

ÉDITION 2023

L'état d'internet en France

RAPPORT
D'ACTIVITÉ

TOME 3

Édito



**Par Laure
de La Raudière,**
Présidente de l'Arcep

LIBÉRER LE POUVOIR DE LA DONNÉE AU BÉNÉFICE DE L'INNOVATION

Les données numériques, qu'elles soient celles des entreprises ou des citoyens européens, structurent aujourd'hui tous les écosystèmes numériques : elles permettent la personnalisation de tous les services en ligne que nous utilisons, la suggestion ciblée de nouveaux services, l'aide au diagnostic médical, l'adaptation de l'apprentissage aux profils des apprenants... mais aussi une compréhension plus fine des processus industriels et économiques permettant d'améliorer la productivité des entreprises ou l'optimisation des ressources, une automatisation de certaines tâches ou le développement de solutions innovantes pour prendre en compte les enjeux environnementaux. Les données sont en quelque sorte le carburant de l'innovation numérique.

Très tôt, l'Union européenne a compris que la captation des données par les acteurs du numérique présentait des enjeux liés à la protection de la vie privée, et que l'usage fait de nos données devait l'être sous réserve de notre consentement. C'est dans cet objectif de protection que le Règlement Général pour la

Protection des Données (RGPD) a été adopté en 2016.

De plus, afin que la donnée œuvre pleinement au bénéfice de tous, qu'elle contribue au plein potentiel d'innovation et de dynamisme économique de l'Union européenne, il est aussi indispensable de la « libérer », de faciliter son partage dans des conditions de confiance pour nos concitoyens et nos entreprises. C'est pour répondre à cet objectif que l'Union européenne a lancé depuis trois ans de nouvelles initiatives législatives, sans préjudice de l'application du RGPD.

À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE : PLUSIEURS RÈGLEMENTS ADOPTÉS OU EN COURS DE DISCUSSION POUR DÉVERROUILLER ET OUVRIR LES ÉCOSYSTÈMES NUMÉRIQUES

Après le *Digital Markets Act*, qui a vocation à rétablir un jeu équitable pour lutter contre certaines pratiques potentiellement anticoncurrentielles des grandes plateformes numériques (par exemple les moteurs de recherche, les magasins d'applications de

smartphone, les places de marché en ligne), la Commission européenne a l'ambition de déverrouiller les écosystèmes de la donnée, avec l'adoption du *Data Governance Act* (DGA), en 2022 et la proposition du *Data Act*, en phase finale de négociations interinstitutionnelles européennes. En créant la catégorie des « services d'intermédiation de données », le DGA facilitera le partage des données, industrielles en particulier, en instaurant un cadre de confiance nécessaire. C'est un prérequis pour que des acteurs économiques partagent, dans des conditions qui leur semblent justes, sécurisées tant d'un point de vue technique que juridique, certaines données dont ils disposent. Libérées, celles-ci permettront à d'autres acteurs de proposer des services enrichis ou nouveaux. Certaines plateformes existent déjà, notamment dans le monde agricole, dont l'ambition est de partager les données du secteur, de les mutualiser, afin de permettre l'émergence de nouveaux services innovants pour les agriculteurs, les rendant potentiellement moins dépendants de solutions propriétaires des industriels de la machinerie agricole.

INTERNET DES OBJETS, CLOUD : REPLACER LES UTILISATEURS AU CENTRE DE CES ÉCOSYSTÈMES

Le second texte, le *Data Act*, touche à la fois le monde des objets connectés (parfois appelé IoT, *Internet of things*), et le marché du *cloud*. Dans les deux cas, l'ambition de la Commission européenne, avec ce texte,

est de donner à l'utilisateur (souvent des entreprises) le pouvoir sur ses données. Ainsi, avec le *Data Act*, l'utilisateur d'objets connectés pourra choisir avec qui il souhaite partager les données collectées ; par exemple, l'utilisateur de thermostats connectés pourra décider de partager les données associées, s'il le souhaite, avec des tiers. En matière de *cloud*, il sera demain plus simple, en particulier pour les entreprises, de migrer d'un service à l'autre en fonction de leurs besoins et des offres concurrentes, et d'être moins dépendantes de grands acteurs du *cloud* qui ont créé des écosystèmes propriétaires difficiles à quitter.

Dans ce contexte, l'Arcep pourrait disposer de compétences nouvelles¹ pour contribuer à la mise en œuvre de ces textes. Sa culture de régulateur économique favorisant l'ouverture d'écosystèmes numériques lui permettra d'accompagner de nouvelles dynamiques de marché, en soutenant l'innovation et en veillant au respect des obligations de ces textes.

Les enjeux de partage de données ne sont pas nouveaux pour l'Arcep, qui depuis 2016 complète ses actions de régulation par une approche d'intervention innovante : la régulation par la donnée.

LA RÉGULATION PAR LA DONNÉE : UN OUTIL DÉSORMAIS ÉPROUVÉ, POUR DES UTILISATEURS MICRO-RÉGULATEURS

Pour encapaciter les utilisateurs de services télécoms et orienter le marché dans la bonne direction, l'Arcep a largement lancé, depuis

¹ Le projet de loi visant à sécuriser et réguler l'espace numérique comporte des dispositions en ce sens.

plusieurs années, des outils à disposition des citoyens, des entreprises ou collectivités : « Ma connexion internet » et « Mon réseau mobile » sont des moteurs de recherche cartographique pour connaître les technologies fixes et mobiles disponibles à une adresse ; la plateforme « J'alerte l'Arcep » permet aux utilisateurs d'alerter l'Arcep des dysfonctionnements rencontrés dans leurs relations avec les opérateurs fixes, mobiles, internet et postaux. Elle donne aux utilisateurs une opportunité de faire peser, par un geste citoyen, leur expérience dans la régulation du marché.

Ces différents outils, basés sur une exploitation massive des données collectées, permettent de replacer les utilisateurs au centre de l'action du régulateur et de faire de ces utilisateurs des micro-régulateurs.

Enfin, par l'*open data* et des API² ouvertes, l'Arcep rend disponibles différents jeux de données dans des formats réutilisables par des ordinateurs (par exemple sur les technologies disponibles à différentes adresses) ; cela permet à des entreprises (par exemple des agences immobilières ou des comparateurs en ligne), des collectivités ou des associations d'interfacer leurs propres sites ou outils avec les informations de connectivité.

*
* *

Démarrés en 1999, les travaux sur le dégroupage ont permis le développement d'une concurrence dynamique sur l'accès à l'internet fixe pour tous en France. Désormais, l'Arcep s'inscrit pleinement pour un « dégroupage » tout aussi essentiel : celui de la donnée, qui va favoriser lui aussi l'innovation et le développement de nouveaux acteurs économiques dans nos territoires.

2 « *Application Programming Interface* » ou « *Interface de Programmation d'Application* ».

Introduction

VEILLER SUR L'ÉTAT GÉNÉRAL D'INTERNET

Depuis 2017, l'Arcep suit l'état d'internet pour les composantes relevant de ses missions : qualité de service, transition vers le protocole IPv6, neutralité du net, ouverture et durabilité de l'écosystème numérique. L'objectif ? Œuvrer au développement d'internet comme un bien commun.

Monde professionnel, domicile, espace public, transport : les usages numériques se sont imposés dans le quotidien des Français. Selon le dernier baromètre du numérique 2023, 87 % des personnes interrogées en 2022 possèdent un smartphone et 40 % d'entre elles utilisent des objets connectés. Internet irrigue tous les pans de la société. Face à la généralisation de son usage, il convient d'assurer que le net demeure un espace de droits et libertés : liberté de communiquer, liberté d'innover, liberté d'accéder à la connaissance et de la partager.

Les enjeux techniques, juridiques et sociétaux sont nombreux pour assurer un bon fonctionnement général d'internet. L'accès, la qualité et la neutralité du net sont bien sûr essentiels. L'ouverture de l'écosystème numérique est aussi un défi prégnant face à la domination d'un petit nombre de grandes plateformes sur le net. Des avancées majeures sont à relever au niveau européen en 2022 en particulier l'adoption du « *Digital Markets Act* ». Par ailleurs, les impacts environnementaux sont de plus en plus documentés : concilier développement des usages et soutenabilité est une ambition critique pour l'avenir d'internet.

Architecte et gardien des réseaux d'échanges, l'Arcep a l'ambition de prendre toute sa part aux chantiers pour construire un numérique ouvert, accessible, résilient et durable. Dans

cette perspective, l'Autorité veille à l'état général d'internet et de ses infrastructures pour les sujets dans son champ de compétences.

Le présent rapport sur l'état d'internet en France constitue le tome 3 du rapport d'activité de l'Arcep. Il donne des clés pour comprendre le bon fonctionnement d'Internet, en présentant l'évolution de ses principales composantes sur l'année 2022 : qualité de service, interconnexion des données, transition vers IPv6, neutralité d'Internet, régulation des plateformes et des données et durabilité du numérique.

Les travaux de l'Autorité conduits en matière de couverture sont présentés, quant à eux, dans le tome 2 du rapport d'activité « La régulation de l'Arcep au service des territoires connectés ».

Outre les enjeux déjà mentionnés, l'état d'internet et l'actualité des réseaux soulèvent un certain nombre d'autres questions majeures : souveraineté, cybersécurité, modération des contenus, inclusion numérique, vie privée, etc. Ces enjeux, qui ne relèvent pas directement du périmètre d'action de l'Arcep, ne sont pas détaillés dans son rapport d'activité.

L'Arcep demeure attentive aux évolutions du secteur et continue de perfectionner sa veille et ses outils en faveur du bon fonctionnement du net et au service de l'intérêt de ses utilisateurs.

Sommaire

Les faits marquants de l'Arcep en 2022 7

PARTIE 1

Assurer le bon fonctionnement
d'internet en France 9

CHAPITRE 1
Améliorer la mesure de la qualité d'internet 10

CHAPITRE 2
Accélérer la transition vers IPv6 22

CHAPITRE 3
Superviser l'interconnexion des données 36

PARTIE 2

Veiller à l'ouverture d'internet 44

CHAPITRE 4
Garantir la neutralité d'internet 45

CHAPITRE 5
Construire une nouvelle régulation des
plateformes numériques et des données 58

PARTIE 3

Agir face aux défis environnementaux
du numérique 63

CHAPITRE 6
Encourager un numérique soutenable 64

LEXIQUE 77

ANNEXE 1
Liste des box compatibles avec l'API
« carte d'identité de l'accès » fin 2022 81

ANNEXE 2
Description des quatre codecs vidéo
les plus utilisés sur internet 82

2022

QoS

Après plusieurs mois de co-construction, l'API « carte d'identité de l'accès », qui permet de mieux caractériser l'environnement utilisateur, est activée sur un premier outil de mesure de la qualité d'internet en 2022 : nPerf. Sa mise en œuvre se poursuit en 2023 pour permettre de fiabiliser les outils de test de débit à destination des utilisateurs.

LES FAITS MARQUANTS DE L'ARCEP EN 2022

2022

IPv6

En 2022, la France passe de la 8^e place à la 2^e place (derrière l'Inde) en taux d'utilisation d'IPv6 sur le top 100 des pays avec le plus d'internautes. Le taux d'utilisation d'IPv6 progresse ainsi de 15 points en une année dans l'Hexagone.

25 AVRIL

Environnement

L'Arcep publie la première édition de l'enquête annuelle pour un numérique soutenable en avril 2022, menée auprès des quatre principaux opérateurs de communications électroniques. L'Arcep élargit également sa décision de collecte aux fabricants de terminaux et opérateurs de centres de données par la publication d'une nouvelle décision de collecte le 21 décembre 2022.

MI-JUIN

Internet ouvert

Le BEREC (groupe des régulateurs européens des télécoms) met à jour ses lignes directrices pour éclairer les régulateurs nationaux dans la mise en œuvre du règlement de 2015 relatif à la neutralité du net. Cette révision fait suite aux arrêts de la CJUE de 2021 relatifs à la pratique d'offre à « tarif nul » (zero rating).

MI-JUIN

Environnement

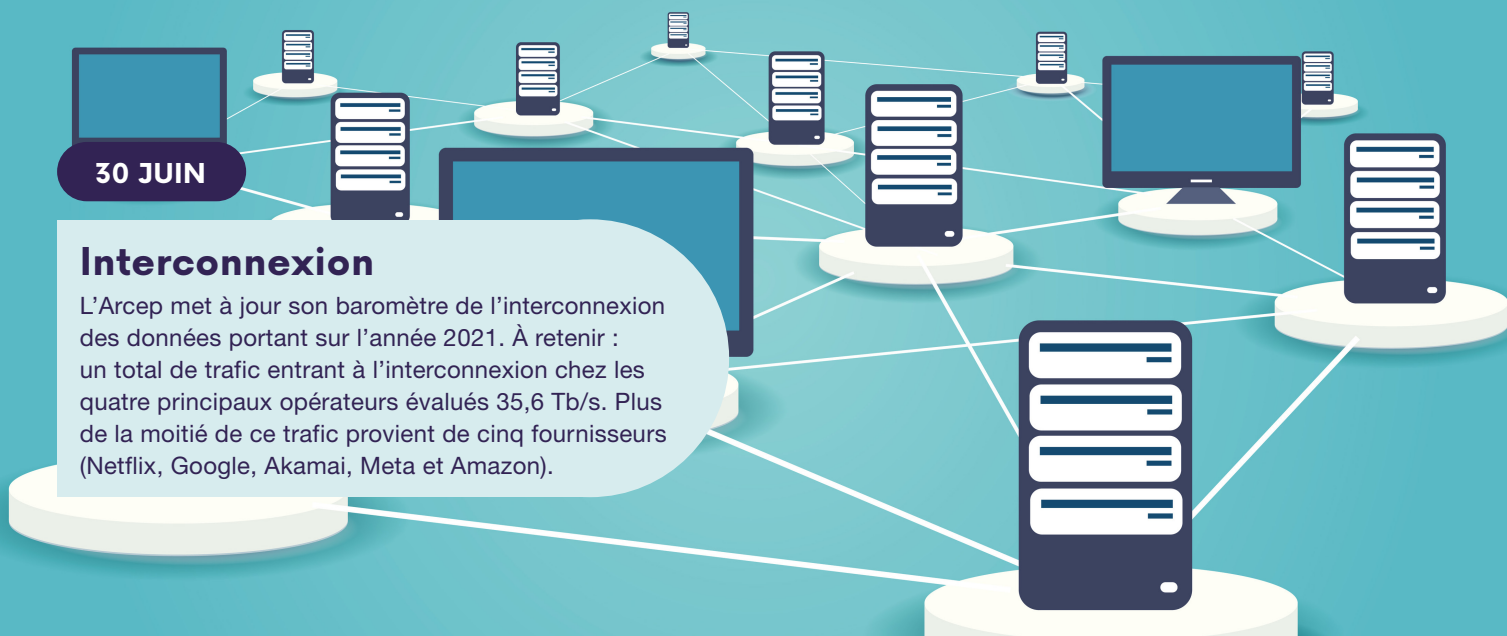
Le BEREC publie son premier rapport sur l'empreinte environnementale du numérique présentant des pistes pour réduire l'impact du secteur. Parmi les leviers d'action identifiés pour les régulateurs : le besoin d'améliorer les outils de mesure existants mais aussi d'accroître la transparence et la fiabilité de l'information à destination des utilisateurs.



30 JUIN

Interconnexion

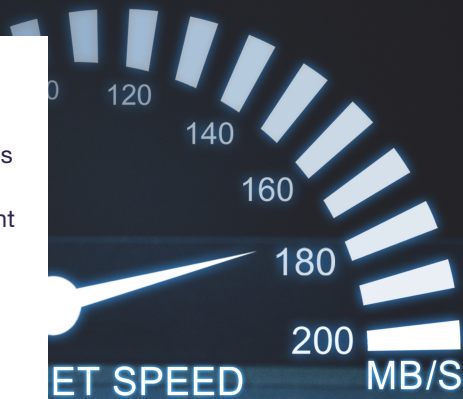
L'Arcep met à jour son baromètre de l'interconnexion des données portant sur l'année 2021. À retenir : un total de trafic entrant à l'interconnexion chez les quatre principaux opérateurs évalués 35,6 Tb/s. Plus de la moitié de ce trafic provient de cinq fournisseurs (Netflix, Google, Akamai, Meta et Amazon).



OCTOBRE

QoS

L'Arcep publie en octobre 2022 les résultats de la 23^e édition de son enquête annuelle évaluant la qualité de service des opérateurs mobiles métropolitains. Plus d'un million de mesures ont été réalisées en 2G, 3G, 4G et 5G dans tous les départements métropolitains.



DÉCEMBRE

Régulation des plateformes

Le BEREC publie son rapport sur l'écosystème d'internet. Il souligne en particulier le rôle déterminant que jouent les principales plateformes numériques sur les différentes composantes de l'internet (infrastructures, services, terminaux...) et sur la capacité des utilisateurs à accéder et partager des contenus, des services et de l'information librement.

