui dans notre corpus législatif. Mais il faut rester vigilant. Si l'on peut se féliciter de l'existence de cette pierre angulaire pour la défense de la neutralité du net et de sa transposition par le BEREC dans ses lignes directrices, l'impression trompeuse d'avoir ainsi « réglé » la question masque les demandes permanentes d'exceptions de la part des opérateurs, alors même que le régulateur avait déjà fait deux concessions : les « services spécialisés » et le *zero-rating*.

Force est de constater que la décision rendue par la Cour de justice de l'Union européenne en septembre 2021 contre le *zero-rating* (ne pas décompter du forfait des utilisateurs finaux l'accès à un certain service) a fait événement dans une année où le reste des sujets a peu bougé. La CJUE a en effet déclaré, dans 3 arrêts, que cette pratique est contraire à l'article 3, paragraphe 3, du règlement sur l'internet ouvert. C'est une bonne nouvelle : les associations dont j'ai fait partie n'ont eu de cesse de mettre en garde sur cette exception.

La neutralité du net constitue le versant numérique des libertés d'expression et d'information. Il s'agit de garantir à l'utilisateur final que lorsqu'il lit ou écrit sur internet, ces libertés fondamentales sont respectées. Cela va un peu plus loin que la lettre du texte européen qui ne parle que d'« internet ouvert » : ouvrir internet à tous les acteurs du marché et garantir l'exercice de droits et libertés fondamentales ce n'est pas exactement la même chose, même si l'un peut permettre l'autre.

Ces libertés émergent en Europe à la fin du XVIII^e siècle. Dans *Qu'est-ce que les Lumières ?*, Kant nous montre comment l'explosion d'une presse indépendante et diverse, et la structuration d'une discussion scientifique au niveau européen, ont permis aux peuples d'Europe de commencer à penser par eux-mêmes, et donc de choisir leur gouvernement, sortant de « l'état de tutelle » dans lequel la religion, notamment, les place. Les enfants sont sous tutelle : ce sont leurs parents qui décident pour eux. Cette tutelle est levée à l'âge adulte, où l'on devient libre de penser et d'agir par soi-même, et donc responsable. C'est pour cela que les libertés d'expression et d'information sont le fondement de nos démocraties : le pluralisme de la presse et le débat public permettent au citoyen de se forger un avis indépendant, nécessaire pour élire en conscience un représentant, pour agir en adulte.

Aujourd'hui, en étant situé à l'interface entre internet et l'utilisateur final, le FAI a un grand pouvoir sur la manière dont ces droits fondamentaux sont concrètement respectés à l'ère numérique, et donc une responsabilité équivalente. La neutralité technique qui lui est demandée a un intérêt fondamental : traiter les contenus et services de la même manière, c'est traiter l'utilisateur final en adulte. C'est bien lui qui choisit.

Or le *zero-rating* a un effet indéniable de suggestion d'un contenu ou d'une source particulière d'information. L'utilisateur final a le choix, mais celui-ci est illusoire : l'absence de décompte du forfait attire naturellement les utilisateurs finaux vers telle application ou telle source d'information. Ici, le FAI sort de la neutralité et cesse de traiter l'utilisateur final en adulte, en lui apportant sur un plateau un contenu ou un service qui fait l'objet d'un traitement préférentiel. Il lui dit quoi faire et quoi lire.

Malgré ce qu'en disent certains, la neutralité du net est une bonne idée : nous avons besoin qu'internet reste un outil d'émancipation des citoyens. Il reste énormément de travail pour améliorer et outiller — fut-ce avec des mesures et des sanctions — le corpus de règles de 2015. Arrêter de considérer le *zero-rating* comme une exception acceptable est une étape dans la bonne direction, mais ne baissons pas la garde.

La parole à



THOMAS LOHNINGER

Directeur général de l'ONG autrichienne de défense des droits numérique epicenter.works, vice-président de l'*European Digital Rights* (EDRi) et membre du Centre Internet et Société de l'Université de droit de Stanford.

L'UNION EUROPÉENNE RECULE SUR LA NEUTRALITÉ DU NET À L'ÈRE DE DONALD TRUMP

En 2021, la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) a déclaré, dans 3 affaires allemandes¹, que la pratique de *zéro-rating* était illicite en vertu du règlement européen sur la neutralité du net². Ces arrêts sont remarquables à plusieurs égards. Premièrement, ils étaient inattendus et ont amené à une révision directe des lignes directrices sur la neutralité du net du BEREC. Deuxièmement, ils sont conformes à la position de longue date de la société civile selon laquelle les pratiques de tarification différenciée en fonction de l'application (qui incluent, mais ne se limitent pas, au *zéro-rating* d'applications) constituent une pratique préjudiciable interdite par l'obligation de « traiter tout le trafic de manière égale » d'après le règlement européen sur la neutralité d'internet³.

Depuis 2015, la société civile a communiqué cette lecture du règlement au BEREC dans plusieurs réponses de consultations publiques (2016 et 2019), auditions (2015 et 2019) et lettres ouvertes (2016). Malheureusement, en vain. Ces échanges sont la preuve que l'inaction de 6 ans des régulateurs télécom ne peut être attribuée à de la négligence, mais de l'inaction volontaire pour faire appliquer leur mandat légal. Étant donné que les pratiques de *zéro-rating* sont largement répandues dans tous les pays de l'[espace économique](#)

européen (EEE), sauf 2, il aurait appartenu à n'importe lequel des 30 régulateurs de ces pays d'intenter une action en justice, mais ce fut finalement à la CJUE de répondre à une question qu'aucun régulateur n'a osé poser.

Deux leçons doivent être tirées de cette situation. Premièrement, l'importance attachée au sein du BEREC à la protection des consommateurs et aux acteurs de la société civile est déséquilibrée par rapport à celle attachée aux acteurs de l'industrie. Deuxièmement, l'application des lignes directrices actualisées doit être rapide, complète et adaptée au préjudice, comme l'a affirmé la CJUE dans ses arrêts. Tout retard dans la mise en œuvre à ce stade soulèverait des questions de captation de la réglementation et d'incertitude juridique.

L'année 2022 aurait pu être un moment de pause et de réorientation du débat réglementaire sur internet en Europe. Malheureusement, cela n'a pas été le cas et nous sommes revenus au débat d'il y a 10 ans. Le 2 mai 2022, les commissaires Vestager et Breton ont annoncé la suppression des protections fondamentales de la neutralité du réseau en introduisant le principe de l'[expéditeur payeur](#). Cette vieille idée d'un marché biface provient des frais de terminaison d'appel de l'ère de la téléphonie et a été rejetée à de nombreuses reprises

pour internet, notamment lors de la réunion de l'UIT en 2012, lorsque l'industrie des télécommunications a tenté de le faire adopter comme modèle mondial pour internet. À l'époque, cela a fait l'objet de nombreuses critiques de la part d'ONG, d'universitaires, de personnalités d'internet, et même de la commissaire Neelie Kroes. Les seuls à soutenir cette idée étaient les États autoritaires qui y voyaient un moyen de prendre le contrôle d'internet. Un marché biface ne prend pas en compte les abonnés qui paient pour que le trafic soit envoyé sur le réseau de leur opérateur. Ce modèle néglige également le coût supplémentaire d'entrée sur le marché pour les start-up, en particulier dans un marché d'accès segmenté comme en Europe. L'ironie du sort est que le secteur des télécommunications ait jusqu'à récemment encouragé le trafic des grands fournisseurs de contenu en les excluant du plafond de données des utilisateurs et qu'ils veuillent maintenant obtenir un supplément pour ce même volume de données.

Il n'y a qu'un seul précédent historique à ce que les commissaires Vestager et Breton proposent pour internet en Europe : c'est l'abolition complète des protections de la neutralité du net sous l'administration Donald Trump. C'est peut-être là que nous finirons.

1. CJUE, 2 septembre 2021, Vodafone et Telekom Deutschland (affaires C-854/19, C-5/20 et C-34/20).

2. Règlement (UE) 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert. [À retrouver ici](#).

3. Article 3(3) paragraphe 1 du règlement (EU) 2015/2120.

La Cour a eu antérieurement l'occasion de se prononcer sur des pratiques de *zero-rating*, dans deux affaires remontées par une juridiction hongroise (arrêt du 15 septembre 2020, Telenor Magyarország, C-807/18 et C-39/19). Dans ces affaires, la Cour avait uniquement statué sur les pratiques concernées sans traiter le fond de la question des pratiques commerciales autorisées par le règlement internet ouvert (validant l'interdiction par le régulateur de deux pratiques de *zero-rating* qui comportaient un traitement technique différencié du trafic).

Or cette fois-ci, pour répondre aux différentes questions préjudicielles, la CJUE a estimé nécessaire d'interroger au préalable la légalité générale d'une pratique commerciale de *zero-rating* au regard de l'article 3 paragraphe 3 du règlement internet ouvert. Ce dernier prévoit que les fournisseurs d'accès à internet doivent traiter tout le trafic de façon égale et sans discrimination, restriction ou interférence, quels que soient les applications ou les services utilisés. Toute différence de traitement doit ne pas reposer sur des considérations commerciales et être dûment motivée au titre des exceptions permises par le règlement, ce qui n'était pas le cas dans les affaires concernées. Par ses arrêts, la Cour de justice rappelle qu'une option à « tarif nul », telle que celles en cause au principal, opère, sur la base de considérations commerciales, une distinction au sein du trafic internet, en ne décomptant pas du forfait de base le trafic à destination d'applications partenaires. Une telle pratique commerciale est, selon elle, contraire à l'obligation générale de traitement égal du trafic, sans discrimination ou interférence, telle qu'exigée par le règlement sur l'accès à un internet ouvert⁵⁴.

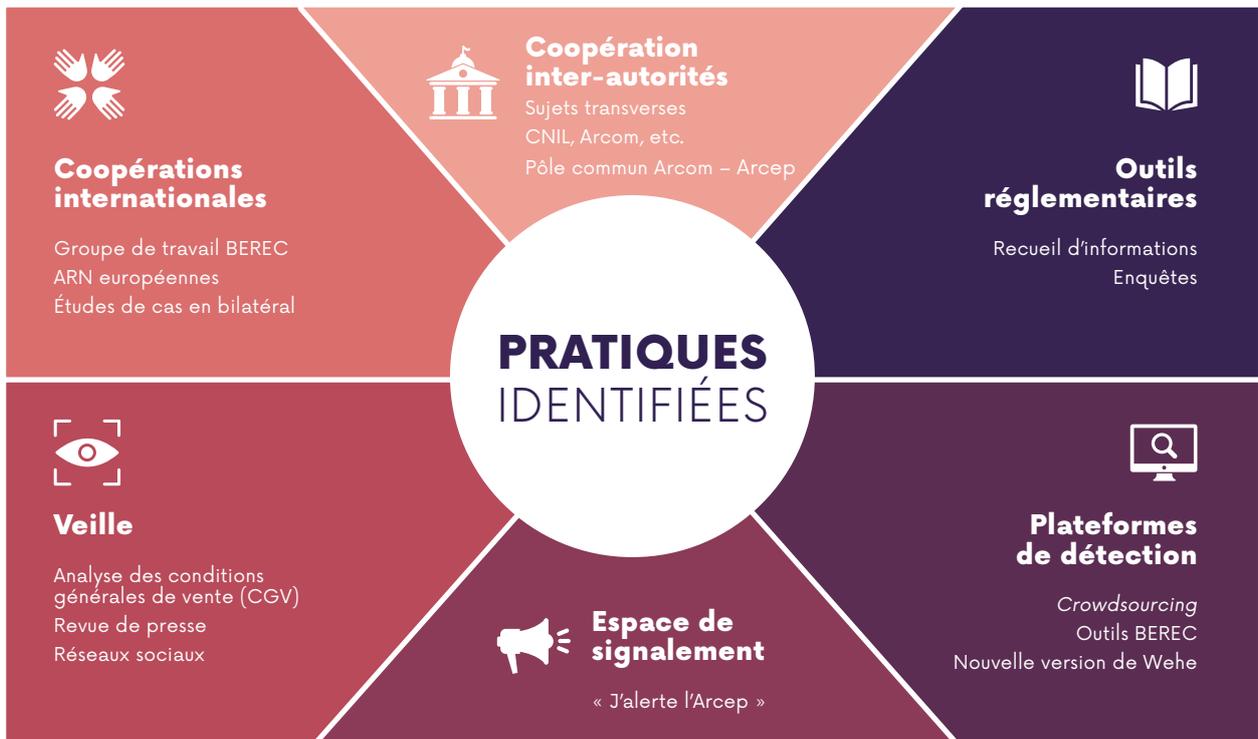
Pour tirer toutes les conséquences de ces arrêts, le groupe des régulateurs européens, le BEREC, a conduit une révision de ses lignes directrices sur l'internet ouvert, qu'elle a soumise à consultation publique en mars 2022.

Les nouvelles lignes directrices, qui ont été publiées en juin 2022, conservent la structure des lignes directrices précédentes, en date de juin 2020, elles-mêmes calquées sur la structure du règlement internet ouvert, organisé autour de 4 thèmes principaux : les pratiques commerciales, les mesures de gestion de trafic, les services spécialisés et les obligations de transparence. Cette mise à jour se limite aux effets directs des arrêts. L'objectif est en effet de modifier la rédaction initiale portant sur les pratiques commerciales et sur l'application de l'obligation de traitement égal du trafic et ses exceptions, en intégrant précisément le raisonnement de la Cour.

3. Une boîte à outils en constante évolution

Afin de veiller à la neutralité du net, l'Arcep s'est dotée d'une boîte à outils lui permettant de disposer d'une vue d'ensemble des pratiques relatives aux 4 pierres angulaires du règlement sur l'internet ouvert : les pratiques commerciales, les mesures de gestion de trafic, les services spécialisés et les obligations de transparence.

LA BOÎTE À OUTILS DE L'ARCEP EN MATIÈRE DE NEUTRALITÉ DU NET



Source : Arcep

54. Communiqué de presse n° 145/21 de la Cour de justice de l'Union européenne.

Dans le cadre de leur mission de veille, les services de l'Autorité examinent de manière continue les conditions d'utilisation des offres des fournisseurs d'accès à internet. En 2021, le travail de veille mené par l'Arcep a permis d'identifier une offre proposée par un opérateur ultramarin, qui a dû évoluer vers des pratiques plus respectueuses du règlement internet ouvert (voir p.72).

En complément de ce travail de veille, l'Autorité dispose d'outils réglementaires permettant de recueillir auprès des FAI des informations sur les règles de gestion de leurs réseaux.