PARTIE 1

Assurer le bon fonctionnement d'internet en France

Chapitre 1

Améliorer la mesure de la qualité d'internet

Chapitre 2

Accélérer la transition vers IPv6

Chapitre 3

Superviser l'interconnexion des données

CHAPITRE 1

Améliorer la mesure de la qualité d'internet

À retenir

À l'été 2022, les opérateurs ont déployé **l'API « carte d'identité de l'accès »** sur la plupart des box récentes

L'Arcep a publié les résultats de sa **nouvelle enquête** sur la qualité de service mobile en octobre 2022

En décembre 2022, l'API a été activée sur un premier **outil de mesure** de la qualité d'internet

1. LA MESURE DE LA QUALITÉ DE SERVICE

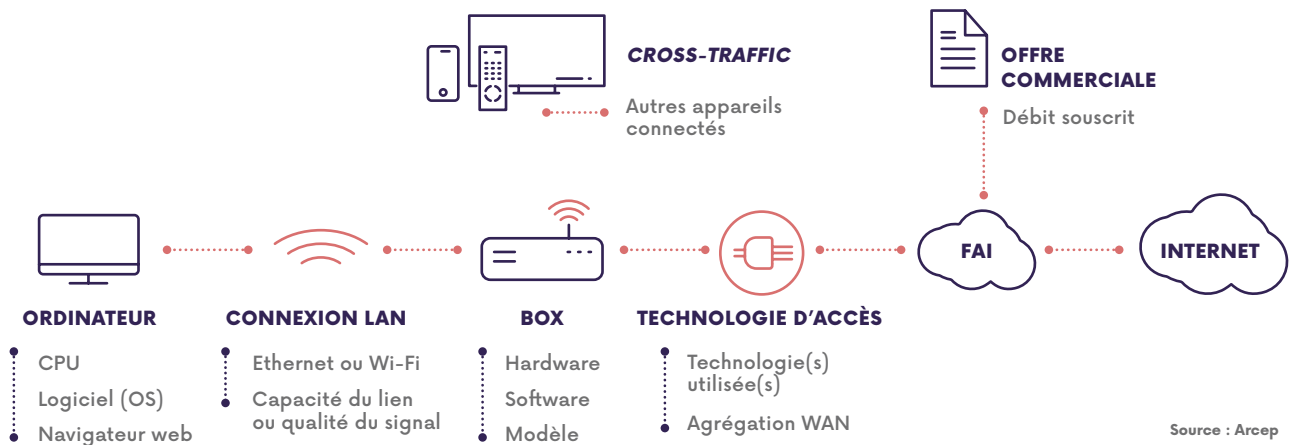
La qualité de service internet dépend d'abord de la montée en débit des infrastructures, notamment au travers du déploiement de la fibre sur le fixe et des technologies 4G et 5G sur le mobile. Afin de permettre aux utilisateurs de faire des choix plus éclairés quand il s'agit d'opter pour un opérateur, 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.

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'usages 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. D'autres caractéristiques (emplacement et capacité du serveur de test, méthodologie de mesure de l'outil de test, type d'algorithme d'évitement de la congestion du serveur 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.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT UTILISATEUR



2. LA MISE EN PLACE D'UNE API POUR CARACTÉRISER L'ENVIRONNEMENT UTILISATEUR

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 *Application Programming Interface* (API) 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 est 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.

La liste des box compatibles avec l'API fin 2022 est détaillée dans l'[Annexe 1](#) du présent rapport. Elle est régulièrement mise à jour sur [le site de l'Arcep](#).

L'Arcep encourage les opérateurs non soumis à la décision (opérateurs ayant moins d'un 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. 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. 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.

¹ La démarche de co-construction de l'API est décrite dans le rapport 2018 sur l'état d'internet en France.

² Arcep, 2020, [Code de conduite 2020 de la qualité de service d'internet](#).



PLUS D'INFORMATIONS SUR L'API « CARTE D'IDENTITÉ DE L'ACCÈS »

Comment fonctionne l'API ?

Le schéma ci-dessous décrit de façon simplifiée 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 deuxième appel de l'API.

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

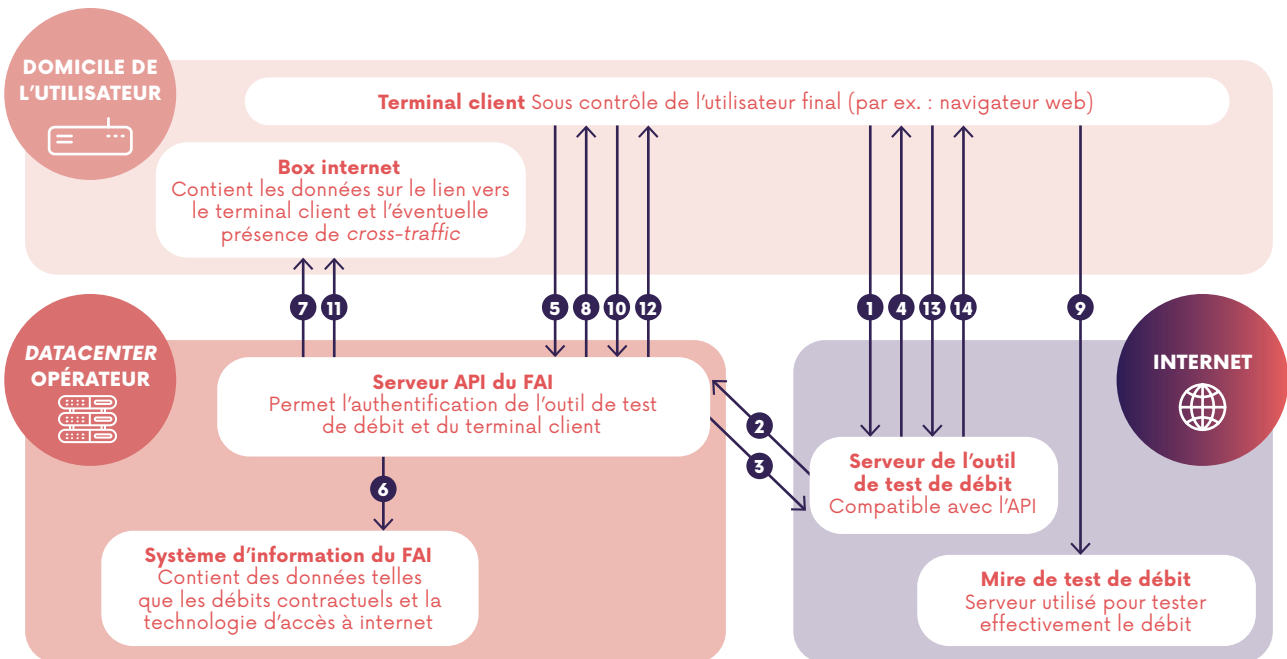
L'API est accessible aux outils de mesure qui se sont déclarés conformes au « Code de conduite de la qualité de service internet » publié par l'Arcep.

Aujourd'hui seul le test de débit de nPerf utilise l'API, son activation dans nPerf a été réalisée en décembre 2022.

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.

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 deuxième 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 deuxième 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

3. CODE DE CONDUITE DE L'ARCEP : VERS DES MÉTHODOLOGIES DE MESURE PLUS TRANSPARENTES ET ROBUSTES

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. L'Arcep a ensuite 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 :

- 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), la bande passante des serveurs de test ;
- 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.



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 2020 du Code de conduite de la qualité de service internet sont :

- **5GMark**, développé par QoS (groupe Mozark) ;
- **Ça capte ?** : le testeur de connexion du département du Finistère, 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 les 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**, développée par Tutela.

Bien qu'ils ne proposent pas solutions de mesure à destination des utilisateurs finals, 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](#).

³ Arcep, 2018, *Code de conduite 2018 de la qualité de service d'internet*.

⁴ Arcep, 2020, *Code de conduite 2020 de la qualité de service d'internet*.

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 de test, afin d'éviter que le test soit limité par ces serveurs ;
- préciser la capacité pour les serveurs 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.

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 d'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 serveurs 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 à cette nouvelle version.

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.

4. L'IMPACT DU CHOIX DU SERVEUR DE TEST

Le choix du 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 un serveur et internet

Un serveur doit avoir suffisamment de bande passante disponible pour ne pas être un facteur limitant. En particulier, c'est le cas quand la capacité du serveur 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 un serveur qui serait connecté à internet avec seulement 1 Gbit/s.

Le Code de conduite introduit déjà une capacité minimale de 1 Gbit/s pour les serveurs de test et un ensemble de critères de transparence sur les serveurs utilisés par les outils de mesure, afin que l'utilisateur soit informé de la bande passante de chaque serveur proposé en France par l'outil de test utilisé.

4.2. Impact de la localisation des serveurs de test

Les serveurs de test peuvent être localisés 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* privé ou via un point d'échange internet (IXP), pour *Internet Exchange Point*) 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 peu représentatif d'un usage réel des services internet ;
- 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 ;
- 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).

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 trois facteurs cruciaux pour permettre la disponibilité d'un bon débit.

5.1. La latence

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 et que la latence sera faible. 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.

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

La latence est le délai de transmission aller-retour d'une information sur le réseau.

La latence est liée à trois facteurs :

- 1. La technologie d'accès à internet.** Voici la latence typique (aller/retour) 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 5G « standalone » : 1 milliseconde ; Le réseau mobile 4G : entre 15 et 30 millisecondes ;
 - Le réseau cuivre (technologies xDSL) : entre 5 et 45 millisecondes en fonction du paramétrage de « l'interleave 7 » pour protéger de la perte de paquets ;
 - Le réseau mobile 3G : entre 25 et 50 millisecondes ;
 - Le réseau mobile 2G : entre 100 et 200 millisecondes.
- 2. La distance de fibre optique.** La latence aller-retour de la fibre optique est estimée à 1,2 ms de latence aller-retour pour 100 kilomètres de fibre⁵. Il convient de noter que la fibre optique empruntée n'utilise généralement pas un chemin en ligne droite, comme le fait un faisceau hertzien.
- 3. Les 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 à prendre des mesures correctives (diminuer le débit envoyé) qu'une fois que la mémoire-tampon déborde et que des paquets sont supprimés.

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 fibre défectueux**, une ligne ADSL bruitée ou un réseau sensible aux interférences (c'est notamment le cas des réseaux sans fil : *Wi-Fi*, 4G, 5G, etc.) peut entraîner des pertes de paquets. 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** peut aussi conduire à 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. L'algorithme d'évitement de la 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 et **BBR** sont les deux algorithmes les plus utilisés côté serveur pour décider de la vitesse d'envoi des paquets.

- **Cubic**, créé en 2006, 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.

⁵ Le calcul de la latence aller-retour de la fibre optique prend en compte la vitesse de la lumière au cœur de la silice, la longueur des lozes (surplus de câble dans les chambres télécoms) et la présence potentielle de bobines de compensation de la dispersion chromatique.

- **BBR** : Google a développé en 2016 BBR (pour « *Bottleneck Bandwidth and Round-Trip Propagation Time* »), qui utilise un modèle différent, s'appuyant sur la bande passante maximale et le temps d'aller-retour (RTT ou « *Round-Trip Time* »). 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, BBR est de plus en plus utilisé par certains grands acteurs de l'internet, notamment sur les serveurs proposant HTTP/3, la nouvelle norme HTTP de troisième

génération. 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 « BBRv2 » sera finalisée en 2023. Déjà utilisé sur YouTube et google.com, BBRv2 améliore les performances de BBR et devrait permettre une meilleure cohabitation avec Cubic, en ce qu'il permet un partage de liens avec ce dernier.



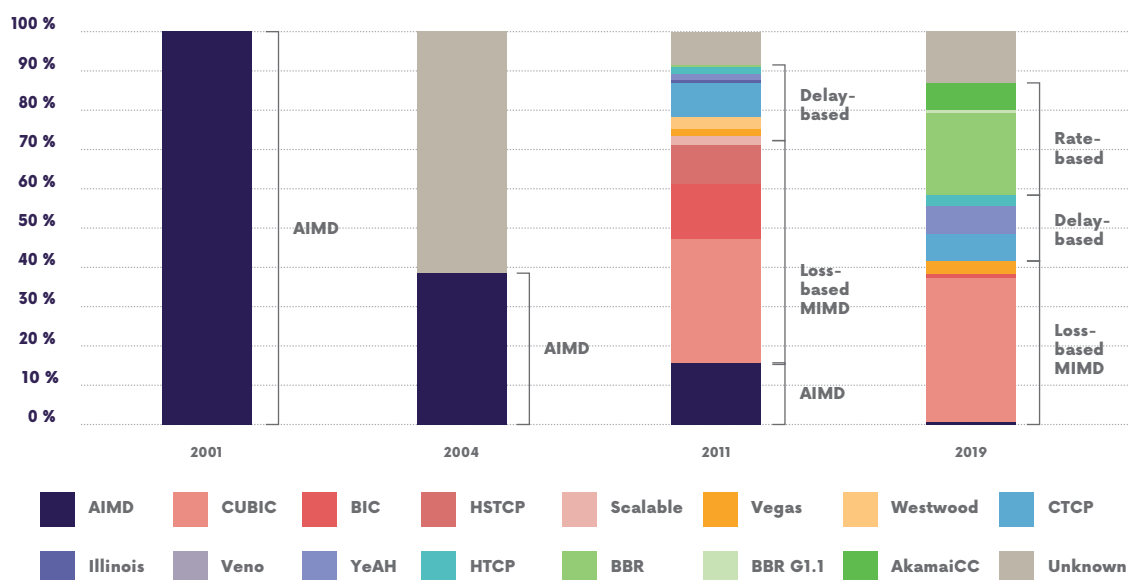
QUEL SONT LES ALGORITHMES D'ÉVITEMENT DE CONGESTION UTILISÉS DANS LES APPLICATIONS DE TEST DE DÉBIT?

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, via son Code de conduite, 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.

PART DES ALGORITHMES DE CONTRÔLE DE CONGESTION DÉPLOYÉS PAR NOMBRE DE SITES WEB, DANS LE TOP 20 000 ALEXA¹

Les algorithmes reposant sur la perte de paquets (comme Cubic) sont légèrement plus utilisés que ceux utilisant la bande passante maximale (comme BBR et BBRv2).



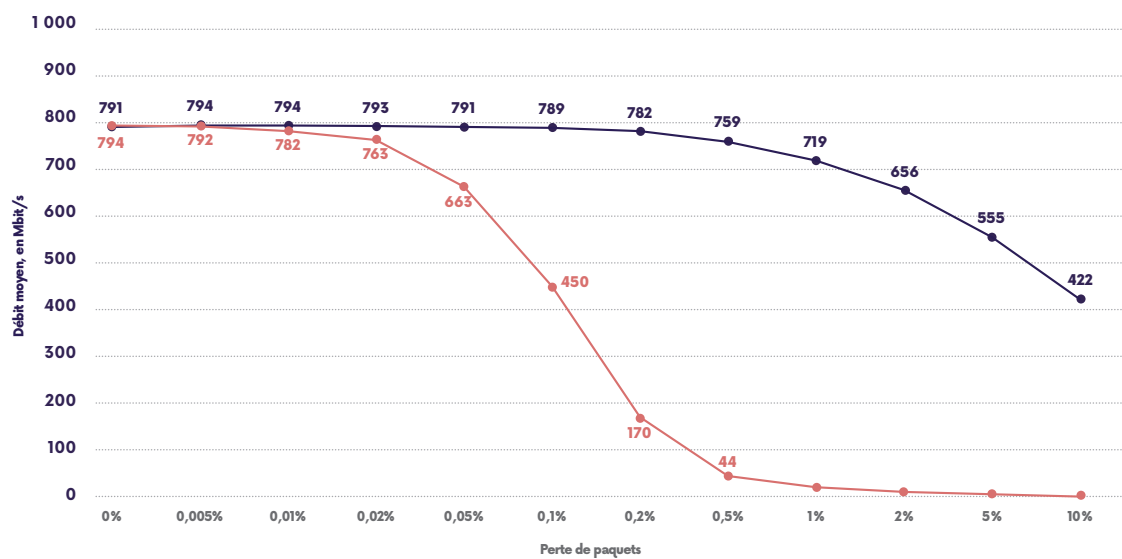
¹ Source : Ayush Mishra, 2020. *IETF 109 The Great Internet TCP Congestion Control Census*. Mesures réalisées entre juillet et octobre 2019 depuis des serveurs localisés à Singapour, Bombay, Paris, Sao Paulo et en Ohio.

Comparatif du débit moyen obtenu avec BBR et Cubic en fonction des pertes de paquets

Les tests présentés ci-dessous ont été réalisés par les services de l'Arcep en environnement « contrôlé » : 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 Mio² (fichier utilisé pour l'enquête QoS mobile 2023) est téléchargé en HTTPS avec un serveur Ubuntu 22.04. Le test est arrêté une fois les 250 Mio atteints, ou après expiration du délai de 10 secondes, conformément au protocole QoS mobile 2023.

DÉBIT EN FONCTION DES PERTES DE PAQUETS

(pour une latence aller-retour de 32 ms)



Algorithmes d'évitement de congestion : ■ BBR ■ Cubic

Source : Arcep

L'Arcep a réalisé plus de 58 000 tests, en faisant varier la latence, les pertes de paquets et l'algorithme d'évitement de la congestion. Les résultats de ces tests sont disponibles sur le site de l'Arcep : [La qualité des services mobiles](#).

² Mio, symbole d'unité du mébioctet valant 1 024 Kio (kibiocet) = 1 024 x 1 024 octets soit 1 048 576 octets. 1 Mo (mégaocet) vaut 1 000 Ko soit 1 000 000 octets.

6. MÉTHODOLOGIE UTILISÉE PAR L'ARCEP POUR LES 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 de 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.