Depuis 2017, l'Arcep met aussi à disposition des utilisateurs finaux une plateforme de signalement « J'alerte l'Arcep ». En 2021, 295 signalements relatifs à la neutralité du net ont été déposés sur cette plateforme. Les signalements déposés par les utilisateurs ont permis à l'Autorité d'identifier de possibles infractions au principe de neutralité d'internet et de favoriser une résolution rapide des difficultés soulevées.

Au cours de l'année précédente, l'Arcep a poursuivi ses collaborations avec d'autres autorités de régulation françaises, notamment

DIFFÉRENTS REPLAYS TESTÉS PAR L'APPLICATION WEHE



Source : Arcep

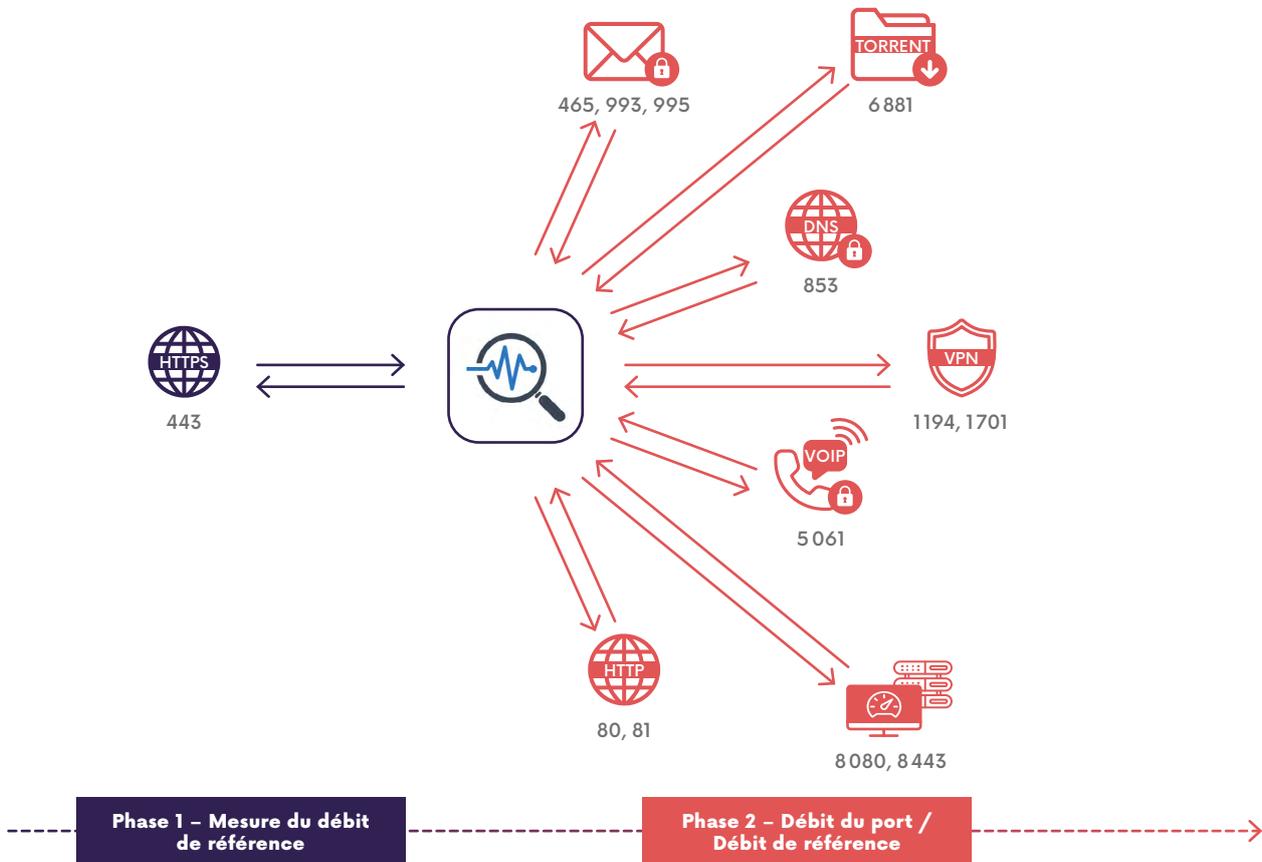
l'Autorité de régulation de la communication audiovisuelle et numérique (Arcom) avec laquelle un pôle numérique commun a été mis en place fin 2020. Ainsi, les coopérations inter-autorités nationales permettent de croiser les compétences respectives de chacun afin de faire progresser l'analyse réglementaire sur des sujets communs et transversaux.

Les travaux relatifs à la neutralité du net menés par les différentes autorités de régulation au sein du BEREC se sont poursuivis en 2021. L'Arcep et ses homologues ont eu de nombreux échanges au sein du BEREC, notamment sur la question de la résilience de leurs réseaux en Europe, en lien avec la crise sanitaire. Les arrêts de la CJUE de septembre 2021 ont également nécessité une coopération importante des autorités de régulation au sein du BEREC et un travail de modifications des lignes directrices relatives à la mise en œuvre du règlement internet ouvert qui va se poursuivre en 2022. En parallèle, l'Arcep a également entretenu une coopération renforcée avec certaines autorités de régulation nationales au travers d'échanges bilatéraux sur des

études de cas, permettant ainsi de mieux appréhender d'éventuelles situations nationales similaires à celles rencontrées par ses homologues.

Depuis 2018, l'Arcep met à la disposition du grand public un outil de détection dénommé Wehe. L'outil est disponible gratuitement en français sous [Android](#), [iOS](#) et dernièrement sous [F-Droid](#). Développé en partenariat avec la Northeastern University de Boston et fondé sur un code en *open source*, Wehe analyse le trafic généré par l'application pour déterminer si l'opérateur est susceptible de brider ou de prioriser certains flux ou certains ports logiciels. L'Arcep a finalisé les travaux de mise à jour de l'application Wehe, dont la nouvelle version a été lancée fin décembre 2020. Plusieurs améliorations avaient été apportées au test de différenciation : une mise à jour de la liste des services testés afin de correspondre aux services les plus communs en France, l'introduction de catégories de tests afin de faciliter la sélection des services testés par les utilisateurs, et enfin une amélioration de la présentation des résultats de tests aux utilisateurs.

FONCTIONNEMENT DU TEST DE PORTS



71

Source : Arcep

L'Arcep a également souhaité mettre à disposition des utilisateurs un test de détection d'éventuels blocages, bridages ou priorisations de ports logiciels, qui pourraient affecter les modalités d'accès à certains services par l'utilisateur final. En effet, l'accès à certains services ou applications en ligne s'effectue au moyen d'un port logiciel spécifique dont un éventuel blocage, bridage ou priorisation pourrait affecter les modalités d'accès au dit service par l'utilisateur final. Techniquement, le test de port compare le trafic HTTPS pour chacun des ports sélectionnés par l'utilisateur en le rapportant au trafic sur le port 443, défini comme port de référence.

Enfin, en cas de dissemblance avérée dans les différents tests réalisés par Wehe, les utilisateurs sont invités à relayer leurs difficultés directement via la plateforme « J'alerte l'Arcep », afin que l'Autorité puisse examiner au cas par cas les incompatibilités potentielles avec le règlement internet ouvert.

Depuis son lancement, plus de 600 000 tests ont été réalisés en France via l'application Wehe. Toutes les statistiques sur les tests effectués en France sont [disponibles en ligne](#).

4. État des lieux des pratiques observées

L'Arcep a poursuivi l'état des lieux sur la conformité de l'ensemble des offres internet proposées en outre-mer au principe de neutralité du net. Pour rappel, en 2020, l'Arcep s'était rapprochée de l'ensemble des opérateurs ultramarins afin de dresser un état des lieux sur cette question. Plusieurs échanges avec les opérateurs avaient été menés, en particulier sur les conditions générales d'utilisation de certaines offres d'accès à internet mobile. Au final, la majorité des points relevés n'étaient pas mis en œuvre techniquement d'après les opérateurs concernés. Ces clauses ont donc été rectifiées suite aux échanges avec les services de l'Autorité. Le travail de veille mené par l'Arcep a toutefois permis d'identifier une offre mobile proposée par un opérateur ultramarin dont la conformité au règlement internet ouvert a été sujette à interrogation. Le dialogue proactif mené par l'Arcep a permis une meilleure prise en compte des dispositions du règlement internet ouvert sur l'offre de cet opérateur. L'opérateur concerné a ainsi fait évoluer cette offre.

L'Arcep a poursuivi l'examen des offres de Wi-Fi dans les trains de la SNCF. Proposée aux passagers, cette offre d'accès à internet, considérée comme publiquement accessible, est soumise

aux dispositions du règlement internet ouvert. La poursuite du dialogue mené par les services l'Arcep avec la SNCF a permis de faire évoluer ses offres vers des pratiques plus respectueuses du règlement internet ouvert.

L'Autorité reste également attentive aux différents signalements reçus sur de possibles pratiques contraires à la neutralité du net, remontés notamment sur la plateforme « J'alerte l'Arcep ». En 2021, 295 alertes ont été signalées sur la plateforme dans la thématique « neutralité de l'internet ».

Enfin, l'Autorité a mené en 2021 une démarche de mise à jour de ses connaissances sur le fonctionnement des services de vidéo à la demande. L'objectif de cette démarche était notamment de mieux cerner le fonctionnement et les contraintes techniques auxquelles sont soumis les services de vidéo à la demande. Les services de l'Arcep ont donc échangé avec plusieurs acteurs contribuant au fonctionnement de la vidéo à la demande en France, à savoir des opérateurs télécoms, des fournisseurs de contenu vidéo à la demande, des hébergeurs proposant des solutions adaptées au stockage de contenu vidéo, des fournisseurs de contenu vidéo linéaire et en différé. Certains des résultats de cette analyse sont présentés dans le chapitre 2 sur l'interconnexion de données. Les services de l'Arcep poursuivent les échanges avec les opérateurs télécoms afin d'analyser leurs pratiques à la lueur des évolutions technologiques de la VoD.

« J'alerte l'Arcep »

Lancée en octobre 2017, la plateforme « J'alerte l'Arcep » est à disposition de chaque citoyen, de chaque entreprise ou de chaque collectivité qui souhaite remonter du terrain tout problème lié à internet mobile, à internet fixe, aux services postaux et à la distribution de la presse. L'Arcep a dressé le bilan 2021 de son action au profit des consommateurs et de sa plateforme de signalement « J'alerte l'Arcep »¹. En 2021, plus de 38 000 signalements ont été transmis à l'Arcep. Parmi ces signalements, 40 % concernent un problème lié à la qualité et la disponibilité des services fixes ou mobiles.

Ces remontées constituent un élément important dans la capacité de diagnostic de l'Arcep. En effet, elles lui permettent de suivre en temps réel les difficultés rencontrées

par les utilisateurs et d'identifier les dysfonctionnements récurrents ou les pics d'alertes afin de mieux cibler son action et ainsi gagner en efficacité dans son travail de régulation. Les signalements sont notamment une source utile aux services de l'Autorité pour identifier les infractions potentielles au règlement internet ouvert et son principe de neutralité du net.

De nouveaux développements de « J'alerte l'Arcep » sont toujours en cours et visent notamment à intégrer la plateforme aux autres outils de régulation par la donnée développés par l'Arcep « Mon réseau mobile », « Carte fibre », « Ma connexion internet » et Wehe.

1. Bilan 2021 des actions de l'Arcep vis-à-vis des consommateurs et de la plateforme « J'alerte l'Arcep ».



Network slicing : assurer les innovations permises par la 5G tout en préservant la neutralité du net

La technologie du *network slicing* permet la création de sous-réseaux, sous la forme de tranches de réseau virtuelles (dénommées *slices*), positionnés au-dessus d'une infrastructure physique. La mise en œuvre de *slices* de façon flexible et dynamique devrait être permise lorsque les cœurs de réseau 5G seront déployés et permettront à un opérateur de fournir des services différenciés en créant virtuellement un réseau pour répondre aux différents besoins des utilisateurs finaux.

Le *network slicing* permet à un opérateur d'administrer son réseau afin de répondre à différentes attentes de ses clients. Certains acteurs du secteur s'interrogent encore sur la compatibilité de la technologie 5G avec le principe de neutralité, mais qu'en est-il vraiment ? Le règlement internet ouvert est technologiquement neutre¹, laissant ainsi les fournisseurs d'accès à internet recourir aux technologies de leur choix. Le principe de neutralité technologique, mentionné dans le règlement internet ouvert, impose que « les mesures prévues par le présent règlement respectent le principe de neutralité technologique, c'est-à-dire qu'elles « n'imposent ni ne favorisent l'utilisation d'aucun type particulier de technologie ». Le

recours à la technologie du *network slicing* n'est donc pas incompatible par nature avec le règlement internet ouvert. C'est d'ailleurs à cette conclusion qu'aboutissent la Commission européenne² et le BEREC³ qui ont estimé, au terme d'un examen conduit respectivement en 2019 et en 2018, qu'il n'existait pas, a priori, d'incompatibilité entre le règlement internet ouvert et le *network slicing*.

L'organisation concrète des *slices* définie par les fournisseurs d'accès internet (nombre et dimensionnement des *slices*, services concernés, QoS associées à chaque *slice*, etc.) et les éventuels effets sur la disponibilité ou la qualité générale d'internet doivent être examinés au cas par cas, à la lumière des dispositions du règlement internet ouvert et de ses lignes directrices.

À ce titre, l'Arcep a publié une note, en mai 2022, relative à la technologie du *network slicing* et à la neutralité du net, accessible depuis son [site internet](#).

L'Arcep continuera de suivre avec attention le développement des cas d'usage de la 5G et restera à l'écoute des acteurs sur leurs interrogations quant à la compatibilité de ces usages avec le principe de neutralité du net.

INFRASTRUCTURE COMMUNE DU RÉSEAU 5G



Source : Arcep

1. Considérant 2 du règlement internet ouvert 2015/2120.

2. Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the open internet access provisions of Regulation (EU) 2015/2120, 30 avril 2019.

3. BEREC Opinion for the evaluation of the application of Regulation (EU) 2015/2120 and the BEREC Net Neutrality Guidelines, 06 décembre 2018.