6.1. Mono-connexion vs multi-connexions

- **Mono-connexion** : un test de débit mono-connexion (*monotthread*) 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 voir 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-connexion** : un test de débit multi-connexion (*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 : En 2023 comme les années précédentes, le protocole de l'Arcep est mono-connexion afin d'être le plus représentatif des usages de la majorité des clients.

6.2. Cubic vs BBR

Les résultats des mesures de la QoS dépendent aussi des caractéristiques techniques des serveurs 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. Comme expliqué dans les pages précédentes, Cubic et BBR sont les deux algorithmes les plus utilisés côté serveur pour décider de la vitesse d'envoi des paquets.

Le choix de l'Arcep : Afin de prendre compte les évolutions du net et suite à l'augmentation significative de serveurs utilisant l'algorithme d'évitement de congestion BBR, l'Arcep fait évoluer sa méthodologie.

- Avant 2022 : 100 % des tests étaient réalisés avec l'algorithme d'évitement de congestion Cubic ;
- 2022 : 75 % des tests utilisent Cubic et 25 % BBR ;
- 2023 : 62,5 % des tests (5 tests sur 8) utilisent Cubic et 37,5 % (3 tests sur 8) BBR ;
- 2024 : Le pourcentage sera réévalué en fonction de la progression de BBR et BBRv2.

6.3. HTTP vs HTTPS

Internet a 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 2020 d'indiquer le port utilisé et le chiffrage ou non des flux de test de débit.

Le choix de l'Arcep : En 2023 comme en 2022, tous les tests du protocole de l'Arcep sont réalisés avec le protocole HTTPS sur le port 443.

6.4. IPv4 vs IPv6

La transition d'internet vers IPv6 est en cours et d'après le baromètre IPv6 Arcep 2022, 67 % 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 2020 d'indiquer si les serveurs supportent le protocole IPv6.

Le choix de l'Arcep : En 2023, comme en 2022, le protocole de l'Arcep prévoit 50 % des tests réalisés en IPv4 et 50 % des tests réalisés en double pile (*dual stack*) IPv4/IPv6.

6.5. 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 échangées (taille du fichier téléchargé).

Le choix de l'Arcep : le débit est calculé en intégrant l'ensemble des étapes, à savoir la résolution du nom de domaine, la connexion, la mise en place d'une couche de chiffrement 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 dix secondes. En cas de difficulté sur les étapes de requêtes DNS ou connexion au serveur, le test ne sera pas interrompu avant les dix secondes.

6.6. Configuration des serveurs utilisés

Dans un souci de transparence, l'Arcep publie un document récapitulant les paramètres des serveurs utilisés pour l'enquête QoS mobile Arcep 2023⁶.

7. 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 – mais elles ne représenteront jamais parfaitement la réalité⁷. 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 page 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 2022, plus de 1 million de mesures en 2G, 3G, 4G et 5G (technologie 5G introduite en 2021 dans les enquêtes de qualité de service), ont été réalisées dans tous les départements, de mai à août 2022, 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.

7.1. En Métropole, la qualité de service demeure élevée

L'Arcep a publié en octobre 2022 les résultats de la 23^e édition de son enquête annuelle d'évaluation de la qualité de service des opérateurs mobiles métropolitains.

Sur l'internet mobile, les quatre opérateurs fournissent une qualité d'expérience élevée en zones denses.

Concernant la navigation web en 2G/3G/4G, en zones denses, les quatre opérateurs présentent des résultats très élevés au test d'affichage de pages web : elles sont affichées en moins de dix secondes dans plus de 96 % des tentatives pour l'ensemble des opérateurs. En zones intermédiaires, le taux d'affichage des pages web atteint plus de 93 % et en zone rurale plus de 84 %.

Le taux de vidéos visionnées (*streaming*) en qualité parfaite⁸ a progressé de quatre points en zones denses par rapport à l'année dernière avec un taux de succès supérieur à 95 %. Il atteint plus de 91 % en zones intermédiaires et plus de 82 % en zones rurales.

En 2G/3G/4G/5G, pour ces mêmes usages, l'expérience utilisateur apparaît similaire à celle obtenue en 2G/3G/4G. La 5G est en effet toujours en cours de déploiement par les opérateurs et son bénéfice immédiat réside surtout dans la capacité supplémentaire qu'elle apporte là où les réseaux mobiles sont fortement sollicités voire saturés. Par ailleurs, en l'état actuel de la 5G dite « *non stand-alone* », ou « NSA », la 5G dépend encore fortement de la 4G. Dans les années à venir, la 5G a vocation à être déployée en mode « *stand-alone* », ou « SA », et à devenir indépendante du réseau 4G. Enfin, le déploiement 5G continuera d'être optimisé par les opérateurs, à l'instar du réseau 4G qui fait l'objet d'améliorations et de réglages permanents depuis bientôt dix ans. Cela permettra d'améliorer le confort pour les nouveaux usages du grand public.

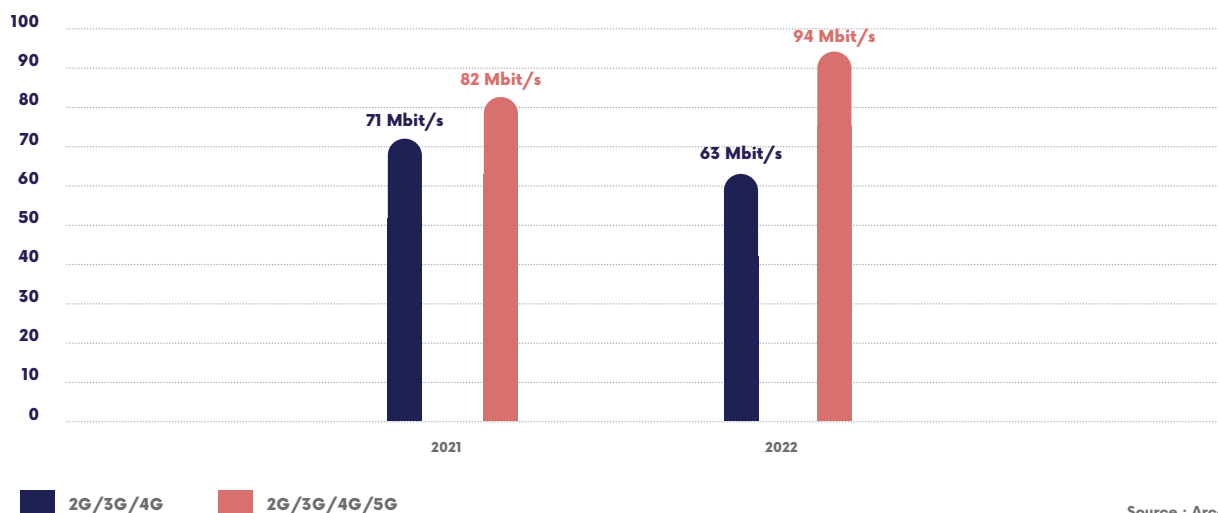
Les débits descendants 3G/4G/5G atteignent en moyenne 94 Mbits/s pour l'ensemble des opérateurs et sont nettement supérieurs aux débits 3G/4G (63 Mbits/s). Cette amélioration est plus marquée qu'en 2021. En ce qui concerne les usages, en 2G/3G/4G/5G, l'expérience utilisateur apparaît similaire à celle obtenue en 2G/3G/4G.

⁶ Arcep, 2023, [Configuration des serveurs pour l'enquête QoS mobile](#).

⁷ 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.

⁸ Cet indicateur correspond au visionnage d'une vidéo avec un temps de chargement inférieur à dix secondes, une durée cumulée de perturbations inférieure à 0,5 seconde et un taux de résolution moyen d'au moins 720 pixels supérieur à 95 %.

DÉBIT DESCENDANT MOYEN, EN MBIT/S, TOUS OPÉRATEURS ET TOUTES STRATES CONFONDUES



En voix et SMS : au niveau national, la qualité vocale progresse en 2022. Ainsi, en zones denses, le taux d'appels maintenus deux minutes sans perturbations audibles s'établit à plus de 86 % pour l'ensemble des opérateurs, contre plus de 83 % en 2021. La tendance est la même en zones intermédiaires (+1 point) et en zones rurales (+9 points).

La qualité de service SMS reste excellente et s'est améliorée en 2022 : entre 97 et 98 % des SMS sont reçus en moins de dix secondes selon les opérateurs (contre 92 % à 96 % en 2021).

Sur les axes de transport, la qualité de service progresse sur l'ensemble des axes. En moyenne, tous opérateurs confondus, la qualité de service internet sur les routes est élevée, avec près de 95 % des pages web affichées en moins de dix secondes sur les axes routiers mesurés. La situation est plus contrastée sur les axes ferrés : en effet, il est possible d'afficher une page web en moins de dix secondes dans seulement 81 % des cas en moyenne dans les TGV, les Intercités et les TER. La navigation est plus fluide sur les RER et Transiliens (90 %) et les métros (95 %).

7.2. 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.

Les résultats sont à apprécier territoire par territoire :

- En Guadeloupe et Martinique : Orange est premier sur la grande majorité des critères. On note une amélioration notable d'Outremer Telecom sur la qualité des appels vocaux, tandis que la qualité de service de Digicel est inférieure à celle de la précédente campagne sur la navigation web et le *streaming*, mais s'améliore sur les SMS.

- En Guyane : les débits moyens augmentent. On note une amélioration sur les usages « internet » (navigation web, *streaming*...) pour Orange et Outremer Telecom. La qualité de service de Digicel est inférieure à celle de la dernière campagne sur le Web, le *streaming* et les appels. Des mesures ont été effectuées dans des zones reculées pour Orange et Digicel (Outre-mer Telecom ne propose pas de couverture dans ces lieux). Les résultats de Digicel sur la voix sont mitigés, la qualité de service internet est faible. Orange propose un service plus satisfaisant, aussi bien sur l'internet mobile que sur les appels, mais sur moins de zones.
- À Saint-Martin et Saint-Barthélemy : la qualité de la navigation web et du *streaming* de l'ensemble des acteurs se maintient en lieux de vie, sauf celle de Digicel, qui est en baisse. Pour l'ensemble des opérateurs, la plupart des appels aboutissent mais des perturbations sont régulièrement audibles sur des appels entre opérateurs.
- À La Réunion : malgré un taux de succès en baisse pour la voix et les SMS (en particulier pour SRR et Telco OI), les résultats se maintiennent à un niveau élevé (en moyenne, 93 % des appels sont passés sans perturbations audibles en lieux de vie). La qualité de service de Zeop s'améliore nettement sur les usages web et *streaming* pour atteindre des performances comparables à celles d'Orange et SRR sur la plupart des indicateurs. Telco OI reste en retrait sur la *data*.
- À Mayotte : Orange et SRR proposent la meilleure qualité de service sur l'internet mobile. Sur les appels, Orange est l'opérateur offrant de meilleures performances, suivi par Telco OI. Certains résultats sont en baisse pour l'ensemble des acteurs ; c'est le cas pour le web, la voix et les SMS. Le *streaming* s'améliore pour l'ensemble des acteurs, sauf pour Maoré Mobile dont la qualité de service est inférieure à celle de la précédente campagne pour de nombreux indicateurs.

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

7.3. 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 collectivités ont participé à cette initiative et notamment : la région Bourgogne-Franche-Comté, la région Auvergne-Rhône-Alpes, la région Pays-de-la-Loire, les départements du Finistère et de la Haute-Loire. « 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 partie 3).

Depuis février 2022, les mesures de SpeedChecker et de Mozark sont publiées sur « Mon réseau mobile » dans un onglet dédié aux mesures de *crowdsourcing*. Des mesures réalisées par des

applications publiées par des collectivités territoriales ont également été incluses tout au long de l'année 2022 : Ça capte ? (département du Finistère), KiCapte (département d'Ille-et-Vilaine), et Tadurezo (région Bourgogne-Franche-Comté). Ces testeurs de connexion sont développés par QoSi (groupe Mozark).

Ces données représentent plusieurs centaines de 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. À cet égard, l'Arcep a publié un document didactique⁹ 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, SpeedChecker et l'ensemble des collectivités territoriales 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.

9 Arcep, 2022, [Questionner la qualité de service mobile avec les mesures crowdsourcées](#).

CHAPITRE 2

Accélérer la transition vers IPv6

À retenir

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

62 % en février 2023

contre 47 % en février 2022, soit une augmentation de 15 points en une année.

Sur le FttH grand public, la transition vers IPv6 serait quasiment terminée

mi-2025 : plus de 99 % des clients FttH

devraient avoir de l'IPv6 activé par défaut mi-2025 selon les prévisions des opérateurs.

En un an, la France est passée

de la 8^e place à la 2^e place

(derrière l'Inde) en taux d'utilisation d'IPv6, sur le top 100 des pays avec le plus d'internautes.

1. ACCÉLÉRER LA TRANSITION VERS IPv6 : UN ENJEU MAJEUR DE COMPÉTITIVITÉ ET D'INNOVATION¹

L'IPv4, pour *Internet Protocol* version 4, est utilisé depuis 1983 pour permettre à internet de fonctionner : chaque terminal sur le réseau internet (ordinateur, téléphone, serveur etc.) possède une adresse IPv4. Les adresses IP publiques sont enregistrées et routables sur internet, elles sont donc uniques mondialement. Le protocole IPv4, utilisé sur internet depuis le 1^{er} janvier 1983, offre un espace d'adressage de près de 4,3 milliards d'adresses IP. 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**. Les principaux opérateurs français (Bouygues Telecom, Orange, SFR)² ont **déjà affecté entre environ 93 % et 99 %** des adresses IPv4 qu'ils possèdent, à fin juin 2022³.

De façon générale, le monde connaît aujourd'hui **une pénurie d'adresses IPv4**⁴. 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 restantes⁵.

¹ 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.

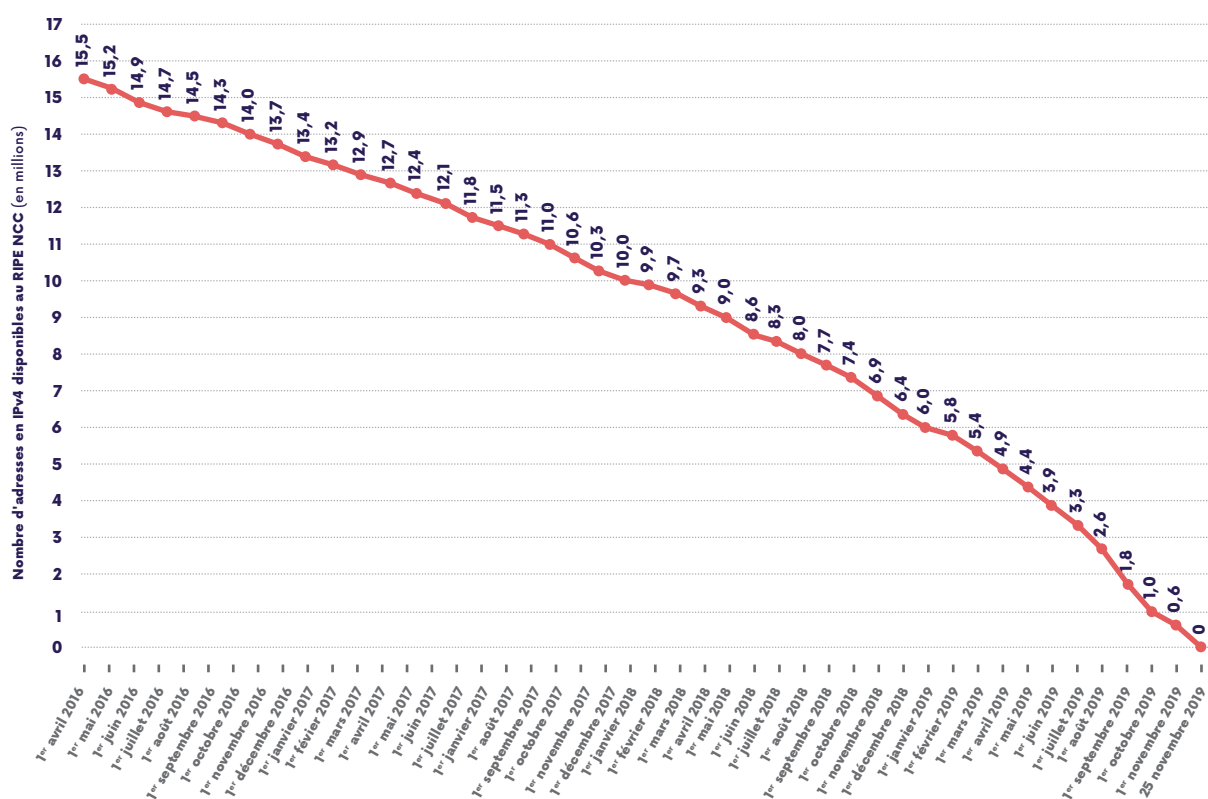
² Free n'a pas communiqué le nombre d'adresses IPv4 déjà affectées.

³ Données recueillies par l'Arcep auprès de FAI conformément à la décision n° 2022-0617.

⁴ Les 5 registres internet régional (RIR, de l'anglais *Regional Internet Registry*) sont aujourd'hui en pénurie d'IPv4. Il est possible de visualiser les courbes d'épuisement des adresses IPv4 RIR par RIR sur <https://ipv4.potaroo.net/>.