La parole à



JOE KANE

Directeur du Haut Débit et du Spectre - Information Technology and Innovation Foundation (ITIF)

NEUTRALITÉ DU NET AUX ÉTATS-UNIS : BEAUCOUP DE BRUIT POUR RIEN

Malgré des prévisions alarmistes de la fin d'internet suite à l'abrogation, en 2018, de certaines réglementations sur la « neutralité du net » aux États-Unis, les 5 dernières années ont montré que les tollés sur le sujet étaient beaucoup de bruit pour rien. Aucune atteinte à la neutralité du net (blocages et pratiques anti-concurrentielles) n'a été constatée, et les fournisseurs d'accès internet ont maintenu que ces règles n'étaient ni nécessaires ni souhaitables pour leur activité. En effet, internet aux États-Unis a prospéré, même face à une augmentation spectaculaire des services en temps réel, gourmands en bande passante, pendant la crise de Covid-19.

En pratique, la neutralité du net n'est pas un problème. Cependant, sur le plan politique, la neutralité du réseau reste un enjeu important. La question n'est pas de savoir s'il faut des règles en matière de neutralité du net mais de déterminer quelle autorité est compétente pour la faire respecter. Les partisans de gauche ont tendance à privilégier les réglementations spécifiques et claires promulguées et appliquées par la Commission fédérale des communications (FCC) en vertu du titre II du *Communications Act*, qui régit les services de télécommunication et autorise la FCC à prendre des mesures agressives telles que la réglementation des tarifs. Les partisans de droite préféreraient que la FCC classe les fournisseurs d'accès à internet sous le titre I du *Communications Act*, moins normatif, et que les violations

de la neutralité du net soient traitées par la Commission fédérale du commerce (FTC), qui interdit les actes de concurrence déloyale et pratiques ou actes déloyaux ou trompeurs.

Ces cadres divergents, associés à la déférence des tribunaux à l'égard du choix de la FCC en matière de réglementation, ont donné lieu à un va-et-vient à chaque fois que le contrôle de la FCC change de bord politique. En effet, on s'attend généralement à ce que la FCC actuelle réimpose les réglementations, au sens du titre II du *Communications Act*, dès que le Sénat aura désigné un cinquième commissaire. Ainsi, le ping-pong réglementaire va probablement se poursuivre en l'absence d'une législation de compromis qui consacre directement les principes consensuels de la neutralité du net dans la loi tout en supprimant la menace imminente des dispositions plus restrictives du titre II.

Une telle législation a été proposée par des membres du Congrès et des groupes de la société civile, mais les perspectives de son adoption restent sombres. Cette évaluation est basée en partie sur l'impasse partisane au Congrès, mais aussi sur la préférence apparente de certains défenseurs d'imposer une classification du titre II, précisément parce qu'elle prépare le terrain pour recréer le marché des télécommunications sous un régime de service public réglementé par les tarifs, sans se contenter de la neutralité du net. Cette aspiration est malavisée,

car le poids total du titre II produirait probablement la sclérose et le manque de concurrence qui ont caractérisé son application précédente au service téléphonique du XX^e siècle. Le titre II est donc inadapté au maintien d'un marché américain des télécoms dynamique et compétitif.

Le moyen ultime d'améliorer la connectivité pour les consommateurs reste d'améliorer la qualité des réseaux haut débit de sorte que les compromis occasionnés par la rareté de la bande passante deviennent moins pressants. Le développement dans ce sens se poursuit à un rythme soutenu malgré, et probablement grâce, à l'absence de réglementation de la part des pouvoirs publics. L'innovation et les investissements des opérateurs de réseaux privés aux États-Unis contribuent à éliminer la congestion et à rendre inutiles les pratiques problématiques de gestion des réseaux.

En somme, l'attrait de la neutralité du net repose principalement sur sa valeur en tant que slogan politique plutôt que sur une menace active au fonctionnement d'internet. Même si ce spectacle politique va probablement se poursuivre, les utilisateurs d'internet seraient mieux servis par la promulgation d'une législation de compromis qui codifierait les principes de base de la neutralité du net et exclurait les réglementations draconiennes qui compromettraient la croissance et l'amélioration continue des réseaux télécom américains.

La parole à



WILLMARY ESCOTO

Chargée de mission - Access Now

LE CHEMIN VERS LA NEUTRALITÉ DU NET AUX ÉTATS-UNIS

La neutralité du net, le principe selon lequel les fournisseurs d'accès à internet traitent tout le trafic internet de manière égale, a été une question controversée aux États-Unis. Dans le sillage de la présidence Trump, il n'existe aucune règle fédérale empêchant le blocage, la limitation ou la priorisation payante du trafic internet. De ce fait, les États-Unis sont devenus une anomalie sur une question d'une importance cruciale pour l'avenir d'internet, et la politique actuelle du « *pay to play* » bafoue les droits fondamentaux de millions d'Américains.

Pourquoi la neutralité du net est-elle importante ?

La neutralité du net est l'attribut le plus crucial pour un internet ouvert et libre, et est essentielle pour maintenir la liberté d'expression en ligne. Ses principes sont fondamentaux pour garantir un accès ouvert, sécurisé et abordable à internet et permettre une égalité de traitement pour atteindre les publics en ligne. Grâce à la neutralité d'internet, les petites start-up, les journalistes citoyens et les créateurs peuvent rivaliser sur un pied d'égalité avec les grandes plateformes. C'est particulièrement important pour les voix marginalisées.

La neutralité du net et la démocratie sont tout aussi inextricablement liées que la démocratie et la liberté d'expression. La pleine participation à la vie démocratique implique un engagement dans les espaces numériques. La neutralité du net est fondamentale pour permettre aux citoyens des États-Unis et du monde entier d'exprimer leurs opinions et d'atteindre leur audience sans payer pour un traitement préférentiel.

Du mouvement *#BlackLivesMatter* à celui de *#MeToo*, l'internet libre et ouvert, et les principes de neutralité qui le soutiennent, ont permis aux gens de reprendre leur pouvoir, d'amplifier leur voix et de partager leurs histoires. Les communautés de couleur ont besoin

d'un internet ouvert pour continuer à se battre pour un monde où les nations reconnaissent leurs droits. Sans de solides protections de la neutralité des réseaux, le droit à la liberté d'expression, d'opinion, d'association et de nombreux autres droits fondamentaux sont menacés.

Qu'est-il arrivé à la neutralité du net aux États-Unis ?

Lorsqu'il s'agit de protéger internet et de traiter toutes les informations internet de la même manière, la position du gouvernement fédéral sur la question a changé au gré des politiques. Le va-et-vient réglementaire de la dernière décennie a laissé les Américains dans un océan d'incertitude. En 2015, sous Barack Obama, la FCC *Federal Communications Commission* a adopté des lois fédérales pour la neutralité du net. Deux ans plus tard, après l'arrivée au pouvoir de l'administration Trump, la FCC a abandonné la neutralité du net, abrogeant les protections historiques que l'administration Obama avait mises en place.

En vertu des règles de neutralité du net de 2015, les FAI ne pouvaient pas bloquer ou ralentir les contenus internet, ni proposer des « voies rapides » payantes. Après que ces règles ont été annulées au niveau fédéral, le législateur californien a adopté sa propre loi étatique sur la neutralité du net en 2018. Cette loi interdit au FAI de bloquer, de ralentir le trafic ou de proposer des voies rapides payantes, et interdit les exceptions au *data cap* (« *zero-rating* »). Les associations industrielles représentant les principaux FAI qui profitent de l'absence de neutralité du réseau, comme AT&T, Verizon et Comcast, ont contesté la loi californienne. Après avoir perdu 3 fois devant la Cour fédérale, ces associations ont finalement abandonné l'affaire.

Plusieurs autres États ont également pris des mesures pour mettre fin à

la discrimination sur les réseaux, notamment Hawaï, le Montana, New York, le New Jersey, Washington, Rhode Island, le Vermont et le Colorado. De nombreux partisans de la neutralité aux États-Unis attendent (et espèrent vivement) que d'autres États monteront au créneau.

Les implications mondiales et la voie à suivre

Les allers-retours de la FCC sur la neutralité du réseau risquent toujours d'isoler les États-Unis des normes mondiales en matière de liberté d'expression et d'accès non discriminatoire à internet. Dans plus de 40 pays, la neutralité du net est protégée par la loi du pays, l'Union européenne protégeant ces principes. Toutefois, personne ne peut considérer la neutralité du net comme acquise. Même dans l'Union européenne, certains législateurs et les FAI continuent d'avancer des propositions visant à limiter cette dernière.

Il est temps pour les États-Unis de relancer le combat pour un internet libre et ouvert, qui est vital pour la liberté d'expression et la participation démocratique aux États-Unis et dans le monde entier. La vacance d'un poste de commissaire à la FCC complique les efforts visant à rétablir la neutralité du réseau au niveau fédéral. Le processus de nomination du candidat Gigi Sohn par Joe Biden est bloqué depuis des mois. Sans une liste complète de commissaires, la FCC reste dans l'impasse. Une fois la nomination Sohn confirmée, les défenseurs de la neutralité du net espèrent le rétablissement complet des règles de l'ère Obama.

À ce moment-là, les Américains auront l'assurance que leurs idées et leur voix seront entendues et amplifiées sans que les grands conglomérats d'entreprises leur fassent payer des « péages » sur internet pour pouvoir s'exprimer.

CONTRIBUER À LA RÉGULATION DES PLATEFORMES « GATEKEEPERS »

À retenir

Après la publication de la proposition de règlement

Digital Markets Act

par la Commission européenne en décembre 2020, l'Arcep a poursuivi son engagement sur le sujet afin de renforcer cette proposition et assurer une mise en œuvre efficace

L'Arcep a contribué activement aux

réflexions nationales, européennes et internationales

via différentes instances (task-force française, BEREC, conférences internationales)

Au sein du BEREC, l'Arcep contribue actuellement à l'analyse

de l'écosystème d'internet et des mesures d'interopérabilité

entre services de messagerie instantanée

Le règlement européen sur l'internet ouvert⁵⁵ accorde des droits aux utilisateurs, tels que le droit d'accéder et de diffuser des informations et contenus en ligne. Mais il ne s'impose qu'aux fournisseurs d'accès à internet. Situés à une extrémité de la chaîne d'accès à internet, les terminaux (smartphones, assistants virtuels, voitures connectées...) et surtout les écosystèmes numériques des plateformes dites « *gatekeepers* »⁵⁶ se sont révélés être des maillons faibles de l'ouverture d'internet.

Les travaux sur les terminaux et sur les plateformes numériques structurantes que l'Arcep a menés depuis 2018^{57,58} avaient fait le constat qu'un nombre restreint d'acteurs sont devenus incontournables dans la vie numérique des citoyens et des entreprises en concentrant de nombreux services qui font partie intégrante du quotidien de chacun d'entre nous. Environ 70 % des Français échangent des messages et 60 % téléphonent depuis une application⁵⁹, 84 % des Européens utilisent un service de messagerie instantanée du groupe Meta (WhatsApp et Facebook Messenger)⁶⁰, et 90 % utilisent Facebook, YouTube ou Instagram comme plateforme de média principale⁶¹. Ces acteurs sont désormais en mesure de déterminer quels contenus et services peuvent être mis en ligne et à quelles conditions les utilisateurs peuvent y accéder. De plus, concentrant de nombreux services, ils s'organisent en écosystèmes

fermés au sein desquels les utilisateurs sont maintenus captifs, bridant leur liberté de choix.

Afin de faire face à ces enjeux cruciaux, la Commission européenne a publié le 15 décembre 2020 deux propositions de règlement : le *Digital Services Act* et le *Digital Markets Act*. Au travers du *Digital Services Act* (DSA), la Commission propose de réviser la directive commerce électronique de 2000, avec une mise en responsabilité des plateformes numériques au regard des risques significatifs qu'elles peuvent induire pour leurs utilisateurs dans la diffusion de contenus et produits illicites, dangereux ou contrefaits (cf. contribution de l'Arcom p.81). Avec le *Digital Markets Act* (DMA), la Commission entend mettre en place une régulation économique des grandes plateformes *gatekeepers* dans le but de rendre les marchés numériques ouverts et équitables et d'harmoniser le cadre légal au niveau européen. Dans ce nouveau cadre réglementaire, les plateformes *gatekeepers* n'auront plus le droit, entre autres, d'empêcher les utilisateurs de désinstaller les logiciels ou applications préinstallés sur leur terminal, de faire du *self-preferencing*⁶² ou d'empêcher les consommateurs d'accéder aux services d'entreprises en dehors de leurs écosystèmes. Elles auront également l'obligation de rendre leur système d'exploitation interopérable avec des boutiques d'applications tierces.

55. Règlement (UE) 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert.

56. « Contrôleur d'accès » tel que défini aux Articles 2 et 3 de la proposition de règlement Digital Markets Act

57. Les Terminaux, maillon faible de l'ouverture d'internet.

58. Plateformes numériques structurantes - Eléments de réflexion relatifs à leur caractérisation.

59. Baromètre du numérique - édition 2021, pages 107-108

60. Berec, "Analysing EU consumer perceptions and behaviour on digital platforms for communication", page 42

61. Berec, "Analysing EU consumer perceptions and behaviour on digital platforms for communication", page 27

62. Le *self-preferencing* consiste à faire bénéficier les services et produits fournis par la plateforme d'un traitement plus favorable que les services et produits similaires proposés par des tiers sur la plateforme en question.

Il s'agit d'une avancée majeure qui fait largement écho aux recommandations formulées par l'Arcep depuis 2018⁶³, en particulier en ce qu'elle cible les plateformes les plus structurantes, y compris les systèmes d'exploitation, services pour lesquels de nombreuses limitations à la liberté de choix des utilisateurs ont été mises en évidence⁶⁴.

Au-delà de l'Union européenne, plusieurs propositions législatives ont vu le jour, notamment au Royaume-Uni et aux États-Unis. Au Royaume-Uni, une unité consacrée aux marchés numériques a été établie en avril 2021 au sein de la *Competition and Markets Authority* (CMA), l'autorité de concurrence britannique, dans le but de défendre les intérêts des consommateurs et des citoyens, d'être un centre d'expertise pour les marchés numériques, et de superviser les entreprises ayant un « statut stratégique sur le marché⁶⁵ ». Le gouvernement britannique a soumis à consultation publique cette proposition d'un « nouveau régime pro-concurrentiel pour les marchés numériques » et l'analyse des réponses est actuellement en cours. Aux États-Unis, la Chambre des représentants a proposé fin 2021 une série de lois qui a pour objectif d'encadrer le pouvoir de marché des grandes plateformes du numérique. Ces propositions législatives – actuellement en cours de discussion – font suite à la publication par la Chambre des représentants d'un rapport d'enquête portant sur la concurrence dans les marchés numériques.

1. Les contributions de l'Arcep

L'Arcep a poursuivi son engagement sur le sujet tout au long de l'année 2021, afin de renforcer les mesures proposées par le DMA

et d'assurer une mise en œuvre efficace et effective du règlement. Les propositions de l'Arcep et du BEREC ont porté, entre autres, sur le champ d'application du règlement, ainsi que sur le rôle que pourraient jouer des autorités nationales compétentes⁶⁶ au sein d'un groupe d'experts de haut niveau.

Concernant le champ d'application, l'Arcep et le BEREC ont souligné le rôle déterminant joué par les terminaux et suggéré que d'autres services proposés par les plateformes *gatekeepers*, tels que les assistants virtuels et les navigateurs web, soient également visés par le règlement. De plus, sans remettre en cause le niveau d'intervention européen et le rôle de la Commission comme seul régulateur, l'Arcep et le BEREC ont proposé de créer un groupe d'experts de haut niveau qui aurait pour mission d'aider la Commission européenne dans sa mission de régulation en lui apportant expertise et recommandations, notamment en matière d'enquêtes de marché, ou concernant l'évolution des obligations et le contrôle du respect de ces dernières. Ces deux propositions – qui étaient également portées par le Parlement européen – ont été retenues dans la version finale du DMA, à l'issue du dernier trilogue du 24 mars 2022.

L'ensemble des propositions de l'Arcep a été porté via différents canaux, et notamment de nombreuses publications du BEREC, des interventions à des conférences nationales et internationales, ainsi que la participation à la task-force française (voir encadré ci-dessous).



Contributions aux discussions sur la mise en œuvre d'une régulation des plateformes « *gatekeepers* »

Contributions du BEREC

Quelques semaines après la publication de la proposition de DMA de la Commission, le BEREC a publié un avis¹ présentant ses premières recommandations pour renforcer la proposition de la Commission. Deux notes publiées en juin 2021 insistent notamment sur la nécessité d'instaurer un cadre de remédiation sur mesure et un dialogue de régulation² ainsi que de créer un groupe d'experts au niveau européen³.

S'appuyant sur ces publications, ainsi que sur les nombreux ateliers et échanges organisés avec les institutions euro-

péennes et les parties prenantes, le rapport du BEREC sur la régulation *ex ante* des plateformes *gatekeepers*⁴ (publié en septembre 2021 après consultation publique) formule des propositions visant à promouvoir la concurrence entre les plateformes elles-mêmes, protéger les intérêts des utilisateurs finaux, traiter les problèmes identifiés de façon proportionnée et sur mesure, ainsi qu'à assurer la mise en œuvre d'une régulation efficace via un système de gouvernance renforcé. Toutes ces propositions ont été soumises à consultation publique et largement globalement bien accueillies par les différents acteurs concernés⁵.

1. *BEREC Opinion on the European Commission's proposal for a Digital Markets Act.*

2. *BEREC proposal on remedies-tailoring and structured participation processes for stakeholders in the context of the Digital Markets Act.*

3. *BEREC proposal on the set-up of an Advisory Board in the context of the Digital Markets Act.*

4. *BEREC Report on the ex ante regulation of digital gatekeepers.*

5. Utilisateurs professionnels, plateformes concurrentes, représentants de la société civile, associations de consommateurs, experts du secteur, etc.

63. En particulier à ses travaux relatifs aux terminaux, vus comme « maillons faibles de l'ouverture d'internet », février 2018.

64. Rapport de l'Arcep, « Smartphones, tablettes, assistants vocaux : les terminaux, maillon faible de l'internet ouvert » (Février 2018).

65. Cette dénomination rejoint largement la notion de « *gatekeepers* » de la Commission européenne.

66. Les autorités de régulation des communications électroniques, les autorités nationales de concurrence et les autorités compétentes en matière de protection des données à caractère personnel.

Par ailleurs, des dispositions du Code européen des communications électroniques (CECE) s'appliquent déjà à certains services – tels que les services de messagerie instantanée¹ – visés par le DMA. Les régulateurs peuvent ainsi, sous certaines conditions, imposer des mesures d'interopérabilité aux fournisseurs de ces services en cas de compromission de la connectivité de bout en bout². Le BEREC a publié ainsi un rapport³ visant à assurer une articulation idoine entre le CECE et le DMA, et à écarter d'éventuelles insécurités juridiques.

Contributions de l'Arcep aux conférences

Forts de leur expertise en matière de régulation du secteur des communications électroniques, Laure de La Raudière, en tant que présidente de l'Arcep, ainsi qu'Emmanuel Gabla, en tant que membre du Collège de l'Arcep et vice-président du BEREC pour l'année 2022, ont participé à des conférences à l'occasion desquelles ils ont défendu la nécessité de mettre en place un cadre de régulation *ex ante* asymétrique afin de promouvoir le choix des utilisateurs, la concurrence et l'innovation sur les marchés numériques. Une intervention ciblée permettrait en effet de réduire les asymétries d'information par l'organisation d'un suivi en amont et l'association des parties prenantes, ou encore d'intégrer la régulation par la donnée.

Ces avantages ont pu être présentés par Laure de La Raudière à l'occasion d'une intervention à l'*Internet Governance Forum France* (IGF) le 25 novembre 2021 et par Emmanuel Gabla lors d'une conférence organisée par la Commission supérieure du numérique et des postes (CSNP) le 20 janvier 2022. À l'IGF, Laure de la Raudière intervenait au côté de ses collègues Roch-Olivier Maistre, président de l'Arcom, et Marie-Laure Denis, présidente de la CNIL. Emmanuel Gabla intervenait à la CSNP au côté de parlementaires nationaux et européens, notamment Stéphanie Yon-Courtin, rapporteuse pour avis sur le *Digital Markets Act* (DMA) en commission économique (ECON) du Parlement européen.

L'Arcep s'est également ouverte à une variété de parties prenantes : décideurs, acteurs du marché, associations de consommateurs, experts, universitaires et représentants de la société civile. Ainsi, elle a notamment co-organisé et animé 2 ateliers du BEREC qui ont attiré près de 250 participants. Le premier atelier a porté sur les modalités permettant d'assurer la promotion d'une concurrence effective entre plateformes dans le cadre du DMA avec les interventions de Prabhat Agarwal (chef de l'unité e-commerce et plateforme à la DG Connect de la Commission européenne), Carlos Zorrinho (député européen et rapporteur pour la commission ITRE⁴ sur le DMA), ainsi qu'un panel d'experts et de représentants des plateformes concurrentes et des utilisateurs professionnels des *gatekeepers*. Lors du second atelier, Inge Bernaerts (directrice Politique & Stratégie à la DG concurrence de la Commission européenne), Andreas Schwab (député européen et rapporteur en charge du DMA pour le Parlement européen), ainsi qu'un panel d'experts et de représentants d'associations de consommateurs et de la société civile ont échangé sur la prise en compte et la protection des intérêts des utilisateurs finaux dans le DMA.

L'Arcep est également intervenue dans plusieurs conférences organisées par des institutions académiques – l'Institut brésilien sur la concurrence et l'innovation (IBC), la *Florence School of Regulation* et la chaire Gouvernance et Régulation –, des associations d'acteurs du marché et des *think-tanks* européens. Afin d'échanger sur les propositions de l'Arcep et celles envisagées au Royaume-Uni, l'Arcep a également organisé un séminaire avec Amelia Fletcher, professeure de politique de la concurrence, ancienne économiste en chef du Bureau britannique de la concurrence, et co-auteurice du rapport du *Digital Competition Expert Panel* piloté par Jason Furman.

1. Services de communications interpersonnelles non fondés sur la numérotation (« NI-ICS » selon l'acronyme anglais).

2. Article 61(2)(c) du Code européen.

3. [BEREC Report on the interplay between the EECC and the EC's proposal for a Digital Markets Act concerning number-independent interpersonal communication services](#).

4. Commission de l'industrie, de la recherche et de l'énergie (ITRE) au Parlement européen.

Contributions de l'Arcep au niveau national

Depuis mars 2020, l'Arcep participe activement à la *task-force* pilotée par la Direction générale des Entreprises (DGE), et contribue à l'élaboration des positions françaises au sein du Conseil de l'Union européenne. Cette *task-force interministérielle* fournit des travaux et conduit des réflexions sur la manière de réguler les plateformes numériques de façon efficace.

En septembre 2020, la DGE a également mis en place le Pôle d'expertise de la régulation numérique (PEReN) qui apporte son évaluation et son assistance technique aux services de l'État et aux autorités administratives qui interviennent dans la régulation des plateformes numériques.

À ces fins, ce service à compétence nationale regroupe, entre autres, des *data scientists* et experts en informatique et algorithmique. L'Arcep fait partie des entités pouvant faire appel à l'expertise du PEReN.

Contributions de l'Arcep au sein de think-tanks européens

Ces réflexions autour de la régulation des plateformes *gatekeepers* se sont aussi faites au sein du *Center on Regulation in Europe* (CERRE). L'Arcep a contribué aux travaux portant notamment sur des propositions d'amélioration pour la mise en œuvre du DMA, ainsi que sur les problématiques d'ouverture, non-discrimination et transparence pour les *terminaux mobiles*.

2. Perspectives en 2022

Le DMA est ambitieux et représente une avancée cruciale pour limiter le pouvoir exercé par certaines plateformes numériques, et le BEREC continuera à contribuer à l'expertise nécessaire à son adoption et à son application. Toutefois, ce règlement ne pourra probablement pas répondre à l'ensemble des enjeux qui se présentent sur les différents maillons d'internet. Ces enjeux sont en effet multiples et de nature différente. De plus, les pratiques des acteurs peuvent évoluer rapidement en s'adaptant de manière stratégique aux nouvelles législations. Il demeure donc important pour l'Arcep et le BEREC de poursuivre les travaux sur le sujet.

En 2022, les contributions de l'Arcep s'articuleront autour de plusieurs thématiques :

- Le rapport du BEREC sur l'écosystème d'internet. Lancé en 2021 et en cours de finalisation, ce rapport vise à analyser l'ensemble des éléments de l'écosystème (des infrastructures de réseaux aux systèmes d'exploitation et aux services *cloud*)

afin d'identifier les dynamiques concurrentielles, les freins à l'ouverture, les stratégies des acteurs et les goulets d'étranglement potentiels.

- Le rapport du BEREC sur l'interopérabilité des services de communications interpersonnelles non fondés sur la numérotation fournira une analyse économique et technique de l'application des mesures d'interopérabilité prévues dans le DMA et dans le Code européen des communications électroniques⁶⁷, ainsi que de l'articulation entre ces deux cadres réglementaires.

Plus généralement, et au-delà du BEREC, l'Arcep poursuivra les échanges et les contributions au sein des différentes enceintes nationales (*task-force* numérique, PEReN), européennes et internationales (OCDE, CERRE).

67. Article 61(2) CECE.

La parole à



ANDREAS SCHWAB

Député européen depuis 2004. Coordinateur du Parti populaire européen en commission Marché intérieur et de la protection des consommateurs (IMCO). Rapporteur du Parlement européen sur le DMA.

DIGITAL MARKETS ACT : L'EUROPE ENTRE DANS UNE NOUVELLE ÈRE DE RÉGULATION DES BIG TECH

Le *Digital Markets Act* (DMA) est la clé de l'Europe pour garantir l'équité et la contestabilité des marchés numériques. Le DMA impose de nouvelles obligations à un nombre restreint de grandes plateformes numériques qui servent d'intermédiaires entre les utilisateurs professionnels et les utilisateurs finaux. Ces positions d'intermédiation très puissantes ont donné à ces acteurs le pouvoir de dicter les conditions d'accès à leurs plateformes et d'agir comme des « *gatekeepers* », c'est-à-dire des contrôleurs d'accès.

Ainsi, au cours des deux dernières décennies, les *gatekeepers* ont tiré parti de leur position pour étendre leur pouvoir sur de multiples marchés, ont imposé des pratiques discriminatoires consistant à favoriser leurs propres services (*self-preferencing*) et sont devenus des plateformes hébergeant des services fournis par des tiers mais qu'elles concurrencent directement.

Les obligations aux articles 5 et 6 du DMA s'attaquent à ces problèmes. Les amendements proposés par le

Parlement européen garantissent que ces articles ne seront pas déjà dépassés après l'entrée en vigueur du DMA. Le Parlement a renforcé les règles sur le silotage des données, la transparence des marchés publicitaires, les conditions d'accès aux plateformes, le *sideloading* et la portabilité des données. De plus, les amendements du Parlement ouvrent les écosystèmes des *gatekeepers*, en étendant notamment les obligations d'interopérabilité aux terminaux connectés et en créant des possibilités pour une interopérabilité horizontale entre les services de messagerie.

De par sa conception, le DMA aborde plusieurs aspects de l'économie des plateformes en ligne.

Cela accroît la complexité technique des tâches réglementaires que doit accomplir la Commission européenne, alors que ses capacités de mise en œuvre restent inchangées. Pour cette raison, le Parlement européen a proposé la création d'un « Groupe de haut niveau des régulateurs du numérique » (*High-Level Expert Group of Digital Regulators*,

ci-après « HLEG »), dont le BEREC sera membre. Le HLEG conseillera la Commission concernant la surveillance du respect du DMA et l'articulation du DMA avec les législations sectorielles nationales. L'expertise technique du HLEG améliorera ainsi considérablement l'efficacité de la mise en œuvre du DMA. De plus, en analysant l'articulation avec la législation nationale, la lourdeur administrative pourrait potentiellement être réduite dans le long terme grâce à l'identification des leviers pour une plus grande harmonisation.

Le DMA façonnera l'économie numérique européenne pour les années à venir. Compte tenu du rythme rapide des évolutions sur les marchés numériques, les amendements du Parlement garantiront l'applicabilité et l'efficacité du DMA sur le long terme. Le Parlement européen a terminé son travail en mars 2022, il appartient désormais à la Commission européenne d'appliquer le DMA.

La parole à



ROCH-OLIVIER MAISTRE

Président - Arcom

LA LÉGISLATION EUROPÉENNE SUR LES SERVICES NUMÉRIQUES (*DIGITAL SERVICES ACT*) CONSTITUE UNE AVANCÉE MAJEURE POUR LA RÉGULATION DES GRANDES PLATEFORMES EN LIGNE

Présenté par la Commission européenne en décembre 2020 et actuellement en phase finale de négociation au Parlement européen, le DSA poursuit l'objectif ambitieux de renforcer la régulation de la sphère numérique pour « garantir un environnement en ligne sûr et responsable ». Le texte prévoit ainsi d'accroître les responsabilités des plateformes en ligne, pour promouvoir la transparence, le contrôle démocratique et les droits fondamentaux des citoyens.