⁵ Une liste d'attente existe permettant de récupérer des adresses IPv4 rendues au RIPE NCC, mais peu d'adresses le sont. Le RIPE NCC explique que ces attributions, nécessairement limitées, ne pourront pas répondre aux besoins d'adresses IPv4 pour les réseaux aujourd'hui.

HISTORIQUE D'ÉPUISEMENT DES ADRESSES IPv4



Source : données RIPE NCC

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 terrestre.**

IPv4 et IPv6 ne sont pas compatibles : un équipement ne disposant que d'adresses IPv4 ne peut pas dialoguer directement avec un équipement ne disposant que d'adresses IPv6. Du fait de la complexité actuelle d'internet, la migration d'IPv4 vers IPv6 ne peut être effectuée brutalement en un seul jour. Elle se réalise donc progressivement, en déployant IPv6 en parallèle d'IPv4 (phase de cohabitation), puis, quand tous les acteurs auront migré, en remplacement total d'IPv4 (phase d'extinction d'IPv4).

La transition vers le protocole IPv6 a démarré en 2003. Cependant, en 2023, **internet n'en est encore qu'à la phase de cohabitation. IPv4 et IPv6 vont coexister tant qu'IPv6 n'a pas été généralisé au niveau de tous les maillons de la chaîne d'internet.**

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.).

- 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.**

Le retard de développement d'IPv6 entraîne le **risque d'une scission en deux d'internet : IPv4 d'un côté et IPv6 de l'autre.** Certaines ressources sont déjà disponibles uniquement en IPv6 : certains hébergeurs en Europe proposent désormais des offres IPv6-only, où l'IPv4 est en option payante. Ces sites web ou applications « IPv6-only » ne sont pas accessibles aux utilisateurs qui n'ont qu'une adresse IPv4. En Inde, des sites web importants ne sont accessibles qu'en IPv6 et la Chine a planifié l'arrêt complet d'IPv4 en 2030 (cf. [baromètre IPv6](#)).

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.**

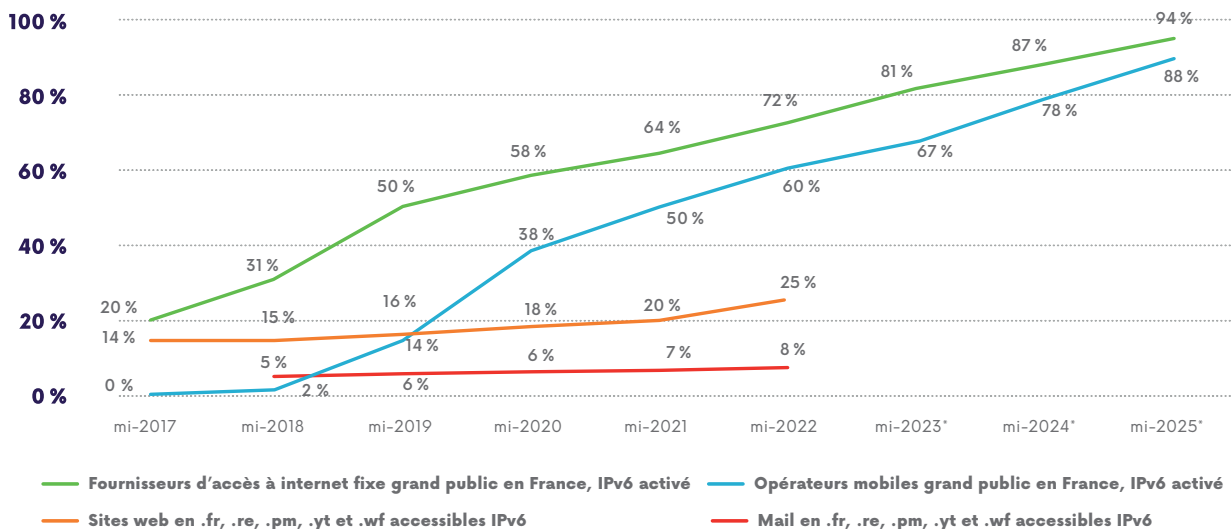
2. UNE MULTITUDE D'ACTEURS, À DIFFÉRENTS DEGRÉS DE TRANSITION

La migration vers IPv6 du réseau internet doit concerner tous les maillons de la chaîne technique afin d'assurer un fonctionnement de bout en bout du protocole internet.

Afin d'évaluer l'état de déploiement du protocole IPv6 en France de différents acteurs impliqués dans la transition, l'Arcep a retenu plusieurs indicateurs. Ces indicateurs sont calculés soit à partir des données collectées par l'Arcep conformément à la [décision n° 2022-0617](#), soit à partir de données tierces⁶, pour les différents acteurs de l'écosystème d'internet.

L'état d'avancement de la transition IPv6 en France montre que cette dernière se fait plus rapidement du côté des opérateurs que du côté des hébergeurs.

ÉTAT D'AVANCEMENT DE LA TRANSITION VERS IPv6 EN FRANCE



* Chiffres susceptibles d'évoluer

(Prévisions des opérateurs, sauf pour Free mobile : prévision Arcep).

Source opérateurs : données à fin juin 2022, recueillies par l'Arcep auprès des principaux opérateurs et agrégées selon les parts de marché au T3 2022. On suppose, pour l'analyse, que Android représente 70 % des parts de marché et iOS 30 %.

Côté opérateur, les données collectées par l'Arcep montrent que la transition vers IPv6 va continuer à progresser fortement les prochaines années. Selon ces prévisions, à l'horizon mi-2025, respectivement 94 % sur le fixe et 88 % sur le mobile des clients grand public devraient avoir de l'IPv6 activé par défaut.

Sur le FttH grand public, la transition vers IPv6 serait quasiment terminée : presque tous les clients (plus de 99 %) auraient de l'IPv6 activé par défaut mi-2025. Ce taux d'IPv6 pourrait permettre à des sites web et services internet « IPv6-only » (non accessibles aux clients qui ne disposent que de l'IPv4) de voir le jour.

IPv6 est en revanche quasiment absent des accès internet des grandes entreprises. En Asie, où certains pays tels que l'Inde sont plus avancés dans la transition vers IPv6, certaines grandes entreprises n'ont migré que lorsqu'elles ont eu besoin d'accéder à des services internet disponibles uniquement en IPv6.

Pour l'hébergement web, le rythme de la transition vers IPv6 semblerait ne pas permettre une transition complète dans les prochaines années. Toutefois, il apparaîtrait que les grands acteurs seraient plus avancés dans la transition vers IPv6 que les plus petits.

Les services de mail sont, quant à eux, particulièrement en retard. Si ce dernier n'est pas comblé dans les prochaines années, ces services pourraient retarder l'extinction d'IPv4 et prolonger la complexité inhérente liée à la cohabitation IPv4/IPv6 dans les réseaux.

Quels sont les « scénarios de sortie » d'IPv4 plausibles ?

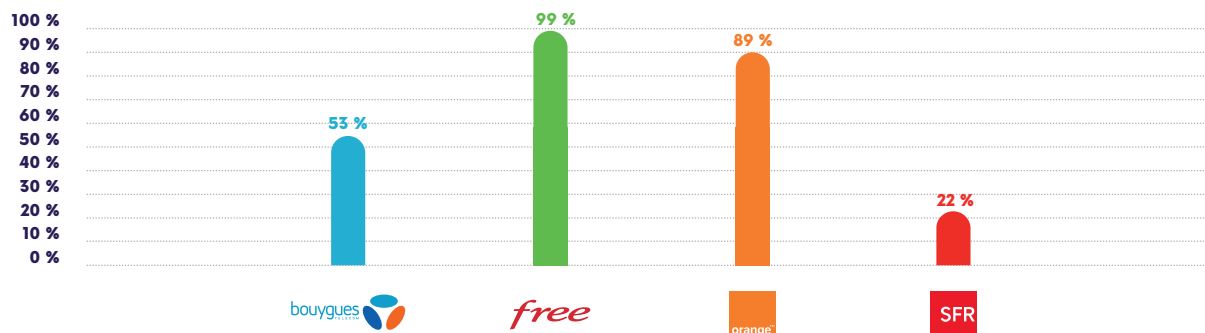
Le scénario de sortie d'IPv4 n'est pas connu et est très difficile à prévoir à ce jour. Si l'on essaie malgré tout d'imaginer les différentes étapes d'un tel scénario, on arrive par exemple à une séquence telle que celle-ci :

1. La quasi-totalité des offres d'accès internet grand public commercialisées proposent de l'IPv6 activé par défaut en plus de l'IPv4.
2. La quasi-totalité des offres d'accès internet grand public, pro et entreprises proposent de l'IPv6 activé par défaut. Une connectivité IPv4 est toujours proposée.
3. Une part non négligeable des sites web sont hébergés en IPv6 uniquement, malgré des poches de résistance à l'IPv6, notamment pour l'accès à Internet proposé par les entreprises à leurs salariés. Ces sites ne sont plus accessibles depuis une entreprise qui bloque l'IPv6.
4. Une part non négligeable des offres des fournisseurs d'accès à internet ne proposent plus de connectivité IPv4. Il n'est plus possible de consulter des sites web hébergés en IPv4 uniquement.
5. La majorité des sites web abandonnent IPv4, devenu inutile. IPv4 n'est plus utilisé sur internet, mais peut continuer à être utilisé pour des réseaux privés.

⁶ Les sources exactes sont indiquées dans les parties afférentes à chaque type d'acteur.

2.1. Fournisseurs d'accès à internet fixe

RÉSEAU FIXE : TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



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

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 :

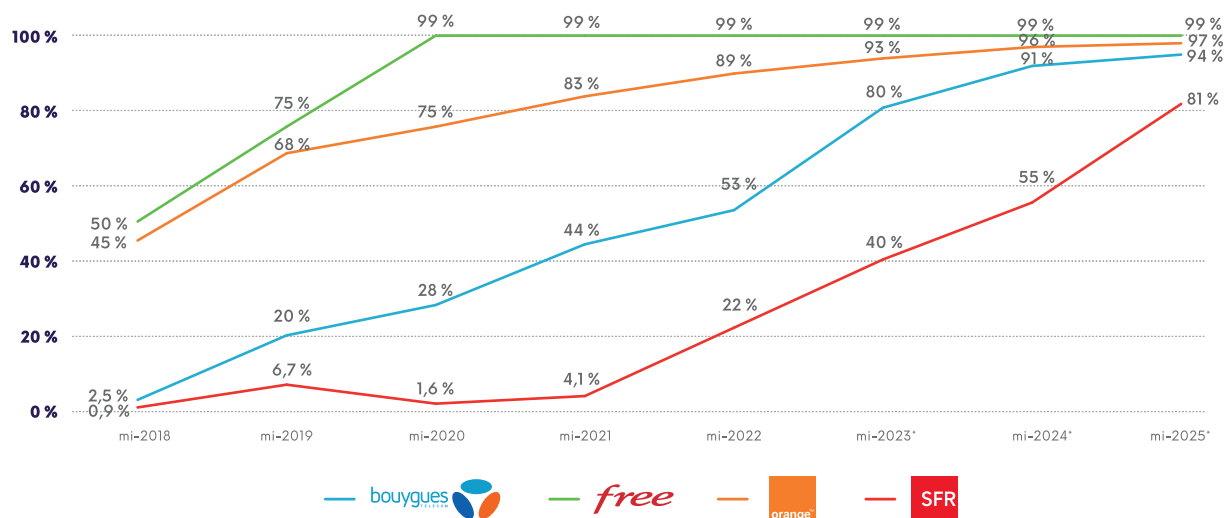
- Le taux de clients activés en IPv6 sur le réseau de SFR toutes technologies confondues a progressé jusqu'à atteindre 22 % mi-2022, contre 4,1 % à mi-2021. Les prévisions d'activations à venir sont d'environ 40 % à mi-2023 et près de 55 % à mi-2024.
- Bouygues Telecom continue ses efforts (53 % mi-2022 contre environ 44 % de clients activés à mi-2021). L'opérateur indique des prévisions de 80 % à mi-2023 et 91 % à mi-2024 en termes d'IPv6 activés sur le réseau fixe.
- Sur les réseaux fixes, les taux actuels de clients activés de Free et d'Orange sont relativement élevés (respectivement environ 99 % et 89 %) et ont progressé. Les projections à mi-2024 pour Orange s'établissent environ à 96 % de taux d'activation IPv6 de ses clients concernant le réseau fixe.

Dans la perspective d'améliorer le taux d'activation d'IPv6 et tenir les projections établies, il convient de souligner que l'activation IPv6 par défaut est un levier particulièrement pertinent qu'il est recommandé à tous les FAI côté réseau fixe de mettre en place pour toutes leurs technologies d'accès (xDSL, FttX, 4G fixe, satellite...).

Les quatre principaux opérateurs ont également fourni leurs prévisions des taux de clients du réseau fixe « IPv6-ready » et activés en IPv6 à horizon un, deux et trois ans (cf. [baromètre IPv6](#), pour plus de précisions).

Le [baromètre IPv6](#) détaille également la transition vers IPv6 des opérateurs fixe de moins de 3 millions de clients en Métropole et dans les départements et régions d'outre-mer.

RÉSEAU FIXE : ÉVOLUTION DU TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6







* Chiffres susceptibles d'évoluer

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

2.2. Opérateurs mobiles

RÉSEAU MOBILE : POLITIQUE D'ACTIVATION D'IPv6

				
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 Nouveaux produits à partir de juin 2021	Non concerné	OUI Nouveaux produits à partir de janvier 2021	OUI Nouveaux produits à partir de mars 2021

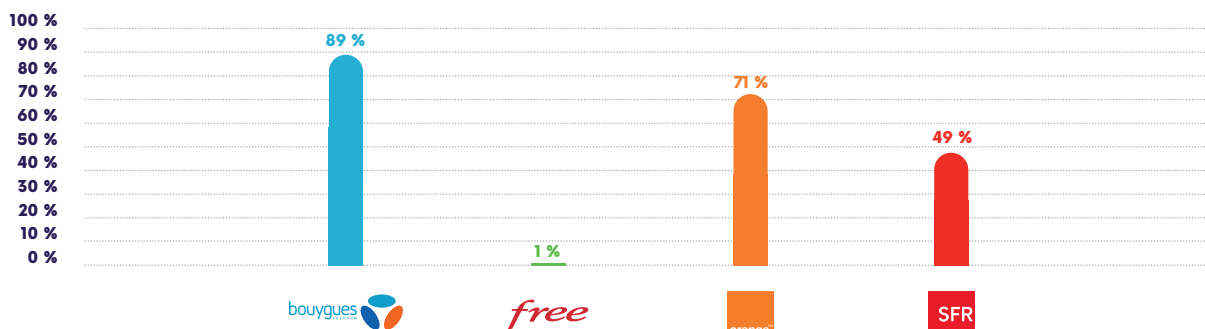
Source : Données à fin juin 2022, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs.

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. Actuellement, les iPhones ne permettent pas aux utilisateurs de faire eux-mêmes la modification de protocole de l'APN.

La politique d'activation d'IPv6 des principaux opérateurs explique la différence entre le taux de clients disposant d'IPv6 et le taux de clients effectivement activés en IPv6 (qui émettent et reçoivent du trafic IPv6).

RÉSEAU MOBILE : TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6

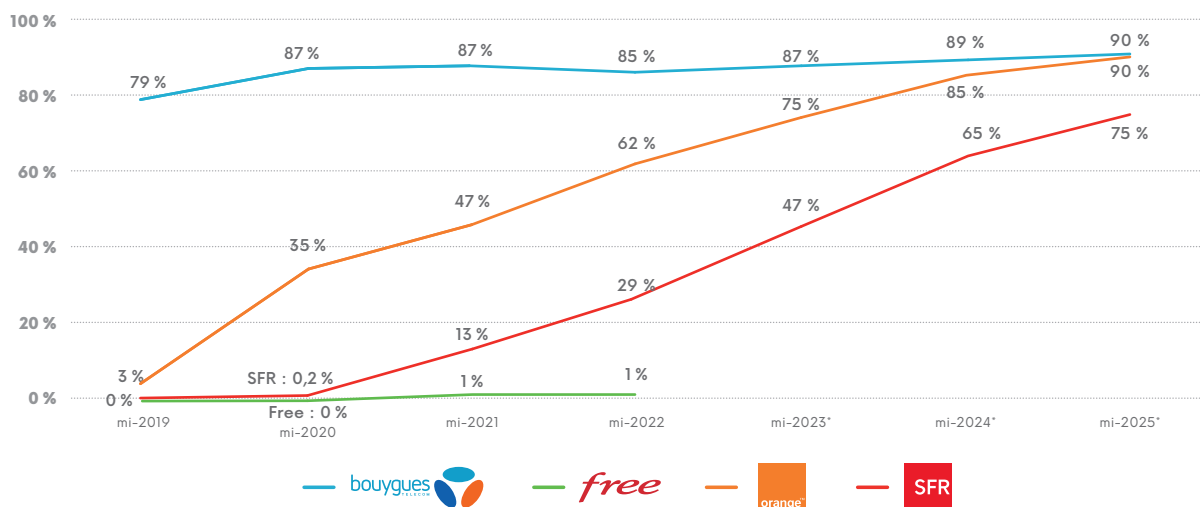


Source : données à fin juin 2022, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs et agrégées selon une part de marché Android de 70 % et iOS 30 %.