La législation sur les services numériques permet à cet égard de poursuivre à l'échelle européenne les efforts de supervision des plateformes en ligne mis en place par le législateur français, notamment à la faveur de la loi du 22 décembre 2018 relative à la lutte contre la manipulation de l'information, la loi du 24 juin 2020 visant à lutter contre les contenus haineux sur internet et la loi du 24 août 2021 confortant le

respect des principes de la République. Ces différents textes étendent les compétences du régulateur français, l'Arcom, pour tirer les conséquences des limites de l'auto-régulation des grands acteurs numériques et mettre en place un cadre de dialogue et de contrôle adapté aux enjeux qu'ils présentent. Il ne s'agit pas de « réguler internet » ou de vérifier tous les contenus en ligne : cette approche repose sur des obligations de moyens et de transparence pour lutter contre les dysfonctionnements systémiques que constituent les phénomènes de manipulation de l'information ou la multiplication des contenus haineux.

Au niveau européen, les avancées du DSA sont au cœur des réflexions de l'ERGA (*European Regulators Group for Audiovisual Media Services*), l'organe qui réunit l'ARCOM et ses homologues européens. En particulier, cette nouvelle

législation permettra de renforcer les pouvoirs d'accès aux données des très grandes plateformes conférés aux régulateurs et prévoit de soumettre ces dernières, ainsi que les très grands moteurs de recherche, à des obligations de diligence et de transparence. Pour mettre en œuvre le DSA, les instances européennes pourront d'ailleurs s'appuyer sur les autorités de régulation nationales et l'ERGA, qui ont l'expérience de la mise en balance de libertés fondamentales et ont développé des mécanismes de coopération qui ont prouvé leur efficacité.

Le DSA permet donc à l'Europe de s'atteler à un chantier ambitieux, nécessaire et très attendu, pour protéger nos droits et nos valeurs et participer à créer de la confiance et de la transparence dans l'espace informationnel et numérique.

PARTIE 3

Agir face au défi environnemental du numérique

82



CHAPITRE 6

Encourager un numérique soutenable

ENCOURAGER UN NUMÉRIQUE SOUTENABLE

À retenir

L'ADEME et l'Arcep ont publié les premiers résultats de leur **étude conduite en 2021** sur l'impact environnemental du numérique en France en janvier 2022. Cette étude montre que

les terminaux représentent la première source d'impact environnemental, suivis des centres de données, puis des réseaux

Grâce à

l'élargissement de son pouvoir de collecte de données environnementales

à d'autres acteurs que les opérateurs de communications électroniques, l'Arcep va peu à peu pouvoir adresser un périmètre élargi et, à terme, publier des indicateurs environnementaux sur l'ensemble de l'écosystème numérique

1. L'engagement de l'Arcep pour un numérique soutenable

L'engagement de l'Arcep sur les enjeux environnementaux du numérique a d'abord été porté par le lancement de la plateforme « Pour un numérique soutenable » le 11 juin 2020, appelant associations, institutions, opérateurs, entreprises du numérique, personnalités souhaitant contribuer à la réflexion. Après un semestre ponctué de 5 ateliers thématiques et 2 « grandes discussions », l'Arcep avait publié, le 15 décembre 2020, un rapport d'étape, fruit de ces échanges, alimenté par 42 contributions écrites d'acteurs participants. Dans ce rapport, le Régulateur formulait 11 propositions pour conjuguer développement des usages et réduction de l'empreinte environnementale du numérique.

Les travaux de l'Arcep se sont ensuite poursuivis sur l'ensemble de l'année 2021 et l'Autorité a continué à gagner en expertise et à avancer sur les modalités d'un internet et d'usages plus soutenables.

L'Autorité joue également, depuis 2020, un rôle moteur au BEREC sur les sujets environnementaux, en assurant la co-présidence du groupe « *Sustainability* », ainsi qu'en partageant son expérience et ses travaux au niveau national.

En parallèle, les discussions autour de projets et propositions de loi sur le numérique et l'environnement ont peu à peu abouti au Parlement. Cette actualité législative a permis un élargissement de certaines compétences et missions de l'Arcep en matière environnementale avec notamment :

- la loi du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite « Climat et Résilience »⁶⁸ ;
- la loi du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France, dite « loi Chaize » ou « REEN »⁶⁹ ;
- la loi du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep, dite « Collecte » ou « REEN 2 »⁷⁰.

Ces textes introduisent de nouvelles dispositions sur la mesure de l'empreinte environnementale du numérique et la construction d'un baromètre environnemental, l'impact environnemental de la diffusion et de la consommation des services de médias audiovisuels, l'écoconception des services numériques en France, ou encore l'intégration des enjeux environnementaux dans l'installation de nouvelles infrastructures et les conditions d'attribution de fréquences. Autant de projets qui occuperont largement l'Arcep dans les mois à venir.

68. [Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021](#) portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.

69. [Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021](#) visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France.

70. [Loi n° 2021-1755 du 23 décembre 2021](#) visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep.

2. Bilan 2021 – Les travaux de l'ADEME et de l'Arcep sur l'évaluation de l'impact environnemental des maillons de la chaîne d'accès à internet

La question de la soutenabilité du numérique a constitué un enjeu important pour l'Arcep tout au long de l'année 2021 et l'Autorité a notamment travaillé sur plusieurs publications et rencontres :

- un rapport sur le renouvellement des terminaux mobiles et les pratiques commerciales de distribution, [publié le 12 juillet 2021](#) ;
- un [point d'étape](#) « Pour un numérique soutenable » destiné aux participants de la plateforme afin de présenter les dernières avancées de l'Arcep et réaffirmer l'ambition de l'Autorité ;
- 2 ateliers participatifs pour alimenter les réflexions de l'Arcep sur les voies et moyens permettant la prise en compte des enjeux environnementaux dans les attributions de la bande de fréquence 26 GHz liée à la 5G ;
- une [étude](#) réalisée par le comité d'experts techniques sur les réseaux mobiles sur l'évaluation de la consommation énergétique d'un déploiement de la 4G vs 5G.

En particulier, et afin de répondre à une mission confiée par le Gouvernement, l'Arcep, conjointement avec l'ADEME, a travaillé à la réalisation d'une étude sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France. Les deux premières parties de ce rapport ont été publiées en janvier 2022 et présentent une revue de littérature (bibliographique et méthodologique) ainsi qu'une évaluation à date de l'impact environnemental du numérique en France.

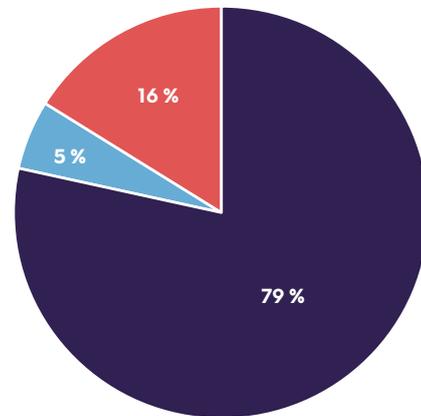
L'étude, basée sur une approche par analyse de cycle de vie (ACV), décompose le numérique en 3 briques matérielles que sont les terminaux, les réseaux et les centres de données (c'est l'aspect multicomposants de l'ACV). L'évaluation de l'impact environnemental du numérique est réalisée via 11 indicateurs environnementaux supplémentaires en plus de son empreinte carbone (c'est l'aspect multicritère de l'ACV). L'analyse intègre les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie de chacune de ces 3 briques à savoir les phases de fabrication, distribution, utilisation et fin de vie (c'est l'aspect multi-étape de l'ACV).

Selon cette approche et en l'état des données recueillies par les prestataires de l'étude, il ressort notamment que ce sont les terminaux qui représentent l'essentiel de l'impact environnemental : ils constituent, selon l'indicateur environnemental considéré, de 65 % à plus de 90 % des impacts environnementaux.

Pour ce qui est de l'empreinte carbone des terminaux, ces derniers pèsent pour 79 % de l'empreinte. Une majorité de cette empreinte est portée par la phase de fabrication (pour 78 % du total alors que la phase d'utilisation représente 21 %).

Cependant l'impact environnemental du numérique ne se limite pas à son empreinte carbone. Ainsi, à côté des impacts environnementaux notamment liés à la consommation énergétique

PART DE L'EMPREINTE CARBONE ASSOCIÉE À CHAQUE BRIQUE DU NUMÉRIQUE



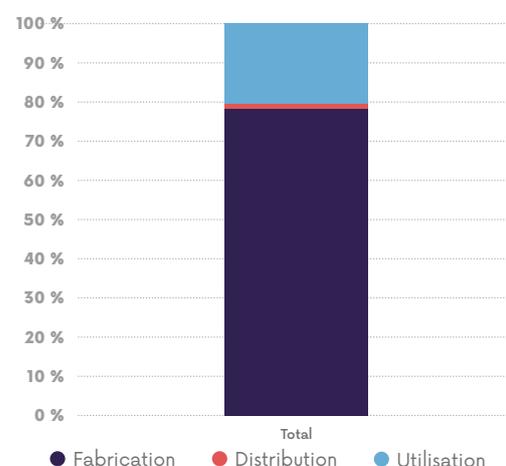
● Centres de données ● Réseaux ● Terminaux

Source : étude ADEME-Arcep sur l'évaluation de l'impact du numérique en France

(incluant entre autres l'empreinte carbone, les radiations ionisantes et l'épuisement des ressources abiotiques fossiles qui décrivent environ 64 % de l'impact), communs à de nombreux secteurs, l'épuisement des ressources abiotiques naturelles (minéraux et métaux) ressort comme un critère pertinent (de l'ordre de 27 %) pour décrire l'impact environnemental du numérique. L'empreinte carbone est donc loin d'être la seule source d'impact sur l'environnement et cela justifie le recours à une approche multicritère.

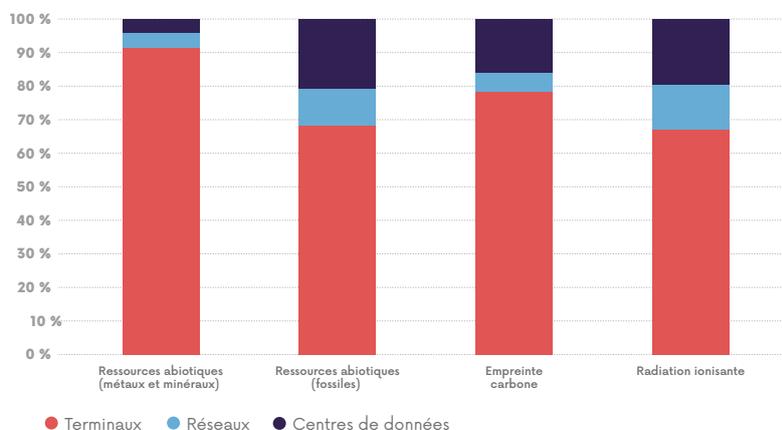
84

PART DE L'EMPREINTE CARBONE ASSOCIÉE À CHAQUE PHASE DE L'ENSEMBLE DES 3 BRIQUES



Source : étude ADEME-Arcep sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France

RÉPARTITION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX PAR BRIQUE DU NUMÉRIQUE



Source : étude ADEME-Arcep sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France.

L'étude montre également que l'essentiel de l'impact environnemental du numérique provient des terminaux. Les terminaux regroupent de nombreux équipements différents⁷¹, avec des impacts environnementaux variés. La catégorie « écrans et matériel audiovisuel » emporte la majorité des impacts pour tous les indicateurs considérés (suivie de la catégorie « ordinateurs »). Si l'impact des téléphones⁷² est substantiel, il est loin d'être majoritaire. Les mesures visant à l'allongement de la durée d'usage des terminaux doivent en conséquence aller bien au-delà de ces derniers.

Les centres de données représentent le second vecteur d'impact environnemental. En analysant plus en détail les équipements constituant un centre de données, l'étude conclut que ce sont les serveurs qui dans tous les cas génèrent le plus d'impact via leur fabrication et leur utilisation. L'étude met également en évidence le rôle des serveurs d'entreprise et de colocation (centres de données au sein desquels plusieurs clients hébergent et opèrent leurs propres équipements informatiques) qui sont à l'origine de l'essentiel des impacts (plus de 80 % pour chaque indicateur environnemental). L'étude ne permet cependant pas de déterminer dans quelle mesure ces résultats sont le fruit d'un effet « volume » lié au nombre de serveurs d'entreprise et de colocation ou si un sujet particulier doit être adressé. Par ailleurs, il convient de noter que ce sont uniquement les centres de données présents sur le territoire national qui sont modélisés⁷³.

Enfin, les réseaux représentent la part la moins importante de l'impact environnemental du numérique. Leur contribution à l'empreinte carbone du secteur se situe autour de 5 % et les ordres de grandeur pour les autres types d'impacts environnementaux sont équivalents (entre 5 et 10 % pour l'épuisement des ressources abiotiques naturelles – minéraux et métaux, fossiles – et les radiations ionisantes).

Cette étude permet d'affiner l'évaluation de l'impact environnemental du numérique. Au-delà de l'évaluation elle-même, l'étude confirme

la complexité de l'exercice et identifie les obstacles les plus structurants à lever afin d'améliorer la mesure. Ce travail d'évaluation est une étape d'un chantier à plus long terme pour affiner et diffuser une méthodologie éprouvée et opérationnelle et permettre l'accès à un plus grand nombre de données.

Elle confirme que les terminaux sont à l'origine de l'essentiel des impacts (de 65 à 90 %), pour tous les indicateurs, suivis des centres de données (de 4 à 20 %) puis des réseaux (de 4 à 13 %). Il apparaît donc impératif d'adresser l'impact environnemental de l'ensemble des terminaux et notamment des plus dimensionnants d'entre eux (téléviseurs, ordinateurs, etc.). Pour autant, le sujet doit être traité globalement. En effet, cette répartition d'impact ne doit pas occulter la dimension écosystémique du numérique : l'interdépendance entre terminaux, réseaux et centres de données créée par les usages permis par internet doit être prise en compte dans l'élaboration de politiques publiques adressant le sujet de l'impact environnemental du numérique dans son ensemble. Tous les acteurs de l'écosystème doivent prendre leur part pour un numérique soutenable.

L'analyse multi-étape permet également de mettre en évidence le poids de la phase de fabrication qui est souvent la principale source d'impact (supérieur à 80 %) et qui confirme l'importance de politiques visant à allonger la durée d'usage des équipements numériques au travers de la durabilité des produits, du réemploi, du reconditionnement, de l'économie de la fonctionnalité ou de la réparation. Suivant les indicateurs considérés, la phase d'utilisation peut aussi représenter le vecteur principal d'impact environnemental du numérique (jusqu'à environ 80 % pour l'épuisement des ressources abiotiques naturelles (fossiles) et les radiations ionisantes).