L'Arcep a introduit, pour les opérateurs qui se sont vu attribuer des fréquences 5G dans la bande 3,4 - 3,8 GHz en France métropolitaine⁷, une obligation de rendre leur réseau mobile compatible en IPv6 avant le 31 décembre 2020.

En ce qui concerne l'activation d'IPv6, les opérateurs ont également indiqué leur plan de transition vers l'IPv6 du réseau mobile à un, deux et trois ans sur Android et sur iPhone.

ANDROID : ÉVOLUTION DU TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6

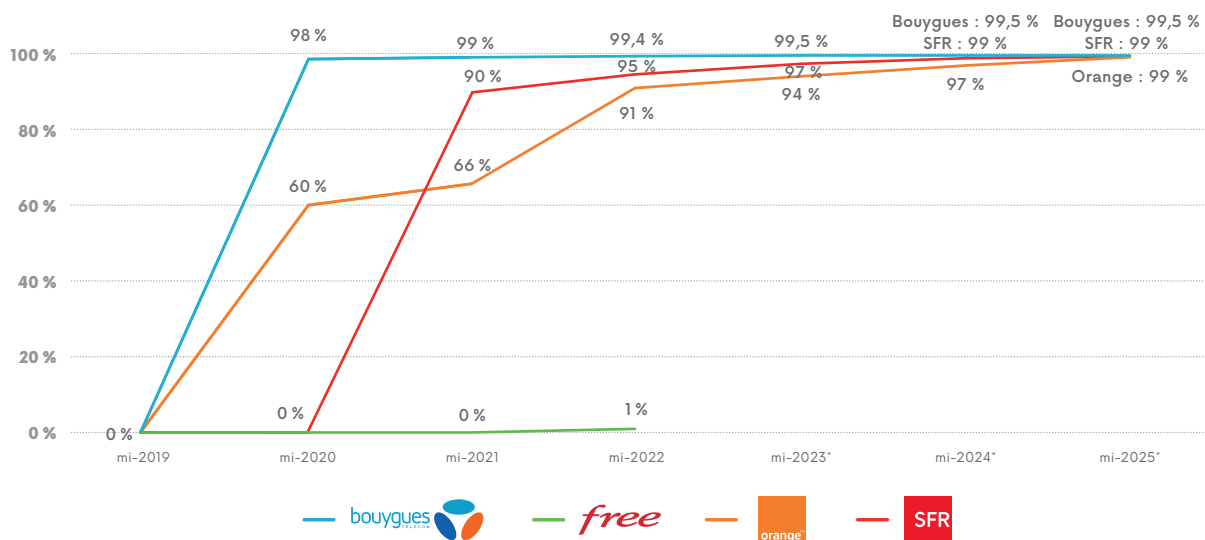


* Chiffres susceptibles d'évoluer

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

⁷ Arcep, 2019, Décision n° 2019-1386 de l'Autorité en date du 21 novembre 2019 proposant au ministre chargé des communications électroniques les modalités et les conditions d'attribution d'autorisations d'utilisation de fréquences dans la bande 3,4 - 3,8 GHz en France métropolitaine pour établir et exploiter un réseau radioélectrique mobile ouvert au public.

IPHONE : ÉVOLUTION DU TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



* Chiffres susceptibles d'évoluer

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

Sur les réseaux mobiles, l'Arcep observe une poursuite du déploiement d'IPv6 en France métropolitaine, même si des disparités importantes subsistent entre opérateurs. Ces derniers sont donc invités à poursuivre leurs efforts pour accélérer l'activation d'IPv6 :

Bouygues Telecom est très avancé dans le déploiement d'IPv6 sur le réseau mobile, avec 89 % de clients activés en IPv6 à mi-2022 (85 % sur Android et 99,4 % sur iPhone).

Des progrès importants sont observés dans le déploiement d'IPv6 sur le réseau mobile d'Orange, avec 71 % de clients activés en IPv6 à mi-2022. Orange prévoit mi 2023 75 % de clients Android et 94 % de clients iPhone activés en IPv6.

SFR avait mené en 2021 un déploiement significatif d'IPv6 pour ses clients équipés d'un iPhone, avec 95 % de taux d'activation à mi-2022. SFR affiche un taux de clients Android activés en IPv6 en progression en 2022 (29 %),

Malgré la compatibilité de son réseau mobile en IPv6, Free Mobile a un très faible pourcentage de clients IPv6 activés (1 %) car le

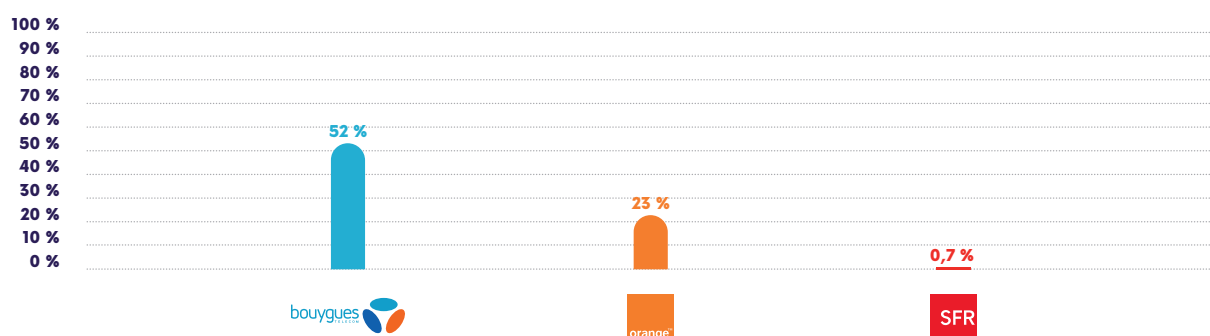
protocole IPv6 n'est pas activé par défaut. L'opérateur n'a pas été en mesure de transmettre des prévisions concernant les activations à venir. Comme mentionné dans la sous-partie 2.1, l'activation d'IPv6 par défaut est un levier particulièrement efficace pour favoriser le développement d'IPv6 sur le parc d'utilisateurs finals.

Le baromètre IPv6 détaille également la transition vers IPv6 des opérateurs mobiles de moins de 3 millions de clients en Métropole et dans les départements et régions d'outre-mer.

2.3. Les opérateurs proposant des offres « Pro »

Suite aux signalements reçus sur la plateforme « J'alerte l'Arcep » concernant les difficultés de certaines entreprises pour obtenir des offres IPv6 de la part de leurs opérateurs, l'Arcep a élargi la collecte d'informations aux opérateurs proposant des offres à destination de la clientèle entreprises (offres « Pro ») sur leur réseau fixe. Cette collecte sera étendue en 2023 pour toucher plus d'opérateurs.

RÉSEAU FIXE « PRO » : TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



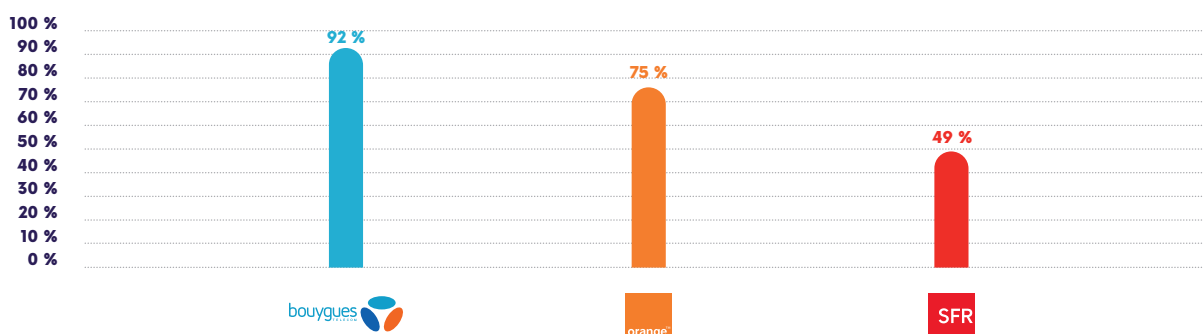
Source : données à fin juin 2022, recueillies par l'Arcep auprès des opérateurs.

En ce qui concerne les offres « Pro » sur le réseau fixe, l'Arcep regrette que le déploiement d'IPv6 reste encore partiel et appelle les opérateurs à accélérer la transition vers IPv6 dans leurs offres à destination des entreprises :

- Alors que le déploiement d'IPv6 avait progressé en 2021, le taux d'IPv6 sur les offres « Pro » de Bouygues Telecom n'a pas évolué l'année suivante (52 % à mi-2022). Bouygues Telecom prévoit néanmoins 90 % à mi-2023 en xDSL (réseau propre) et FttH.

- Alors que l'ensemble des clients des offres « Pro » du xDSL de SFR (réseau propre) sont « IPv6-ready », seulement 1 % de ceux-ci sont activés en IPv6. Par ailleurs, les offres « Pro » FttH et câble ne sont pas encore compatibles avec IPv6. Néanmoins, des progrès sont observés sur les offres « Pro » en 4G fixe avec 33 % de clients activés à mi-2022.
- Orange poursuit ses efforts dans la transition sur ses offres « Pro » sur la technologie FttH avec 52 % de clients activés à mi-2022 (contre 35 % de clients activés à mi-2021). La transition sur les technologies xDSL et 4G fixe apparaît moins avancée.

RÉSEAU MOBILE « PRO » : TAUX DE CLIENTS ACTIVÉS EN IPv6



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

Des progrès notables sont observés en ce qui concerne le déploiement d'IPv6 sur les offres Pro sur le réseau mobile :

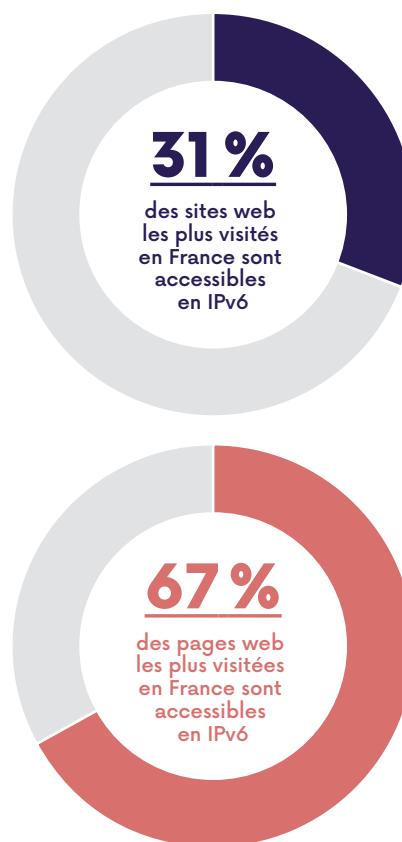
- À l'instar de ses offres grand public sur le réseau mobile, Bouygues Telecom a mené un déploiement relativement rapide en activant la plupart des terminaux iPhone (99 %) et Android (89 %) sur ses offres « Pro » mobiles.
- Sur ses offres « Pro » mobiles, Orange a poursuivi le déploiement d'IPv6, avec 95 % des terminaux iPhone et 67 % des terminaux Android activés en IPv6.
- SFR avait massivement déployé IPv6 sur les terminaux iPhone en 2021, permettant d'atteindre 95 % de terminaux iPhone activés en IPv6 à mi-2022. Le taux actuel de terminaux Android activés en IPv6 a progressé, atteignant 29 % à mi-2022 (contre 13 % à mi-2021) bien que nettement inférieure aux taux d'activation des terminaux iPhone pour l'opérateur.

Les opérateurs sont invités à poursuivre ou finaliser le déploiement d'IPv6 sur l'intégralité de leurs offres à destination des entreprises.

2.4. Hébergeurs web

Contrairement à un fournisseur d'accès à internet qui peut activer à distance IPv6 sans nécessiter d'actions de la part de son client (le consommateur final), une ou plusieurs actions du client d'un hébergeur (le fournisseur de contenu) sont nécessaires pour que l'IPv6 soit utilisable de bout en bout.

Les hébergeurs de sites web représentent encore l'un des principaux goulots d'étranglement dans la migration vers IPv6 : sur les principaux sites visités par les Français selon le classement Alexa, seuls 31 % sont accessibles en IPv6⁸ (contre 26 % en octobre 2020). On considère un site comme accessible en IPv6 lorsqu'il dispose d'un enregistrement IPv6 (« AAAA ») au niveau du serveur DNS.

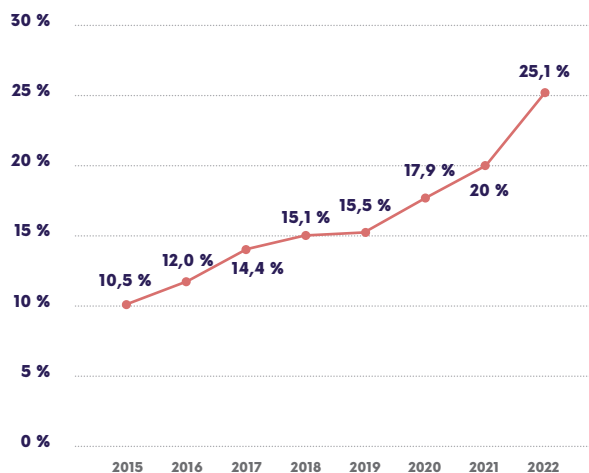


Source : 6lab Cisco au 31 décembre 2022 (6labcisco.com). Données sur le top 730 d'Alexa en France.

8 Source : 6lab Cisco au 23/12/2022. Données sur le top 730 d'Alexa en France.

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 octobre 2022.

Il est à noter que le taux de pages web accessibles en IPv6 (contenus IPv6) est significativement plus élevé (67 %). En effet, 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 web disponibles en IPv6 est uniquement de 25 % lorsque l'on considère les 2,3 millions de sites web en .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf avec un hébergement web HTTPS valide, afin d'exclure une partie des noms de domaine achetés, mais inutilisés⁹.

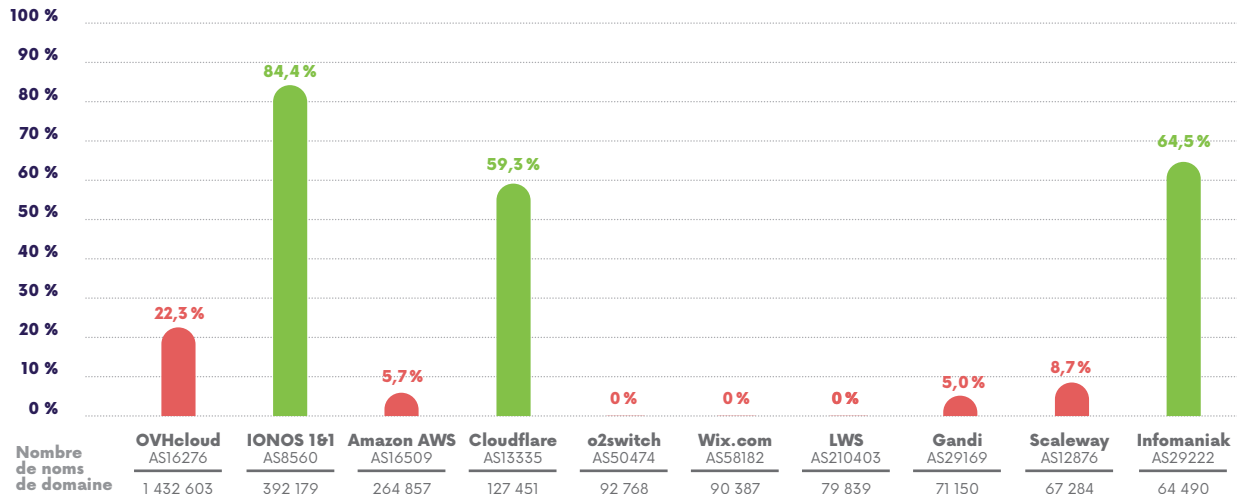
Ce pourcentage est en augmentation depuis 2015, mais **le rythme de cette évolution semble loin de pouvoir permettre une transition complète dans les prochaines années.**

Même si 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 les acteurs du top 10, seuls IONOS 1&1, Cloudflare et Infomaniak ont plus de la moitié de sites avec de l'IPv6, leurs déploiements constituent donc des exemples à suivre.

Des précisions sur les autres hébergeurs sont également disponibles dans trois formats : PDF, [OpenDocument](#) (lisible avec LibreOffice Calc ou Excel), [données brutes CSV](#).

TAUX DE SITES WEB ACCESSIBLES EN IPv6

sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



Source : données Afnic à octobre 2022.

⁹ Données Afnic, octobre 2022. Ces données sont basées sur des informations de zones DNS et sur l'analyse des enregistrements A, AAAA configurés sur un nom de domaine. Les données 2022 excluent une partie des noms de domaines inutilisés : le processus prend en source l'intégralité des noms de domaines .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf et exclut les noms de domaine sans HTTPS valide. Le robot d'exploration parcourt dans l'ordre les URL « [https://\(domaine\)](https://(domaine)) », « [https://www.\(domaine\)](https://www.(domaine)) », et s'arrête à la première requête qui termine sans erreur. Si une redirection sur « [https://\(domaine\)](https://(domaine)) » a amené le robot d'exploration sur un domaine égal au nom de la zone préfixée par « www » alors les données utilisées sont celles de [www.\(domaine\)](https://www.(domaine)), sinon ce sont celles de la racine. Pour chaque IP récupérée, utilisation de la base MaxMind pour connaître le système autonome (AS) annonçant cette IP.

2.5. Hébergement mail

La transition des hébergeurs mail connaît également **un très fort retard** : seuls 8,3 % des serveurs mail¹⁰ (contre 7,4 % à mi-2021) sont à ce jour adressés en IPv6 lorsque l'on considère le 1,9 million de sites web en .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf avec un hébergement web HTTPS valide et un hébergement mail. Il est à noter qu'un certain nombre d'entre eux comportent un niveau de redondance¹¹ en IPv6 inférieur à celui atteint en IPv4, ce qui est donc susceptible de poser des problèmes de résilience.

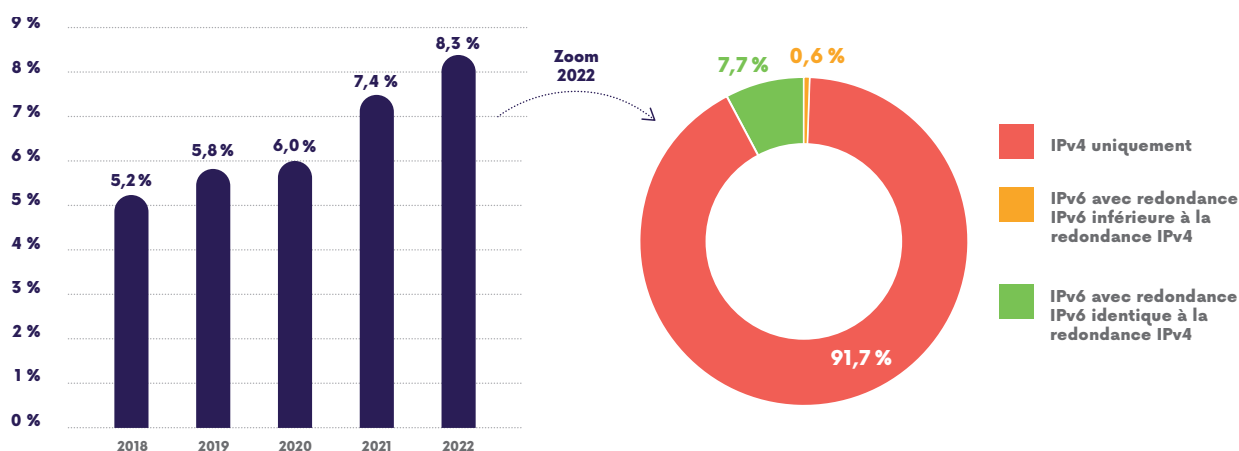
Cette année encore, le constat est similaire à celui de l'année dernière : le taux d'IPv6 dans l'hébergement mail reste alarmant. Le retard sur ce maillon de la chaîne d'internet, s'il n'est pas comblé dans les prochaines années, pourrait retarder l'extinction d'IPv4 et prolonger la complexité inhérente liée à la cohabitation IPv4/IPv6 dans les réseaux.

Parmi les acteurs du top 10, seuls Google et Infomaniak se démarquent avec plus de 89 % de noms de domaines en IPv6 pour le mail.

Des précisions sur les autres hébergeurs sont également disponibles dans trois formats : [PDF](#), [OpenDocument](#) (lisible avec LibreOffice Calc ou Excel), [données brutes CSV](#).

TAUX D'HÉBERGEMENT MAIL ACCESSIBLE EN IPv6

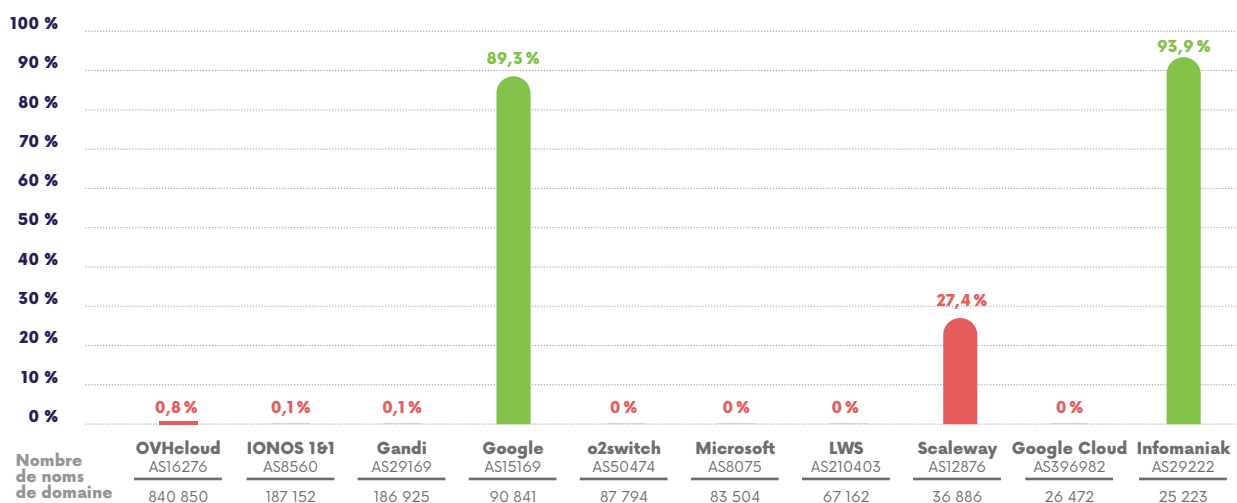
sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



Source : données Afnic à octobre 2022.

TAUX D'HÉBERGEMENT MAIL ACCESSIBLE EN IPv6

sur les noms de domaine .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf



Source : données Afnic à octobre 2022.

¹⁰ Données Afnic, octobre 2022, sur l'intégralité des noms de domaines .fr, .re, .pm, .yt, .tf et .wf, exclusion faite des noms de domaines ne proposant pas un hébergement web HTTPS valide ou un MX (Mail eXchanger).

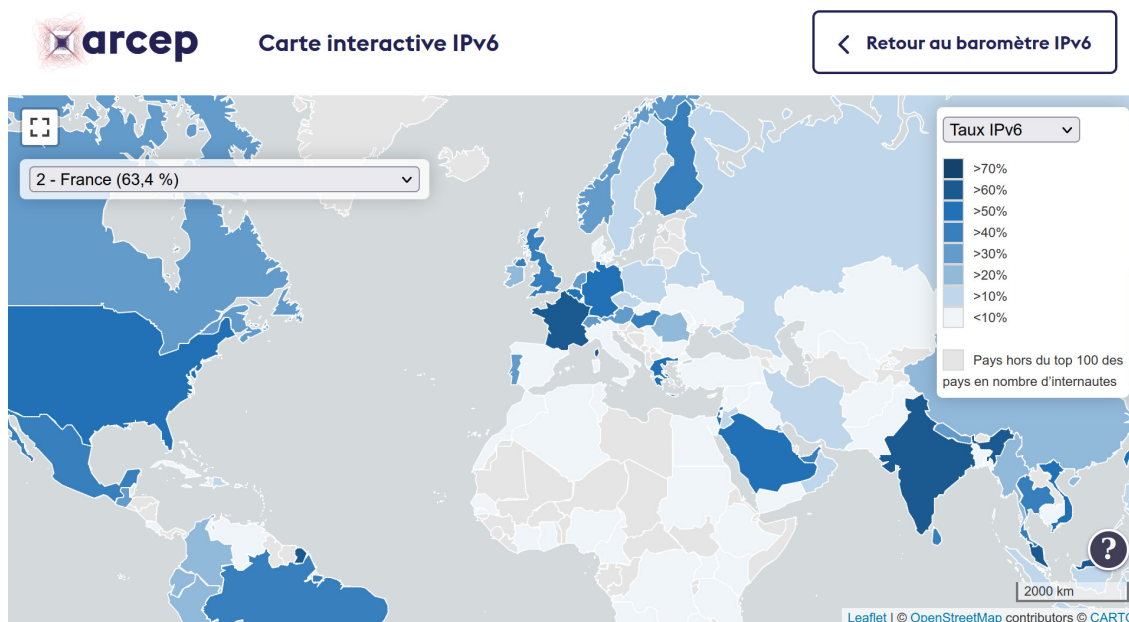
¹¹ La majorité des noms de domaine ont plusieurs relais de messagerie (plusieurs adresses IP pour le type d'enregistrement MX). En cas de défaillance d'un relais, un autre prend en charge les mails entrants afin d'assurer la continuité de service. On note ici que certains noms de domaine ont une redondance mail en IPv6 inférieure à celle en IPv4.

3. OÙ EN EST LA FRANCE ?

L'Arcep met en place une [carte interactive](#), permettant de visualiser le taux d'utilisation d'IPv6 des 100 pays avec le plus d'internautes et l'évolution du classement de ces 100 pays entre eux. Le taux d'utilisation d'IPv6 représente le pourcentage d'utilisateurs en IPv6 mesuré au niveau d'un hébergeur (qui propose déjà de l'IPv6). Il donne donc une idée de l'état de la transition des terminaux, des FAI ou opérateurs mobiles, ainsi que des autres intermédiaires techniques lorsque l'hébergeur en question passe par des transitaires.

Cette carte permet de visualiser des graphiques d'évolution de l'IPv6 pays par pays. Elle est mise à jour tous les deux mois avec la médiane (moyenne arithmétique des deux valeurs centrales) pour les quatre principales sources de données sur la transition IPv6 au niveau mondial¹². La médiane permet de fiabiliser les données qui peuvent, pour une source donnée, varier d'un mois à l'autre.

STATISTIQUES IPv6, SUR LE TOP 100 DES PAYS AVEC LE PLUS D'INTERNAUTES



Au niveau mondial, la France passe de la huitième place en février 2022 à **la seconde place en février 2023 en termes de taux d'utilisation d'IPv6** d'après la médiane (moyenne arithmétique des deux valeurs centrales) pour les quatre principales sources de données publiquement disponibles pour évaluer l'utilisation d'IPv6¹³.

On observe une augmentation importante du taux d'utilisation d'IPv6 dans plusieurs pays en un an, notamment¹⁴ :

- +16 points : Israël ;
- +15 points : la France ;
- +11 points : l'Arabie saoudite et le Paraguay ;
- +9 points : le Royaume-Uni ;
- +8 points : les Émirats arabes unis, le Népal, l'Indonésie, l'Ukraine ; la Grèce et la Norvège.
- +7 points : le Japon, la Hongrie, la Birmanie, la Bulgarie.

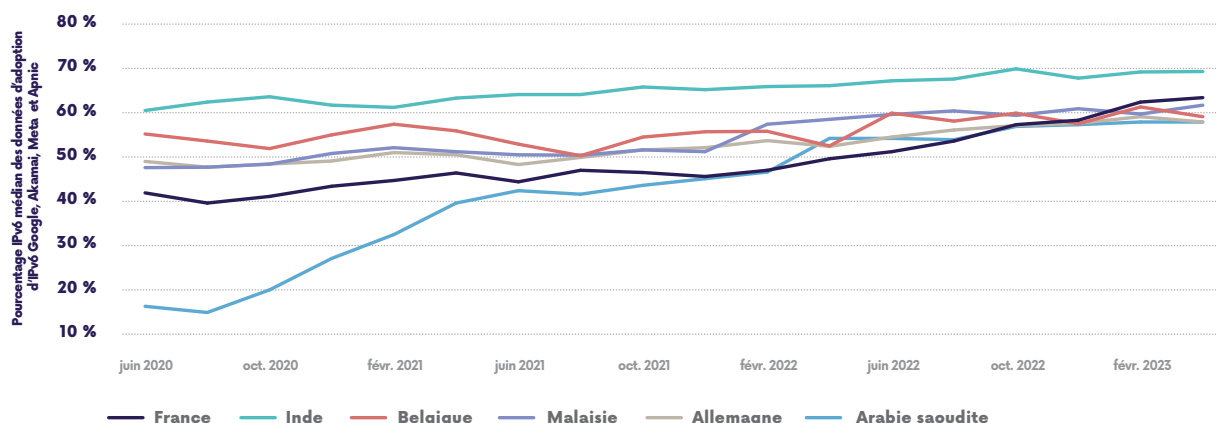
¹² Données « Google IPv6 adoption », « Akamai IPv6 adoption », « Facebook IPv6 adoption », « Apnic IPv6 preferred » (ce dernier achète des publicités sur des sites commerciaux, afin d'avoir de nombreuses vues pour suivre l'évolution de l'IPv6).

¹³ Données « Google IPv6 adoption », « Akamai IPv6 adoption », « Facebook IPv6 adoption », « Apnic IPv6 preferred » de février 2023. L'agrégation des données entre les pays est réalisée au prorata du nombre d'utilisateurs d'internet (source Wikipédia, données en date du 6 février 2023). La médiane (moyenne arithmétique des deux valeurs centrales) entre les quatre sources est calculée pays par pays, avant d'être agrégée au prorata du nombre d'utilisateurs d'internet dans chaque région.

¹⁴ Évolution entre février 2022 et février 2023. Des graphiques sont proposés, pays par pays, sur la [carte IPv6 interactive](#).

COMPARAISON DU TAUX D'UTILISATION D'IPv6 ENTRE LES 6 PAYS LES PLUS AVANCÉS

sur les 100 pays avec le plus grand nombre d'internautes

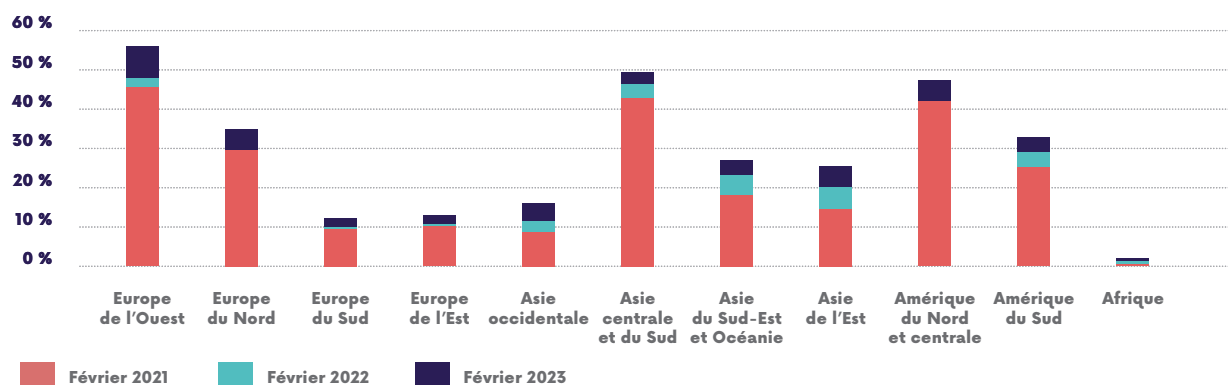


Source : Médiane des données IPv6 de Google, Akamai, Facebook et Apnic. Seuls sont considérés les pays du top 100 avec le plus d'internautes.

Le déploiement d'IPv6 est très variable selon les régions du monde. Les trois régions les plus avancées dans la transition vers IPv6 sont l'Europe de l'Ouest (56 % d'utilisation d'IPv6), l'Asie centrale et du

Sud (50 %) et l'Amérique du Nord et centrale (47 %). Les régions les plus en retard dans le déploiement d'IPv6 sont l'Europe de l'Est (13 %), l'Europe du Sud (12 %) et l'Afrique (1 %).

TAUX D'UTILISATION D'IPv6, PAR RÉGION DU MONDE



Source : Données IPv6 de février 2023 de Google, Akamai, Facebook et Apnic. Seuls sont considérés les pays du top 100 en nombre d'internautes. La médiane entre les 4 sources est calculée pays par pays, avant d'être agrégée au prorata du nombre d'internautes dans chaque région. L'agrégation des données entre les pays est réalisée au prorata du nombre d'utilisateurs d'internet.

4. LES TRAVAUX DE LA TASK-FORCE DÉDIÉE À IPV6

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 task-force de novembre 2019 a été 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.

La task-force a publié en novembre 2021 un premier guide¹⁵ en décembre 2020 qui vise à sensibiliser les entreprises sur l'importance de la transition vers IPv6.

Ce guide met également en avant quatre 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 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 ;
- Digdeo, une société de services en logiciels libres qui a fait le pari d'en finir avec les réseaux NAT¹⁶ 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 de son nouveau stade, qui permet à plus de 60 000 personnes de communiquer en même temps pendant un match.

La task-force IPv6 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 leurs entreprises. Il contient de nombreuses autres informations telles que des préconisations de sécurisation ou des pratiques pour simplifier la gestion de l'adressage.

En 2023, IPv6 est encore relativement peu présent sur les systèmes d'information d'entreprise (sites web, messageries, VPN corporatif ou proxy permettant aux salariés de naviguer sur internet). Les modifications d'architecture, guidées par la rareté des adresses IPv4 et le besoin de partage d'IP publiques, vont progressivement rendre IPv4 moins efficace qu'IPv6. Les recommandations des deux guides préparés par la plateforme semblent ainsi pertinentes pour accompagner la nécessaire accélération de la migration des systèmes d'information des entreprises vers IPv6.

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 motivation à rejoindre la task-force [via le formulaire suivant](#).

En 2023 et 2024, la task-force IPv6 travaillera sur la mise à disposition d'outils pour aider à valider le fonctionnement d'applicatifs dans un environnement où IPv4 est absent, et à tester la bonne accessibilité des services d'entreprise en IPv6.