Les travaux des deux institutions déjà engagés devraient aider à lever certains des obstacles identifiés et l'ADEME et l'Arcep continueront leur collaboration dans la dernière phase de l'étude, relative à l'élaboration de scénarios prospectifs.

71. Ci-après, une liste non exhaustive de terminaux considérés dans l'étude : ordinateurs fixes et portables, tablettes, smartphones, téléphones fixes, écrans d'ordinateurs, téléviseurs, rétroprojecteurs, box TV, consoles de jeux vidéo de salon et portables, etc.

72. La catégorie « téléphones » se décompose en smartphones, *feature phones* et téléphones (lignes fixes). Pour presque tous les indicateurs environnementaux, les smartphones emportent environ 80 à 90 % de l'impact (excepté les radiations ionisantes où la consommation électrique des lignes fixes de téléphone fait diminuer cette part à 32 %).

73. La modélisation n'inclut donc pas l'impact environnemental des centres de données étrangers mobilisés pour des usages sur le territoire national et n'exclut pas l'impact environnemental des centres de données nationaux mobilisés pour des consommations à l'étranger.

3. Perspectives 2022 – La suite des travaux de l'Arcep : une approche globale de l'empreinte environnementale du numérique, sur l'ensemble de la chaîne d'accès à internet

L'Arcep souhaite par ailleurs poursuivre le travail accompli sur la mesure de l'impact environnemental du numérique. Au-delà de l'étude sur l'impact environnemental du numérique réalisée avec l'ADEME, l'Autorité forge progressivement son expertise pour construire une approche globale de l'empreinte environnementale du numérique. Ce travail a un caractère indispensable et permet d'identifier les équipements et les pratiques ayant le plus d'impact environnemental pour ensuite cibler au mieux des leviers d'action pertinents.

La collecte de données visant à la construction et la publication d'un baromètre environnemental du numérique par l'Arcep constitue un axe important de ce chantier qui s'inscrit également dans la continuité des objectifs fixés par la feuille de route « [Numérique et Environnement](#) », publiée en février 2021 par le Gouvernement.

L'Arcep a déjà publié, en avril 2022, la première version de ce baromètre appelé Enquête annuelle « pour un numérique soutenable » avec de premiers indicateurs sur le seul champ des opérateurs de communications électroniques.

Avec la loi du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep⁷⁴, le pouvoir de collecte de données environnementales de l'Autorité a été élargi aux équipementiers réseaux, fabricants de terminaux, fournisseurs de services de communication au public en ligne (FSCPL), fournisseurs de systèmes d'exploitation et opérateurs de centres de données. C'est ainsi l'ensemble de la chaîne d'accès à internet que l'Arcep peut adresser.

L'extension du périmètre de collecte de données environnementales à ces acteurs permettra d'enrichir progressivement la publication annuelle d'indicateurs d'impact environnemental de manière à assurer l'information de l'ensemble des acteurs du secteur et des pouvoirs publics afin de permettre la mise en œuvre de politiques adaptées ; mais aussi à inciter les acteurs économiques à des comportements plus vertueux et sensibiliser les consommateurs à leurs usages.

De nombreux échanges sont nécessaires avec les acteurs pour converger sur les différents aspects méthodologiques qu'implique la mise en place de nouveaux indicateurs. Dans ce contexte, l'Arcep entend poursuivre sa démarche collaborative tout au long de l'année 2022. Elle conduit depuis le début d'année des rencontres bilatérales avec les acteurs du numérique et de l'environnement qui aboutiront à l'organisation d'un atelier réunissant l'ensemble des acteurs pour converger collectivement sur les indicateurs à intégrer dans cette nouvelle version de l'Enquête annuelle « pour un numérique soutenable ».

L'Arcep envisage une mise en consultation publique de sa décision de collecte élargie à l'été 2022 pour une publication en fin d'année. Un travail conséquent de récolte, traitement et mise en forme de la donnée sera réalisé courant 2023 avant d'aboutir à une autre publication.

Par ailleurs, l'Arcep mènera plusieurs projets en collaboration avec l'Arcom et l'ADEME sur l'année 2022 :

- une étude externe sur la mesure de l'impact environnemental de la diffusion et la consommation de contenus audiovisuels en France ;
- la publication par l'Arcom, en lien avec l'Arcep et l'ADEME, d'une recommandation quant à l'information des consommateurs par les services de télévision, services de médias audiovisuels et services de plateforme de partage de vidéos sur la consommation énergétique et l'impact carbone de leurs usages ;
- la définition par l'Arcom et l'Arcep, en lien avec l'ADEME, du contenu d'un référentiel général de l'écoconception des services numériques d'ici janvier 2024.

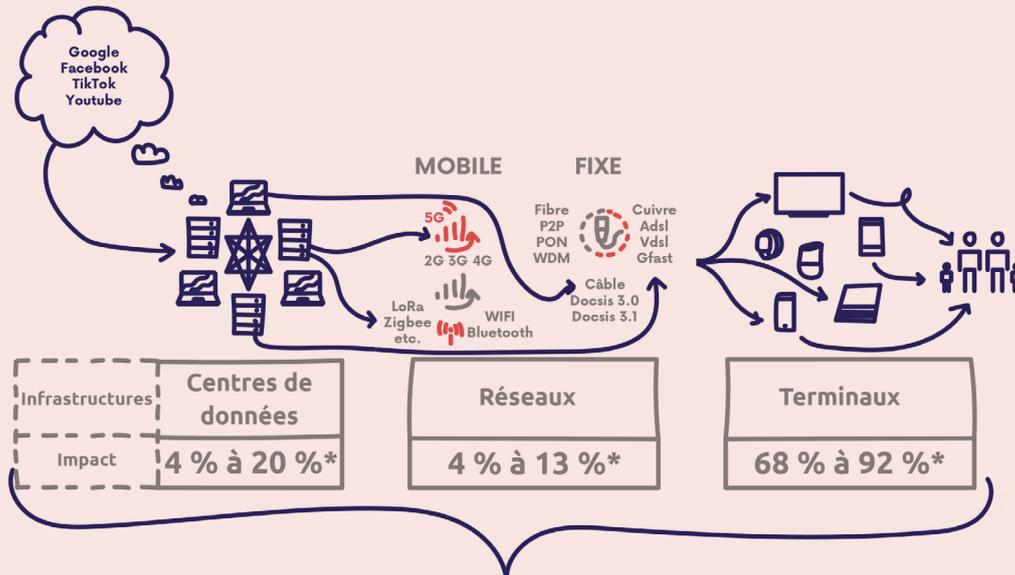
74. Loi n° 2021-1755 du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep.

Tutoriel



Prolonger la durée de vie des ordinateurs

L'impact des terminaux dans l'empreinte environnementale du numérique



Empreinte environnementale du numérique

* en fonction des indicateurs d'impact environnemental les plus pertinents considérés

Source : étude ADEME-Arcep sur l'impact de l'empreinte du numérique en France

87

Faut-il changer les ordinateurs quand les mises à jour de sécurité ne sont plus disponibles ? Non, car les terminaux représentent 76,4 % de l'empreinte environnementale du numérique.

Par ailleurs au sein de l'ensemble des terminaux, les ordinateurs sont à l'origine d'une des contributions les plus substantielles de l'empreinte environnementale du numérique. En effet, ils comptent pour environ 1/4 de cette empreinte. Renouveler moins fréquemment ses ordinateurs aura donc un impact positif sur l'empreinte environnementale du numérique.

L'importance des mises à jour de sécurité

Il est important de garder les ordinateurs qui sont connectés à internet à jour, même s'ils n'ont pas de données importantes sur leur disque. En effet, des groupes cybercriminels sont attentifs aux mises à jour de sécurité, afin de déterminer les failles qu'elles corrigent et attaquer les ordinateurs qui n'ont pas installés ces mises à jour. Un terminal non mis à jour peut devenir une machine « zombie », c'est-à-dire un ordinateur contrôlé à l'insu de son utilisateur par un cybercriminel pour en prendre le contrôle. Des « armées de zombies » ou *botnets*, c'est-à-dire de grandes quantités

d'ordinateurs compromis, sont ensuite utilisées dans les attaques de type DDoS (déni de service distribué), pour faire du minage de cryptomonnaies ou simplement pour envoyer en masse des courriers non sollicités (spam). Un ordinateur zombie va en outre avoir un impact environnemental, lié à la surconsommation d'électricité de l'ordinateur.

La disponibilité des mises à jour de sécurité

Les mises à jour de sécurité ne sont pas disponibles pendant toute la durée de vie des ordinateurs. Après une certaine période, les mises à jour ne sont plus proposées par l'éditeur du système d'exploitation.

Par exemple :

- Le cycle de vie de Windows 10 devrait prendre fin le 14 octobre 2025. La mise à jour vers Windows 11 est réservée aux ordinateurs récents¹. La majorité des PC commercialisés en 2018 ne sont en effet pas compatibles Windows 11.
- Côté Apple, un MacBook 2015 ne peut pas installer macOS 12 Monterey, et doit se contenter de macOS 11 Big Sur. Apple met habituellement à jour macOS pendant 3 ans.

1. [Liste des processeurs Intel pris en charge Windows 11](#) et [liste des processeurs AMD pris en charge Windows 11](#).

Les solutions pour prolonger la vie d'un ordinateur

2 solutions permettent de prolonger la durée de vie d'un ordinateur, quand il devient trop lent pour l'usage prévu ou quand il ne reçoit plus de mises à jour de sécurité pour son système d'exploitation :

- Donner une seconde vie au matériel, via un don à une association, coopérative ou entreprise solidaire qui va collecter et reconditionner l'ordinateur avec un nouveau système d'exploitation, après avoir effacé ses données².
- Installer soi-même un nouveau système d'exploitation. L'opération ne demande pas des compétences techniques importantes, mais nécessite une clé USB (habituellement de 4 Go minimum) et efface toutes les données de l'ordinateur. Il faut donc réaliser au préalable une sauvegarde de tous ses documents.

Plusieurs types de systèmes d'exploitation existent :

- Les systèmes d'exploitation qui se basent sur l'utilisation de services en ligne. Ils nécessitent donc une connexion internet pour fonctionner, même si certaines fonctions de base peuvent fonctionner sans connexion. Par exemple, Chrome OS Flex de Google permet de prolonger la vie d'un PC fabriqué après 2010, équipé d'au moins 4 Go de mémoire vive et de 16 Go de disque.
- Les systèmes d'exploitation qui installent les applications et les données sur le disque dur et qui sont donc utilisables sans connexion internet. Les versions standard de Linux nécessitent un PC fabriqué après 2008, équipé d'au moins 4 Go de mémoire vive et 32 Go de disque

pour fonctionner correctement. Il existe également des distributions Linux légères qui, au prix de quelques sacrifices sur les fonctionnalités, peuvent fonctionner sur n'importe quel PC équipé de 1 Go de mémoire vive.

L'installation d'un nouveau système d'exploitation nécessite une clé USB. L'Arcep détaille sur son site la procédure à suivre : [Création d'une clé USB bootable pour réaliser un test de débit fiable](#).

Une distribution Linux est simplement un ensemble cohérent de logiciels assemblés autour du noyau Linux. La première étape pour le choix de la distribution Linux est le choix de l'environnement graphique. Les 3 environnements les plus populaires sont Gnome, KDE et Xfce. Il existe pour chacun plusieurs distributions Linux. Le choix de l'environnement se fait en fonction des fonctionnalités souhaitées, mais également de la mémoire vive de l'ordinateur, qui est l'élément le plus souvent limitant sur les ordinateurs anciens.

- La mémoire vive permet au processeur de stocker temporairement les données dont il a besoin pour lancer un programme. Le système d'exploitation et les logiciels ouverts sont chargés en mémoire vive. Pour donner un ordre d'idée, un navigateur web ouvert utilise approximativement 1 Go de mémoire vive et un système d'exploitation utilise de 1 à 2 Go. En cas de saturation de la mémoire vive, les données les moins utilisées de la mémoire vive seront placées sur disque, ce qui va dégrader fortement les performances.
- Le second élément limitant est le microprocesseur, le cerveau de l'ordinateur. De nombreux systèmes d'exploitation demandent un microprocesseur 64 bits. Depuis 2008, presque tous les PC en disposent.

Mémoire vive de l'ordinateur (RAM)	Système d'exploitation à utiliser pour prolonger la durée de vie de l'ordinateur
Moins de 1 Go	Un ordinateur qui a moins de 1 Go de mémoire vive peut difficilement être à jour au niveau sécurité et exploitable. Il est toutefois possible de trouver de nombreux usages pour ces ordinateurs anciens, mais sans les connecter au réseau internet. Une piste à privilégier est d'installer un Linux ancien et d'en faire un outil éducatif ou destiné à certains anciens jeux vidéo installables. Il peut également lire les DVD vidéo, s'il est équipé d'un lecteur DVD.
1 Go	Avec seulement 1 Go de mémoire vive, il est difficile d'utiliser un navigateur web quotidiennement, toutefois l'ordinateur peut être utilisé pour de la bureautique, des logiciels éducatifs ou redécouvrir d'anciens jeux vidéo. Emmabuntüs est une distribution Linux adaptée pour le reconditionnement de vieux ordinateurs, en particulier aux communautés Emmaüs (d'où son nom).
2 Go et 3 Go	À partir de 2 Go de mémoire vive, il est possible d'utiliser le PC pour naviguer sur internet et faire du streaming vidéo. Afin de laisser le plus de mémoire vive possible au navigateur web, il est recommandé d'utiliser un système Linux avec une interface graphique légère. Les environnements de bureau adaptés aux ordinateurs à configuration modeste sont par exemple Xfce et LXQt. Xfce a un peu plus de fonctionnalités et est mieux intégré que LXQt, au prix d'une consommation mémoire légèrement supérieure. Ces deux environnements sont proposés par des distributions Linux telles que Emmabuntüs ou Debian.

2. Une liste d'organismes de reconditionnement solidaires est par exemple disponible sur le site [LaCollecte.tech](#).

Mémoire vive de l'ordinateur (ram)	Système d'exploitation à utiliser pour prolonger la durée de vie de l'ordinateur
4 Go et plus	Tous les Linux peuvent s'installer sur les PC 64 bits équipés de 4 Go de mémoire vive. Il est recommandé d'utiliser un Linux avec un environnement de bureau convivial avec de nombreuses fonctionnalités, comme Gnome (exemple de distribution : Ubuntu), Cinnamon (exemple : Linux Mint) ou KDE (exemple : Mageia). Il est également possible d'installer Chrome OS Flex de Google. Un ordinateur avec plus de 4 Go de mémoire vive va permettre d'exécuter plus d'applications simultanément sans ralentissement.