¹⁵ Pour rappel, cette restitution ne constitue en rien une prise de position de l'Arcep sur la pertinence, la faisabilité ou la priorité des axes de travail. Elle décrit uniquement les informations remontées par les différents participants à la task-force IPv6. Les priorités des actions à mettre en place se feront en concertation avec la communauté des participants.

¹⁶ 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.

La parole à

OLIVIER TAILFER

Directeur exécutif Réseau et Services - SFR



LA TRANSITION DU RÉSEAU FIXE VERS L'IPv6 CHEZ SFR

La pénurie d'adresse IPv4 annoncée depuis plusieurs années par l'Arcep était devenue une réalité et représentait un risque réel dans l'ambition de croissance du parc FTTH de l'entreprise. Chaque mois, SFR consommait plus de 100 000 adresses IPv4 publiques pour le déploiement de ses infrastructures et l'adressage de ses abonnés fixes.

Pour pallier ce problème, SFR a choisi deux types d'architectures :

- La solution « *Dual Stack* » qui permet d'affecter une adresse IPv6 en complément de l'adresse IPv4 dédiée.
- La solution « *CGNAT* » (*Carrier Grade NAT*) de partage d'adresse IPv4 sur le réseau FTTH. Cette solution s'accompagne également de l'activation et de la migration des services de base (*data*, voix et TV) vers l'IPv6.

L'étude et la mise en œuvre de ces solutions ont été réalisées dès 2020, et ont demandé des transformations sur l'ensemble des maillons de la chaîne de collecte, des box aux systèmes d'information, y compris le service client.

Ce projet complexe peut se caractériser en trois grandes phases :

- **La préparation des équipements réseaux sur le terrain** : il a fallu rendre les équipements de collecte du réseau compatibles avec cette solution. Les équipes ont donc été mobilisées dans toute la France pour déployer des cartes de traitement dédiées, mettre à jour les logiciels et activer la fonction CGNAT.
- **La préparation des équipements clients et des plateformes vidéo** : tout en maintenant la meilleure qualité de service aux clients, le développement ainsi que le déploiement de nouveaux logiciels (Firmwares, contrôles d'accès...) ont été nécessaires pour rendre les services compatibles, sans coupure.
- **La récupération d'adresses IPv4** : une opération complexe dans un contexte marché très concurrentiel, mais pour laquelle les équipes SFR ont développé des solutions sans impact pour les clients. De leur migration à la gestion de leur éligibilité (en fonction des box compatibles ou non compatibles) en passant par le verrouillage des plages ou le traitement des flux, ce sont plusieurs milliers de clients

qui ont basculé chaque jour vers l'IPv6, et autant d'adresses IPv4 récupérées. SFR a également déployé une cellule dédiée au service client afin de pouvoir repérer les éventuelles plaintes et de pouvoir gérer, le cas échéant, les retours arrière pour les usages incompatibles identifiés.

Ce travail d'équipe a permis de placer SFR parmi les fournisseurs d'accès les plus dynamiques de ces dernières années. Aujourd'hui, plus de 60 % des clients FTTH sont actifs en IPv6.

En octroyant une plage IPv6 à un abonné IPv4, SFR assure à ses clients la continuité complète des services vers le monde de l'IPv6. En effet, l'ensemble du marché (des équipements clients aux fournisseurs de contenus) n'est pas encore compatible avec l'IPv6 de bout en bout (il est important d'avoir des contenus en IPv6 de bout en bout pour faciliter l'utilisation de l'IPv6 natif).

Acteur majeur dans le domaine des télécommunications et des services, SFR continuera d'inciter l'écosystème dans son ensemble à basculer vers un adressage 100 % IPv6, gage de pérennité.

CHAPITRE 3

Superviser l'interconnexion des données

À retenir

Le trafic entrant vers les principaux FAI en France à l'interconnexion a augmenté d'environ 21,5 % en un an pour atteindre

43,2 Tbit/s à fin 2022.

54 %

du trafic vers les clients des principaux FAI en France provient de cinq fournisseurs : Netflix, Google, Akamai, Meta et Amazon.

En 2022, le trafic IP mondial transitant sur les réseaux de communications électroniques était composé pour

65,93 %

de trafic vidéo selon Sandvine*.

* Sandvine, *The Global Internet Phenomena Report*, janvier 2023.

1. QU'EST-CE QUE L'INTERCONNEXION DE DONNÉES ?

Internet constitue un réseau de réseaux : quand l'utilisateur final regarde une vidéo, celle-ci transite du réseau du fournisseur de contenu ou d'applications (FCA) jusqu'au réseau de son fournisseur d'accès à internet (FAI). De la même manière, pour envoyer un email, ce dernier transitera du réseau de l'expéditeur à celui du destinataire. Pour ce faire, il faut que les deux réseaux (dans le cas de la vidéo, celui du FCA et du FAI) soient interconnectés ou qu'existe une chaîne de réseaux tiers interconnectés permettant de les relier. Sur internet, chaque réseau (appelé système autonome, ou AS) est interconnecté avec de nombreux autres réseaux, que ce soient des fournisseurs de contenu ou d'autres opérateurs télécom. Ainsi, l'interconnexion¹ 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 finals de communiquer entre eux². Ces relations peuvent prendre différentes formes (*peering* public ou privé, transit, réseaux de diffusion de contenu) qui sont détaillées dans le Baromètre de l'interconnexion³.

Dans l'écosystème de l'internet, divers acteurs principaux s'interconnectent :

- les fournisseurs de contenu et d'applications (FCA) : les propriétaires du contenu, qui font appel à plusieurs intermédiaires pour acheminer leur contenu aux utilisateurs finals ;
- les hébergeurs⁴ : les propriétaires des serveurs hébergeant un contenu géré par des tiers (FCA ou individus) ;
- les transitaires : les gestionnaires des réseaux internationaux qui font office d'intermédiaires entre les FCA et les FAI pour acheminer le trafic ;
- les points d'échange internet (IXP, *Internet Exchange Point*) : les infrastructures qui permettent aux différents acteurs de s'interconnecter directement, via un point d'échange, plutôt que par le biais d'un ou de plusieurs transitaires ;
- les réseaux de diffusion de contenu (CDN, *Content Delivery Network*) : les réseaux qui se spécialisent dans la livraison de volumes de trafic importants vers plusieurs FAI, dans des zones géographiques variées et grâce à des serveurs-caches au plus proche des clients finals afin d'optimiser l'acheminement améliorant les performances et réduisant les coûts ;
- les fournisseurs d'accès internet (FAI) : les opérateurs de réseaux qui sont chargés de livrer le trafic à l'utilisateur final.

¹ Les termes techniques liés à l'interconnexion employés ci-après sont définis dans le baromètre de l'interconnexion de données en France.

² 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.

³ Arcep, juin 2022, *Baromètre de l'interconnexion*.

⁴ Plus précisément, l'article 6-1-2° de la loi 2004-575 du 21 juin 2004 pour la confiance dans l'économie numérique définit les hébergeurs comme étant les personnes physiques ou morales qui assurent, même à titre gratuit, pour mise à disposition du public par des services de communication au public en ligne, le stockage de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de messages de toute nature fournis par des destinataires de ces services.



LES IXP, POINTS DE RENCONTRE ESSENTIELS À LA BONNE SANTÉ D'INTERNET

Une interconnexion consiste concrètement en un lien entre deux machines appartenant à des réseaux différents au sein d'un *datacenter*. L'enjeu en particulier pour les plus petits opérateurs est de s'interconnecter avec le plus d'acteurs possible tout en limitant les coûts, notamment en réduisant le nombre de points de présence. Les points d'échange internet (*Internet eXchange Point*, IXP) jouent ce rôle, en proposant à tous les opérateurs un réseau intermédiaire qui permet de connecter ses machines avec celles des autres acteurs membres de l'IXP sur un seul point de présence : on appelle cela du *peering public*.

Les IXP contribuent ainsi au maillage local d'internet : ils créent des liens entre opérateurs au niveau local (à l'échelle d'une région par exemple) et favorisent les

interconnexions y compris des plus petits acteurs. Ce sont des points de rencontre privilégiés entre opérateurs, FCA et transitaires.

En France, on compte une vingtaine d'IXP, répartis un peu partout sur le territoire. Ces points d'échange sont gérés par des structures associatives (à but non lucratif) ou des entreprises.

Les quatre principaux opérateurs en France (Orange, SFR, Bouygues, Free) sont présents sur des IXP. Les IXP représentent au total environ 0,2 Tb/s en sortie et environ 0,9 Tb/s en entrée du trafic déclaré par ces opérateurs. Les deux IXP les plus importants en France sont France IX et Equinix.

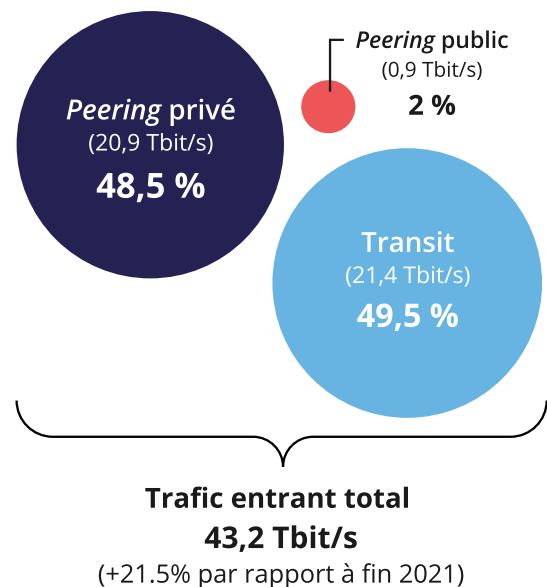
2. ÉTAT DE L'INTERCONNEXION EN FRANCE

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 au second semestre de 2022. Par souci de confidentialité, la publication des résultats⁵ ne porte que sur des données agrégées concernant les quatre opérateurs principaux en France.⁶ Les résultats détaillés de l'analyse sont publiés dans le *Baromètre de l'interconnexion* chaque année. Le présent chapitre synthétise les principaux de l'édition 2022.

2.1. Trafic entrant

Le trafic entrant vers les quatre principaux FAI en France à l'interconnexion est passé de plus 35,6 Tbit/s à fin 2021 à 43,2 Tbit/s fin 2022, marquant ainsi une augmentation de 21,54 % 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 SUR LE RÉSEAU DES PRINCIPAUX FAI* EN FRANCE (FIN 2022)

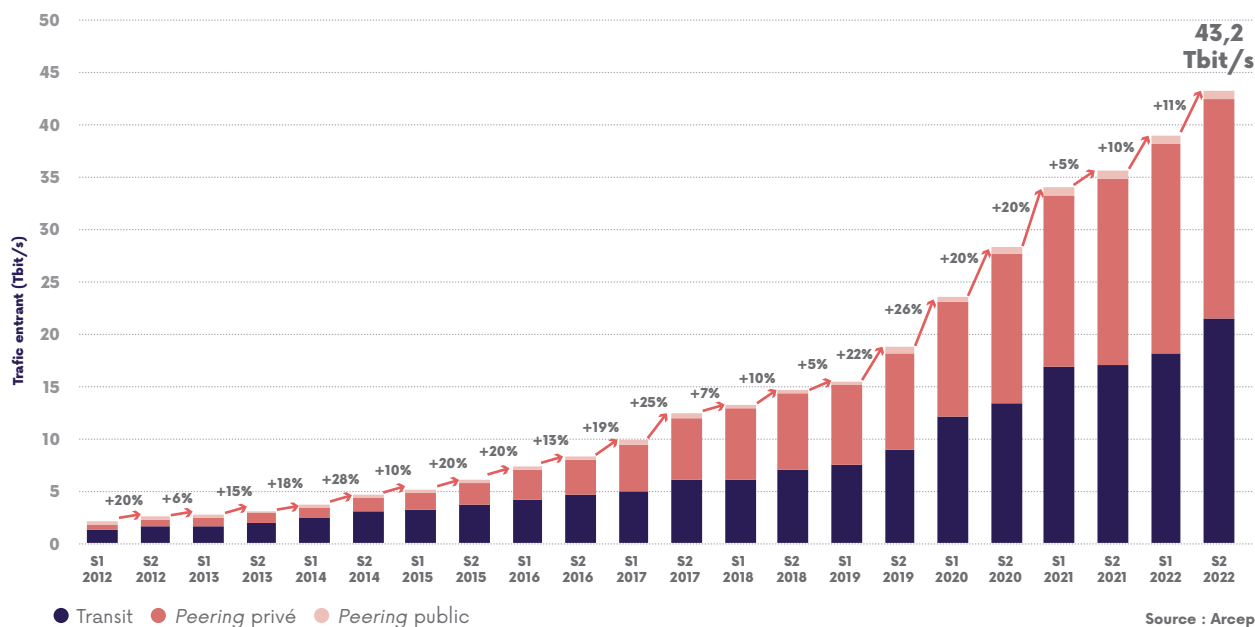


* Bouygues, Free, Orange, SFR.

⁵ 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.

⁶ Les chiffres du second semestre 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 S2-2022



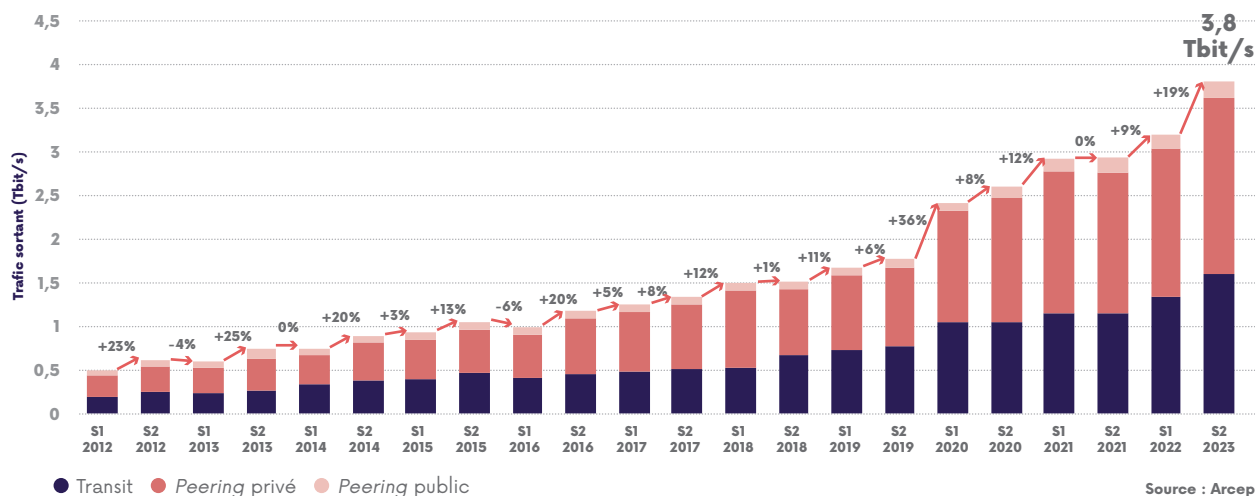
Précision : des corrections ont été apportées sur certains calculs modifiant les données de 2016 et 2019. Sans modifier les tendances observées, ces corrections expliquent les différences entre ce graphique et celui des précédentes éditions du rapport sur l'état d'internet.

2.2. Trafic sortant

À fin 2022, le trafic sortant du réseau des quatre principaux FAI en France à l'interconnexion atteint environ 3,8 Tbit/s, soit une augmentation de 30 % en comparaison avec fin 2021. Entre 2012 et 2022, ce trafic a été multiplié environ par 7.

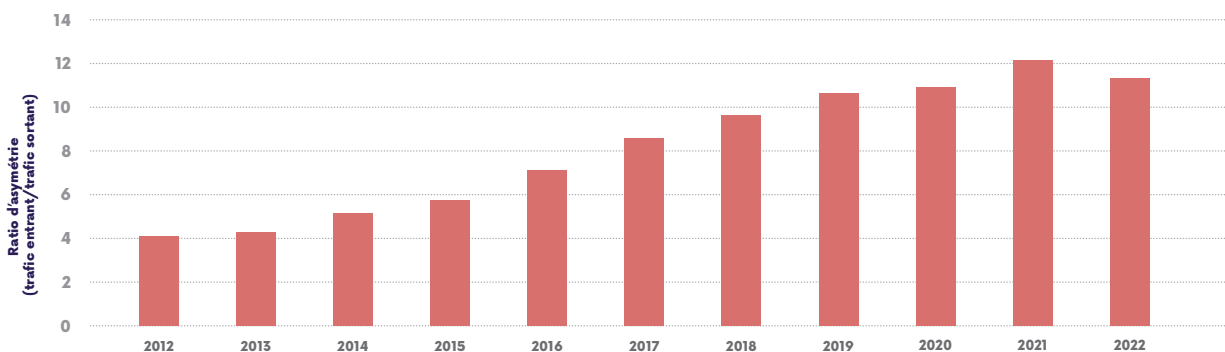
Le trafic sortant est bien inférieur au trafic entrant. Par ailleurs, le taux d'asymétrie entre ces deux trafics est passé de 1/4 en 2012 à plus de 1/12 en 2021. Cette augmentation est due notamment à l'augmentation du contenu multimédia consulté par les clients (*streaming* vidéo et audio, téléchargement de contenu de grande taille, etc.).