Quels usages pour les ordinateurs les plus anciens ?

Voici quelques exemples d'usages possibles (liste indicative et non exhaustive) :

- GCompris est un logiciel éducatif *open source*, inclus dans la plupart des distributions Linux, qui propose des activités variées aux enfants de 2 à 10 ans, voire plus : lecture, géographie, sciences, mathématiques, casse-têtes, puzzles, initiation progressive au Mastermind, aux échecs, apprentissage du braille, etc. En tout, GCompris propose plus de 100 activités. Ce logiciel est utilisable à partir d'un Pentium III avec 512 Mo de mémoire vive.
- Tux Paint : un logiciel de dessin *open source* pour éveiller la créativité des enfants. Il est inclus dans la plupart des distributions Linux. Il intègre de nombreux effets de magie ou des tampons qui permettent de coller des images sur un dessin. Il est utilisable à partir d'un Pentium II avec 256 Mo de mémoire vive.
- PlayOnLinux est un logiciel permettant d'installer et d'utiliser facilement de nombreux jeux et logiciels prévus pour fonctionner exclusivement sous Windows de Microsoft. PlayOnLinux se base sur le logiciel Wine, tout en évitant à l'utilisateur d'appréhender sa complexité. Il permet de lancer de vieux jeux Windows sur de vieux PC Linux. Par exemple, le CD de SimCity 4, jeu lancé en 2003, ne fonctionne plus avec Windows 10, mais il fonctionne parfaitement sous Linux avec PlayOnLinux.
- LibreOffice Writer, traitement de texte inclus dans les distributions Linux, permet d'être autonome pour préparer des documents. Il est utilisable à partir d'un Pentium III avec 512 Mo de mémoire vive et peut importer et exporter au format .docx de Word.
- Le lecteur multimédia VLC permet de lire des DVD vidéo (si l'ordinateur est équipé d'un lecteur DVD). Il est utilisable à partir d'un Pentium 4 avec 512 Mo de mémoire vive. Les vidéos en 720p sont quant à elles lisibles à partir d'un Core 2 Duo et 1 Go de mémoire vive.

- Firefox permet d'accéder aux principales plateformes de vidéo à la demande à partir d'un ordinateur Core 2 Duo cadencé à plus de 2,5 GHz et 2 Go de mémoire vive. Attention, il faut un Linux 64 bits pour pouvoir lire les vidéos protégées par DRM (*Digital Rights Management*, la gestion des droits numériques utilisée par la plupart des plateformes de VoD commerciales).

Et pour les anciens smartphones ?

Il est possible de donner une seconde vie à un smartphone, via un don à une association, coopérative ou entreprise solidaire ou auprès de vos proches n'ayant pas de smartphone.

Par ailleurs, un smartphone ancien – et même s'il ne fonctionne pas parfaitement, peut servir à des usages plus ou moins annexes variés. Voici quelques suggestions.

Fonctions qui nécessitent une carte SIM :

- Téléphone
- Point d'accès Wi-Fi (nécessite un smartphone 4G)

Fonctions qui ne nécessitent pas de carte SIM :

- Lecteur MP3
- Babyphone (en Wi-Fi)
- Applications éducatives (tel que Gcompris)
- Applications simples (par exemple pour inciter les enfants à bien se brosser les dents)
- GPS (il existe des applications utilisables hors ligne)
- Télécommande
- Jeux vidéo
- Visionnage des vidéo (en Wi-Fi)

La parole à



CAROLINE SOHN

Membre du collectif d'experts *GreenIT.fr*

LE NUMÉRIQUE EST UNE RESSOURCE NON RENOUVELABLE, ÉCONOMISONS-LA!

Le numérique est une ressource critique, non renouvelable, qui s'épuise inéluctablement et trop vite.

Or nous sommes devenus totalement dépendants du numérique, que ce soit pour le fonctionnement de nos infrastructures, de l'économie mondiale, ou simplement pour communiquer et transmettre nos savoirs... Et nous continuons dans cette course folle à tout numériser (cryptomonnaie, métaverse...). C'est le seul secteur avec une croissance exponentielle!

La sobriété numérique est la base fondamentale d'un numérique plus responsable, tant sur le plan environnemental que social. Pour le dire

simplement, il s'agit d'économiser la ressource numérique tout en respectant le « Vivant » lorsque nous la concevons, la fabriquons et l'utilisons.

Depuis plus de quinze ans, nos études, à toutes les échelles — monde¹, France², entreprises^{3,4} démontrent que les impacts environnementaux ont lieu principalement lors de la fabrication des équipements (34 Mds dans le monde). Si on zoome sur les réseaux et les *data centers*, l'impact se concentre principalement sur l'usage (consommation énergétique).

Pour parvenir à cet objectif, il faut généraliser l'écoconception des services numériques et des équipements, massifier le réemploi, arrêter la course aux

technologies incrémentales et aller vers de l'innovation de rupture (*low & high tech*).

Nous sommes également convaincus que la sobriété numérique est un atout pour la compétitivité de la France qui peut montrer la voie dans ce domaine.

Ne nous contentons pas d'avoir des idées, mettons-les massivement en œuvre.

1. [EENM 2019] « Empreinte environnementale du numérique mondial », étude, GreenIT.fr, octobre 2019.
2. [INUM 2020] « iNUM : impacts environnementaux du numérique en France », étude, collectif, juin 2020.
3. [WEGREENIT 2018] « Quelle démarche Green IT pour les grandes entreprises françaises? », GreenIT.fr, WWF France, Club Green IT, février 2020.
4. [GREENCONCEPT 2020] « Livre blanc Greenconcept », synthèse de l'opération collective, février 2020.



ARNAUD LEROY

Président du Conseil d'administration de 2018 à juin 2022 - ADEME

POUR MIEUX AGIR, LES POUVOIRS PUBLICS AFFINENT LEUR EXPERTISE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE

Le travail sur la connaissance des impacts du numérique reste une partie essentielle car pour réduire, il faut connaître. L'évaluation environnementale suppose une analyse sur l'ensemble du cycle de vie du produit et dans une approche multicritère. L'ADEME et l'Arcep ont mis leurs expertises en commun pour développer la connaissance des impacts environnementaux des différentes briques numériques selon ces méthodes. Les premiers résultats de ces travaux, qui viennent s'inscrire dans le rôle d'observatoire décrit dans la loi visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France, illustrent le poids des services numériques dans l'empreinte carbone de la France (à hauteur de 2,5 %), les impacts en termes de ressources et matière, ou encore les impacts en termes

de production de déchets sur l'ensemble du cycle de vie. Ces résultats permettent également de mettre en évidence la place très significative des équipements et terminaux dans l'impact du numérique.

Aussi, l'allongement de la durée d'usage des équipements et services numériques est d'autant plus important que 75 % de l'impact environnemental du numérique est lié à la phase de fabrication des équipements. Cet allongement de la durée d'usage participe de plus à l'économie circulaire et permet ainsi de réduire la production de déchets et de limiter la consommation de ressources, en évitant ou en retardant l'achat de produits neufs. De plus, le secteur de la réparation notamment permet de générer des emplois plutôt non délocalisables et peut permettre d'augmenter le pouvoir d'achat des Français. L'ADEME est en train de

conduire une étude sur les impacts évités des produits reconditionnés. Les premiers résultats sur les smartphones montrent qu'en moyenne, faire l'acquisition d'un téléphone mobile reconditionné permet une réduction d'impact environnemental annuel de 55 % à 91 % (selon les catégories d'impact) par rapport à l'utilisation d'un smartphone neuf. Cela permet d'éviter l'extraction de 82 kg de matières premières et l'émission de 25 kg de gaz à effet de serre par année d'utilisation, soit 87 % de moins qu'avec un équipement neuf.

L'ADEME et l'Arcep vont continuer à alimenter les travaux sur le sujet du numérique et de l'environnement pour sensibiliser l'ensemble des publics et accompagner les acteurs pour une meilleure performance environnementale.



LEXIQUE

Afnic (Association française pour le nommage internet en coopération)

Association loi de 1901 qui a pour mission de gérer les domaines internet nationaux de premier niveau de France (.fr), La Réunion (.re), Terres australes et antarctiques françaises (.tf), Mayotte (.yt), Saint-Pierre-et-Miquelon (.pm) et Wallis-et-Futuna (.wf).

ADEME

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

Android

Système d'exploitation mobile développé par Google, utilisant le noyau Linux.

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 au travers duquel un logiciel offre des services à d'autres logiciels.

APN (Access Point Name)

Identifiant qui permet à un utilisateur de téléphonie mobile de se connecter à internet.

Arcom

Autorité publique française de régulation de la communication audiovisuelle et numérique.

ARN (Autorité de Régulation Nationale)

Organisme chargé 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 27 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 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.

Codec

Dispositif permettant de mettre en œuvre l'encodage et le décodage d'un flux de données numériques.

Cross-traffic

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

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 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 internet, comme lors du visionnage d'une vidéo en ligne ou du chargement d'une page web : on parle de débit descendant.

DNS (Domain Name System)

Mécanisme de traduction des noms de domaine internet en adresses IP.

Dual-stack (Double pile IP)

Consiste à affecter une adresse IPv4 et une adresse IPv6 à un équipement du réseau.

ePrivacy

Directive 2002/58/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 juillet 2002 concernant le traitement des données à

caractère personnel et la protection de la vie privée dans le secteur des communications électroniques (directive Vie privée et Communications électroniques). Un projet de règlement « ePrivacy » visant à remplacer l'actuelle directive est en cours de discussion et porte notamment sur l'utilisation des cookies et les pratiques associées, ainsi que le recueil du consentement des internautes.

[câble] Ethernet

Nom usuel du connecteur RJ45 supportant le protocole de communication de paquets Ethernet.

FAI

Fournisseur d'Accès à Internet.

FCA (Fournisseur de Contenu et d'Applications)

Fournisseur de contenu (pages web, blogs, vidéos) et/ou des applications (moteurs de recherche, applications VoIP) sur internet.

Firewall

Pare-feu, il s'agit d'un dispositif matériel ou logiciel de sécurité qui permet de filtrer et de bloquer les flux en fonction de la politique de sécurité en place.

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.

Full-MVNO

MVNO qui gère son plan d'adressage et qui prend la main notamment sur le cœur de réseau et sur les plateformes de services, tout en louant les capacités radio aux opérateurs-hôtes.

HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

Protocole de communication client-serveur développé pour le World Wide Web. HTTPS (HTTP Secured) : protocole HTTP sécurisé par l'usage des protocoles SSL ou TLS.

Interleave

L'*interleave* est une méthode qui consiste à découper des paquets de données en bits plus petits, puis à les réorganiser de manière à ce que des données autrefois contiguës soient désormais plus espacées pour former un flux non continu.

Dans ce mode, lorsqu'une perturbation se produit, elle affecte en général un seul bit par octet, même si cela se produit dans un grand nombre d'octets.

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 activé

Qui émet et reçoit effectivement du trafic en IPv6, soit grâce à une activation de la part du client, soit grâce ou une activation effectuée par l'opérateur.

IPv6-ready

Qui est compatible avec le protocole IPv6, mais sur lequel IPv6 n'est pas nécessairement activé par défaut.

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 via un réseau. La latence est exprimée en millisecondes (ms).

Light-MVNO

MVNO qui confie à leur opérateur-hôte la gestion opérationnelle du réseau.

Linux

Au sens large, désigne tout système d'exploitation fondé sur le noyau Linux. Le noyau Linux est utilisé sur du matériel informatique allant des téléphones portables (par exemple : Android) aux superordinateurs en passant par les PC (par exemple : Ubuntu).

macOS

Système d'exploitation développé par Apple pour ses ordinateurs.

Mires de test (pour les tests de qualité de service)

Un serveur qui ne stocke pas de données, mais qui est en mesure de délivrer des données à très haut débit, afin de permettre de mesurer le débit.

MVNO (Mobile Virtual Network Operators)

Opérateurs qui ne disposent pas de leur propre réseau radio et qui, pour offrir des services de communication mobile à leurs abonnés, s'appuient sur les services d'un ou plusieurs opérateurs de réseau mobile (au nombre de 4 à ce jour : Bouygues Telecom, Free Mobile, Orange et SFR) en leur achetant des communications en gros.

NAS (Network Attached Storage)

Serveur de stockage de fichiers, autonome et relié à un réseau.

NAT (Network Address Translation)

Mécanisme de traduction d'adresses réseau permettant de faire correspondre des adresses IP à d'autres adresses IP, notamment utilisé pour limiter le nombre d'IPv4 publiques utilisées.

OS (Operating System)

Système d'exploitation. Logiciel qui permet de faire fonctionner un périphérique, comme Windows, macOS, Linux, Android ou iOS.

OTT (Over-The-Top)

Qualifie les services de communication électronique 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.

Port logiciel

À chaque connexion sur internet émanant d'une application est associée à une session UDP ou TCP, elle-même identifiée au moyen d'un « numéro de port », c'est-à-dire une adresse codée sur 16 bits.

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)

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.

Questions préjudicielles

Terme juridique faisant référence à une règle de procédure qui prévoit qu'un problème juridique particulier doit préalablement être résolu par la juridiction normalement compétente avant que la juridiction saisie ne statue. Cette procédure est prévue par le droit de l'Union européenne par laquelle les juridictions des États Membres interrogent la Cour de justice de l'Union européenne sur l'interprétation d'un traité, ou d'un acte de droit dérivé de l'Union, avant de trancher un litige dans lequel l'acte est invoqué.

RFC (Requests For Comments)

Documents officiels décrivant les aspects et spécifications techniques d'internet ou de différents matériels informatiques.

RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données)

Texte réglementaire européen (règlement n° 2016/679 du Parlement européen et du Conseil), adopté le 25 mai 2018, qui encadre le traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, sur tout le territoire de l'Union européenne.

SDN (Software-Defined Network)

Modèle d'architecture réseau qui est basé sur un contrôle centralisé des ressources réseau, une orchestration centralisée et une virtualisation des ressources physiques.

Serveur cache

Serveur dédié à la sauvegarde en local de contenus internet, permettant de rendre les contenus accessibles plus rapidement pour les utilisateurs.

Service spécialisé

Service de communication électronique distinct des services d'accès à l'internet qui nécessite des niveaux de qualité spécifiques.

SI (Système d'Information)

Ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et diffuser de l'information.

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.

Test de débit mono-connexion (monothread)

Test mesurant le débit via une seule connexion, ce qui permet de remonter un débit représentatif d'une utilisation d'internet.

Test de débit multi-connexions (multithread)

Test mesurant le débit en additionnant les débits de multiples connexions simultanées, ce qui permet d'estimer la capacité du lien.

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 2019, 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.

TLS (Transport Layer Security)

Permet de chiffrer les échanges sur internet et d'authentifier le serveur.

Transitaire

Opérateur de transit.

Transit

Bande passante vendue par un opérateur à un opérateur client, qui permet d'accéder à la totalité d'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.

VoLTE (Voice over TLE)

Principale technique de transport de la voix sur les réseaux de téléphonie mobile 4G LTE.

VoD (Video on Demand ou vidéo à la demande) :

technique de diffusion de contenus vidéo numériques interactive via réseaux câblés (internet) ou non câblés. La SVoD désigne un service de vidéo à la demande par abonnement (SVoD)..

VoIP (voix sur IP ou Voice over IP)

Technologie qui permet de transmettre la voix sur des réseaux compatibles IP via internet.

WAN (Wide Area Network)

Dans le présent rapport, le réseau WAN désigne le réseau internet par opposition au réseau LAN.

Wehe

Application Android et iOS, développée par la *Northeastern University* en partenariat avec l'Arcep pour détecter des pratiques de gestion de trafic contraires au principe de neutralité du net.

Wi-Fi

Protocoles de communication sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11.

Windows

Système d'exploitation propriétaire, développé par Microsoft, qui équipe la majorité des ordinateurs en France.

xDSL (Digital Subscriber Line)

Technologies de communications électroniques utilisées sur les réseaux en cuivre qui permettent aux opérateurs de fournir un accès internet à haut ou très haut débit. Les normes ADSL2+ et VDSL2 sont les normes xDSL les plus utilisées en France pour les accès grand public.

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

Quatrième génération des standards pour la téléphonie mobile. Elle est définie par les normes *release 8* du 3GPP.

5G

Cinquième génération des standards pour la téléphonie mobile. Elle est définie par les normes *release 15* du 3GPP.

Ce document a été réalisé par l'Arcep

Cécile Dubarry, directrice générale
Virginie Mathot, conseillère de la Présidente

DIRECTION « INTERNET, PRESSE, POSTES ET UTILISATEURS »

Loïc Duflot, *directeur*

Unité « Internet ouvert »

Aurore Tual, *chefe de l'unité*
Samih Souissi, *adjoint à la cheffe d'unité*
Pierre Faurie et Vivien Guéant, *chargés de mission*

Unité « Régulation par la donnée »

Gaspard Ferey, *chef de l'unité*
Léna Morvan, *adjointe au chef de l'unité*

DIRECTION « ÉCONOMIE, MARCHÉS ET NUMÉRIQUE »

Anne Yvrande-Billon, *directrice*

Unité « Analyse économique et Intelligence numérique »

Adrien Haïdar, *chef de l'unité*
Chiara Caccinelli, *adjointe au chef d'unité*
Estelle Patat et Charles Joudon-Watteau,
chargés de mission

DIRECTION « MOBILE ET INNOVATION »

Franck Tarrier, *directeur*

Unité « Couverture et Investissements mobiles »

Guillaume Decorzent, *chef de l'unité*
Gabriel Aubert, Noé Faure et Axel Piau, *chargés de mission*

DIRECTION « COMMUNICATION ET PARTENARIATS »

Clémentine Beaumont, *directrice*
Marie-Alix Dadillon et Charlotte Victoria, *chargées de mission*

DIRECTION « AFFAIRES JURIDIQUES »

Elisabeth Suel, *directrice*
Agate Rossetti, *adjointe à la directrice*

Unité « Infrastructures et Réseaux ouverts »

Rémy Maecker, *chef de l'unité*
Paul Pastor, *chargé de mission*

DIRECTION « EUROPE ET INTERNATIONALE »

Anne Lenfant, *directrice*

Unité « Europe »

Rodolphe Le Ruyet, *chef de l'unité*

Un grand merci à...

Toutes les personnes consultées, auditionnées ou ayant participé à la démarche de co-construction de l'Arcep sur la qualité de service d'internet ou à la task-force IPv6 pour leur dynamisme et leur contribution précieuse au présent rapport.

ANNEXE : PRINCIPAUX CODECS VIDÉO

1.1. H.262 / MPEG-2 Part 2 (1995)

H.262/MPEG-2 a été peu utilisé sur internet, mais c'est le codec utilisé sur tous les DVD vidéo. Il était également utilisé pour la télévision TNT de première génération (de 2005 à 2016), la télévision sur le câble et sur les premières des box « triple play » en France. Le H.262/MPEG-2 est bien moins efficace que le H.264/AVC et les opérateurs ont tous changé les équipements des clients incompatibles H.264/AVC afin de pouvoir arrêter l'utilisation de ce codec peu efficace. En 2021 la principale utilisation du MPEG-2 reste la lecture de DVD vidéo. Les revendeurs de produits et services utilisant la norme H.262/MPEG-2 doivent payer des droits pour l'utilisation d'une technologie brevetée. Le dernier brevet américain ayant expiré le 14 février 2018, seuls les brevets philippins et malaisiens sont restés actifs après cette date.

1.2. H.264 / AVC (2003)

H.264/AVC est aujourd'hui supporté par presque tout ce qui est connecté à internet. Seul quelques rares puristes de l'*open source* n'installent pas ce codec propriétaire sur leur Linux / BSD. Il est massivement utilisé pour tout ce qui enregistre et lit de la vidéo. La TNT HD utilise H.264/AVC depuis son lancement en 2008 (en complément de la TNT SD en H.262/MPEG-2 de 2008 à 2016). Conçu il y a 20 ans, H.264/AVC a 2 inconvénients : il existe maintenant des codecs plus efficaces en compression vidéo et il est payant (les revendeurs de produits et services utilisant la norme H.264/AVC doivent payer des droits pour l'utilisation d'une technologie brevetée). Firefox n'a pas de licence H.264 mais utilise le codec intégré dans le système d'exploitation.

1.3. VP8 (2008)

VP8 est un codec propriétaire techniquement proche de H.264/AVC, développé par On2. En février 2010, Google a racheté l'entreprise. La *Free Software Foundation* a écrit une lettre ouverte à Google pour demander de diffuser VP8 sous licence libre et de l'utiliser sur le site de partage de vidéo YouTube, ce que Google fait le 19 mai 2010 en l'intégrant au projet WebM sous licence Creative Commons paternité (CC-by) avec une implémentation sous licence BSD. Son avantage sur H.264 était d'être un format ouvert à une époque où H.264/AVC n'était pas systématiquement pris en charge par les navigateurs internet. Il a été utilisé par YouTube en plus de H.264 avant que VP9 prenne sa place. L'algorithme de compression utilisé pour

les images-clés du VP8 est utilisé dans le format d'image WebP, format qui est plus efficace que le JPEG.

1.4. VP9 (2012)

VP9 est le successeur de VP8. VP9 est significativement plus performant que VP8 et H.264/AVC. VP9 permet d'avoir un débit et une qualité vidéo comparable à H.265/HEVC, mais contrairement à ce dernier, il est ouvert et sans redevance. VP9 est utilisable sur tous les équipements récents, sauf sur Safari et iOS où il y a des restrictions à l'utilisation de VP9. Apple a pourtant implémenté VP9, mais ne le rend disponible que pour des cas où il est indispensable comme WebRTC pour que les utilisateurs d'iPhone / Mac puissent passer des appels vidéo ou sur YouTube afin d'avoir accès aux résolutions 4k où seuls les codecs VP9 et AV1 sont proposés.

1.5. H.265/HEVC (2013)

Sur internet, H.265 est principalement poussé par Apple qui le propose depuis 2017, avec iOS 11 et macOS High Sierra. Apple fait partie des entreprises qui touchent des royalties sur ce codec. H.265/HEVC est gourmand : il comptait au début réclamer des royalties à hauteur de 0,5 % des revenus générés par la diffusion de flux vidéo (donc 0,5 % des prix des vidéos à la demande iraient chez le groupe d'industriels Access Advance - anciennement HEVC Advanced). H.265 aurait dû être une réussite y compris sur internet, mais c'était sans compter sur l'arrivée des codecs ouverts VP9 et AV1 et de l'absence de support de H.265 hors de l'écosystème Apple et de l'écosystème de la diffusion TV traditionnelle : Firefox, Edge, Chrome et de nombreux autres navigateurs ne permettent pas de lire des vidéos encodées avec H.265. H.265 est utilisé par les Blu-ray Ultra HD et les FAI pour diffuser les chaînes 4K et il pourrait être utilisé pour la TNT HD dans quelques années, ce qui impliquerait l'utilisation de décodeurs TNT externes pour les nombreuses TV non compatibles.

Voici un extrait de la page Wikipedia sur H.265 : « Le 26 juin 2012, MPEG LA a annoncé sa volonté de licencier les brevets sur HEVC. Cependant, contrairement aux codecs MPEG précédents, MPEG LA n'a pas fait l'unanimité, et deux organismes rivaux de licence des brevets ont émergé : HEVC Advance et Velos Media. Par ailleurs, certains gros industriels préfèrent licencier directement leurs brevets sans passer par des organismes de gestion des droits. Les montants des redevances sont en hausse par rapport aux standards

précédents, et ne sont parfois pas publics. Devant une telle incertitude sur les coûts, qui se chiffrent parfois en millions de dollars, est créée l'Alliance for Open Media, qui vise à créer un codec libre de droits ».

Pour plusieurs analystes, la multiplicité du nombre de pools avec lesquels négocier les brevets aurait entravé l'utilisation d'HEVC et incité de nombreux acteurs à pousser un codec performant libre de droits : AV1.

1.6. AV1 (2018)

AV1 est plus performant que VP9 et H.264. AV1 a une efficacité proche de H.265/HEVC (certaines études montrent que AV1 est plus performant que H.265/HEVC, d'autres moins). AV1 est développé par l'*Alliance for Open Media*. AV1 est utilisable sur tous les navigateurs récents, sauf sur Safari. AV1 bénéficie d'une accélération *hardware* (permettant de moins solliciter le CPU) sur les générations de smartphones et de microprocesseurs conçus en 2021. La lecture reste possible sur les smartphones plus anciens en utilisant le microprocesseur pour décoder le flux.

AV1 aura probablement un autre avantage sur H.264 en étant encore lisible dans 15 ans. Ceux qui ont encore des vidéos encodées en MPEG-2, le format utilisé par le DVD vidéos s'en sont aperçus puisque le support du MPEG-2 est de plus en plus supprimé des logiciels et matériels. Par exemple Windows 10 ne l'intègre plus pour éviter d'avoir à payer une licence, alors qu'il était intégré dans les précédentes versions de Windows. Sous Linux les vidéos, MPEG-2 ne sont pas lisibles de base. H.264 pourrait connaître le même sort à terme.

L'algorithme de compression utilisé pour les images-clés du AV1 est utilisé dans le format d'image AVIF, format qui est plus efficace que le JPEG et WebP.

1.7. H.266/VVC (2020)

H.266 / VVC pour *Versatile Video Coding* a été publié le *Joint Video Experts Team* (JVET) le 6 juillet 2020. Comme pour HEVC, 2 *patent pools* se sont mis en place pour l'utilisation des brevets : MPEG LA et Access Advance. VVC serait plus efficace que AV1. Il est trop tôt pour savoir si il sera utilisé.

1.8. AV2 (en développement)

AV2 est le codec successeur d'AV1, sur lequel travaille l'*Alliance for Open Media*.

Publication

Arcep

14, rue Gerty-Archimède - 75012 Paris

Direction de la Communication

et Partenariats : com@arcep.fr

Design

Agence Luciole

Crédits photos

p. 6, 7, 8 et 9 : Adobe Stock

p. 8 : Directique, dans la cadre de la campagne ARCEP 2021 (Guyane, Caraïbes)

p. 43 et 44 : « Interxion: A Digital Realty Company »

Illustrations

p. 61 : Carte réalisée par Vivien Guéant à partir de la parodie de la carte d'Astérix de Simon Giraudot, sous licence CC BY-SA 2.0

p. 64 : Simon Giraudot

Juin 2022

ISSN n°2258-3106



Ce contenu est mis à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution - Partage dans les mêmes conditions 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



LE MANIFESTE

L'ARCEP, LES RÉSEAUX COMME BIEN COMMUN

Les réseaux d'échanges internet, télécoms fixes, mobiles, postaux et de distribution de la presse, constituent une « **infrastructure de libertés** ». Liberté d'expression et de communication, liberté d'accès au savoir et de partage, mais aussi liberté d'entreprise et d'innovation, enjeu-clé pour la compétitivité du pays, la croissance, l'emploi et la cohésion nationale.

Parce que le plein exercice de ces libertés est essentiel, les institutions nationales et européennes veillent à ce que les réseaux d'échanges se développent comme un « **bien commun** », quel que soit leur régime de propriété, c'est-à-dire qu'ils répondent à des exigences fortes en termes d'accessibilité, d'universalité, de performance, de neutralité, de confiance et de soutenabilité.

L'Autorité de régulation des communications électroniques des postes et de la distribution de la presse (Arcep) est née du constat qu'une intervention étatique indépendante était nécessaire pour veiller à ce qu'aucune force, qu'elle soit économique ou politique, ne soit en situation de contrôler ou de brider la capacité d'échange des citoyens, entreprises, associations, éditeurs et innovateurs. Arbitre expert et neutre au statut d'autorité administrative indépendante, l'Arcep agit en tant qu'**architecte et gardienne** des réseaux d'échanges comme bien commun.

Architecte, l'Arcep crée les conditions d'une organisation ouverte et décentralisée des réseaux. Elle veille à la compétitivité des secteurs qu'elle régule au travers d'une concurrence favorable à l'investissement. Elle organise le cadre d'interopérabilité des réseaux, afin que ceux-ci, malgré leur diversité, restent simples d'accès pour les utilisateurs et non cloisonnés. Enfin, elle coordonne la bonne articulation entre les acteurs publics et privés, notamment dans le cadre de l'intervention des collectivités territoriales.

Gardienne, l'Arcep s'assure du respect des principes essentiels pour garantir la capacité d'échange de tous. Elle veille à la fourniture du service universel, et accompagne les pouvoirs publics pour garantir l'accès le plus large possible aux réseaux sur le territoire. Elle assure la bonne information du public, sa liberté de choix, et protège contre les atteintes possibles à la neutralité du réseau, sur internet comme pour la presse. Elle lutte plus généralement contre toutes les formes d'entrave qui pourraient menacer la liberté d'échanger sur les réseaux, et s'intéresse à ce titre aux intermédiaires que sont les terminaux et les grandes plateformes internet.