ÉVOLUTION DU TRAFIC SORTANT À L'INTERCONNEXION VERS LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE S1-2012 ET S2-2022



Précision : des corrections ont été apportées sur certains calculs modifiant les données de 2016 et 2019. Sans modifier les tendances observées, ces corrections expliquent les différences entre ce graphique et celui des précédentes éditions du rapport sur l'état d'internet.

ÉVOLUTION DU TAUX D'ASYMÉTRIE ENTRE TRAFIC ENTRANT ET TRAFIC SORTANT À L'INTERCONNEXION POUR LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE 2012 ET 2022



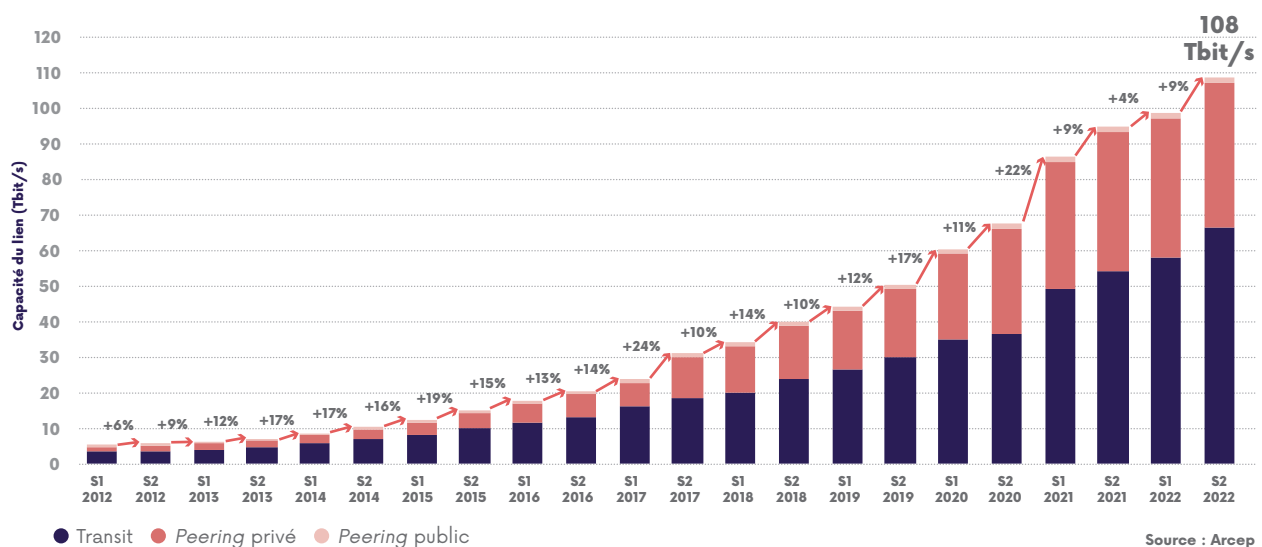
Source : Arcep

En 2022, le taux d'asymétrie diminue légèrement pour atteindre 1/11. Outre les efforts éventuels de compression et d'optimisation des flux consentis par les FCA, qui diminuent le trafic entrant auprès des FAI, cette évolution peut en partie s'expliquer par le développement de nouvelles modalités de transport du trafic vidéo en *peer-to-peer* qui contribuent à augmenter le trafic sortant (voir la sous-partie 2.5.4 « Évolutions liées au transport de vidéos » du Baromètre de l'interconnexion).

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 2022 sont estimées à environ 108 Tbit/s, soit 2,7 fois plus importantes que le 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 S2-2022



Source : Arcep

Précision : des corrections ont été apportées sur certains calculs modifiant les données de 2016 et 2019. Sans modifier les tendances observées, ces corrections expliquent les différences entre ce graphique et celui des précédentes éditions du rapport sur l'état d'internet.

2.4. Évolution des modalités d'interconnexion

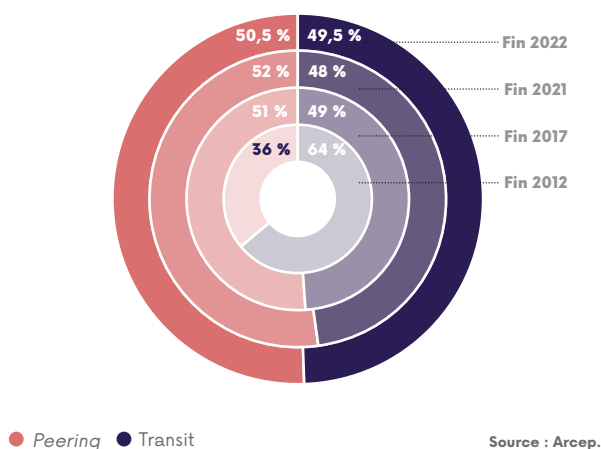
a. Peering vs transit

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 et d'applications.

Cependant, entre fin 2020 et fin 2022, la part de *peering* amorce une baisse (53 % à fin 2020, 52 % à fin 2021, pour atteindre 50 % fin 2022). Cette situation est due, d'une part, à l'augmentation du trafic de transit (dont le trafic provenant d'*Open Transit International* pour l'opérateur Orange) et d'autre part, à la substitution d'une partie du trafic de *peering* avec du trafic provenant des CDN internes.

Les termes « CDN internes » ou « CDN *on-net* » désignent l'accord entre des fournisseurs de service (FCA, CDN) et FAI par lequel le FCA ou CDN vient installer dans le réseau du FAI des serveurs-caches afin que leur contenu soit hébergé sur ces derniers, optimisant ainsi la qualité de service en plaçant le contenu au plus près de l'utilisateur final⁷. 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) de Google. 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. L'Arcep observe l'évolution des CDN internes depuis 2016⁸.

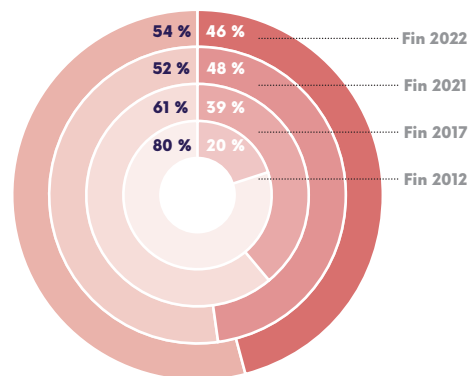
ÉVOLUTION DES PARTS DE PEERING ET DE TRANSIT DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (en proportion du trafic entrant)



b. Peering gratuit vs peering payant

À l'instar de l'année dernière, la part du *peering* payant dans le trafic entrant chez les quatre principaux FAI en France est passée de 48 % fin 2021 à 46 % fin 2022. Cette baisse 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 FAISANT L'OBJET D'UN ACCORD PAYANT OU NON POUR LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (en proportion du trafic entrant)



2.5. Répartition du trafic par mode d'interconnexion

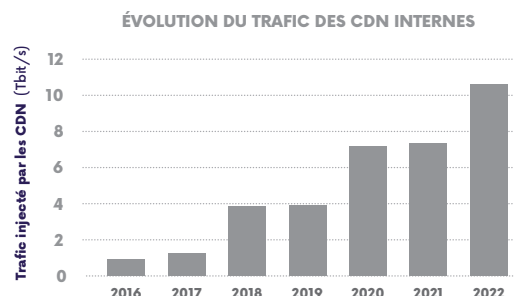
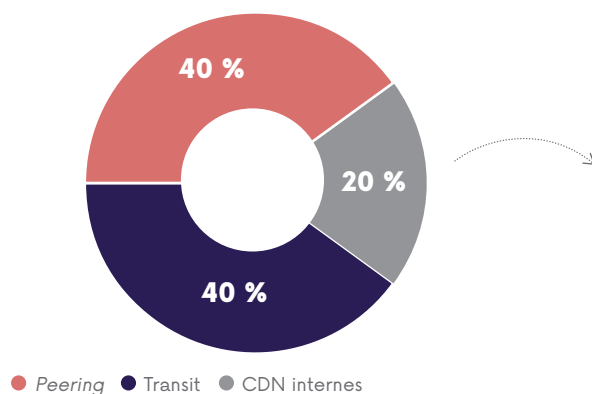
Entre fin 2021 et fin 2022, le trafic provenant des CDN internes vers les clients des principaux FAI en France continue son augmentation pour atteindre environ 10 Tbit/s. Si le *peering* et le transit restent des modes d'interconnexion largement utilisés par les opérateurs, cette année, le taux de trafic provenant des CDN internes (20 %) semble légèrement augmenter en comparaison avec l'année dernière.

Ce taux varie fortement d'un FAI à l'autre : chez certains opérateurs le taux de trafic entrant provenant de CDN internes constitue autour de 6 % du trafic vers les utilisateurs finals alors que pour d'autres, il constitue plus d'un tiers – presque la moitié – du trafic entrant injecté dans leurs réseaux. Par ailleurs, le ratio de trafic entrant/sortant varie toujours entre 1/8 et 1/15 en fonction de l'opérateur. Autrement dit, les données rendues disponibles au moyen des CDN internes sont consultées entre 8 et 15 fois en moyenne.

⁷ Cette tendance est expliquée dans le *Baromètre de l'interconnexion*, au chapitre 1.3. Voir aussi : Stéphane Bortzmeyer, *L'interconnexion pour les nuls*.

⁸ Cf. Arcep, juin 2023, *Baromètre de l'interconnexion*, chapitre 2.6.

RÉPARTITION ENTRE LES DIFFÉRENTS MODES D'INTERCONNECTION DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2022)



Source : Arcep

2.6. Acheminement des flux vidéo

En 2022, le trafic IP mondial transitant sur les réseaux de communications électroniques était composé pour 65,93 % de trafic vidéo, selon Sandvine⁹. Les contenus vidéo sont aussi présents dans d'autres catégories de ce classement, comme les réseaux sociaux qui constituent 5,26 % du trafic global, les jeux en ligne (5,58 %) ou les solutions de messagerie tels que WhatsApp, Zoom, Microsoft Teams, Messenger (2,30 %), toujours d'après Sandvine. Cette part conséquente du 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 peut aussi trouver son origine dans l'augmentation des niveaux de résolution des vidéos en ligne bien que leur encodage efficace puisse limiter la croissance du volume de trafic transporté¹⁰.

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, l'origine du trafic est concentrée entre, d'une part, les gros fournisseurs de contenu et d'applications (Netflix, Google, Meta et Amazon) et d'autre part des acteurs du transport de contenu offrant des services de CDN comme Akamai ou Lumen qui transportent les données d'acteurs tiers.

2.7. Décomposition du trafic selon l'origine

À partir des données collectées auprès des opérateurs¹¹, l'Arcep estime la proportion de trafic rapportée au volume total agrégé que représentent, quand ces derniers sont identifiables, les fournisseurs de contenu et d'applications et les acteurs du transport de contenu (CDN notamment).

Il convient de noter que les données relatives à l'interconnexion et au trafic analysées concernent des relations directes entre acteurs, si bien qu'un contenu qui serait hébergé *via* un CDN ou un hébergeur tiers ne faisant pas l'objet d'une interconnexion directe déclarée à l'Autorité ne serait pas visible dans le graphique présenté ci-après. Par exemple, il est possible qu'un fournisseur de contenu avec un trafic sortant significatif soit absent de ce graphique parce qu'il passe par des acteurs tiers pour acheminer son trafic jusqu'aux FAI concernés.

Fin 2022, environ 54 % du trafic vers les clients des principaux FAI en France provient des 5 acteurs suivants (FCA et CDN) : Netflix, Google, Akamai, Meta et Amazon. Ceci indique une concentration de plus en plus nette du trafic autour de quelques acteurs.

L'importance relative de plusieurs fournisseurs de CDN dans la décomposition du trafic visible dans le graphique, ainsi que la progression importante de certains acteurs comme Lumen (qui passe de 3 % environ du volume de trafic entrant à environ 6 %) 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 (parmi lesquels figure Akamai¹²).

9 Sandvine, janvier 2023, *The Global Internet Phenomena Report*.

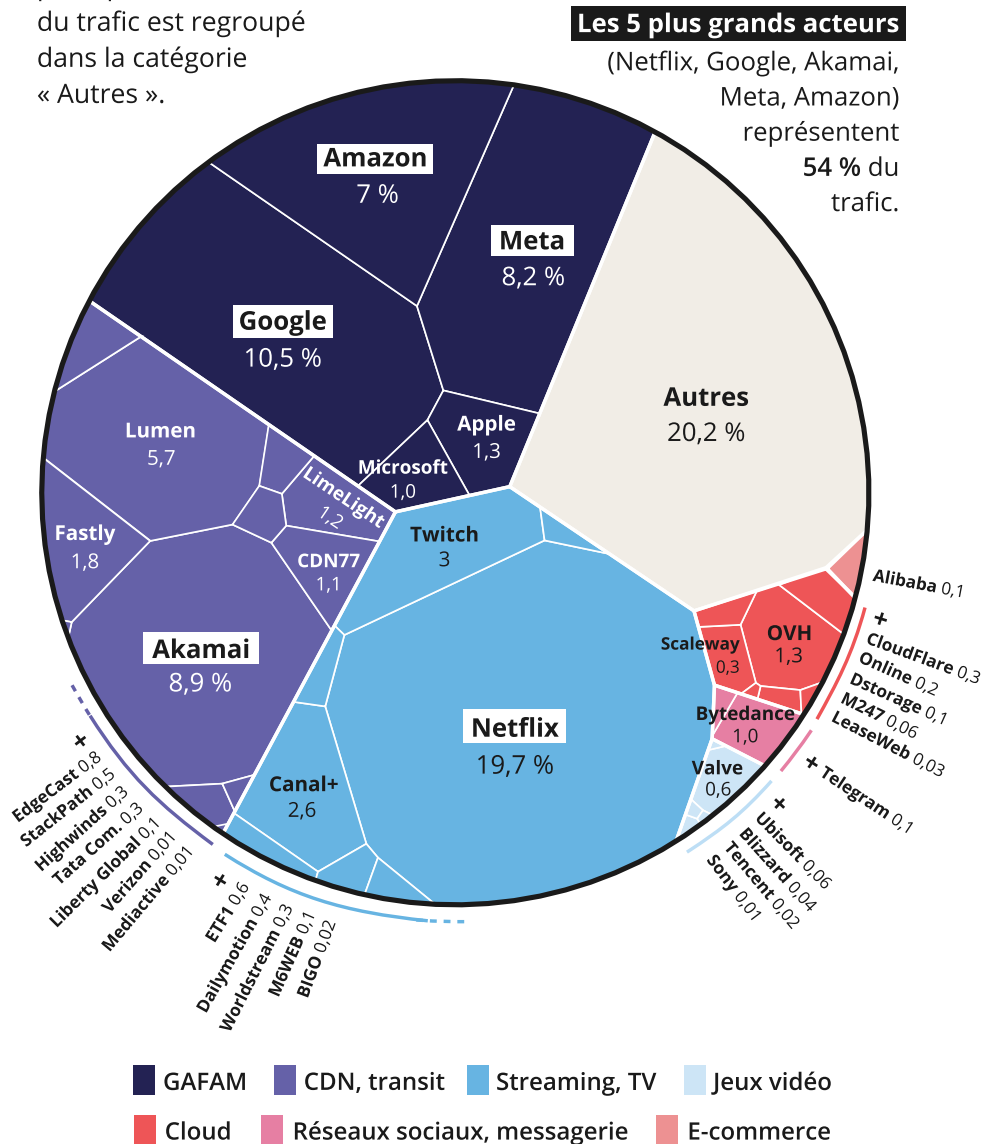
10 La diffusion d'un contenu en UHD génère 8 fois plus de données que la diffusion d'un contenu en haute définition (HD) à niveau d'encodage identique. Source : CGE, Réduire la consommation énergétique du numérique, décembre 2019

11 Ici aussi, les données agrégées concernent seulement les quatre principaux opérateurs commerciaux en France.

12 *Le Parisien*, 10 février 2022, *Disney+ compte près de 130 millions d'abonnés, nettement plus qu'attendu*.

DÉCOMPOSITION SELON L'ORIGINE DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2022)

Pourcentage du trafic entrant au point d'interconnexion de 39 acteurs liés au transport ou à la production de contenu déclarés par les principaux FAI* fin 2022. Le reste du trafic est regroupé dans la catégorie « Autres ».



* Bouygues, Free, Orange, SFR.

2.8. Évolution des tarifs

Même si les fourchettes sont globalement les mêmes (entre moins de 5 centimes et quelques euros HT par mois et par Mbit/s), les tarifs des prestations de transit accusent une légère baisse, poursuivant ainsi la tendance observée au cours des dix dernières années.

Pour ce qui est des prestations de *peering*, elles se négocient toujours dans une fourchette entre une vingtaine de centimes d'euros et quelques 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.



CONTRIBUTION AUX INVESTISSEMENTS DANS LES INFRASTRUCTURES ET AVENIR DES RÉSEAUX

Début 2022, la Commission européenne publiait une proposition de Déclaration de droits et principes numériques qui appelait à « *élaborer des cadres adéquats pour que tous les acteurs du marché bénéficiant de la transformation numérique assument leurs responsabilités sociales et participent de manière équitable et proportionnée aux coûts des biens, services et infrastructures publics, dans l'intérêt de tous les Européens* ». Cet objectif a été confirmé par les commissaires européens Margrethe Vestager et Thierry Breton en mai 2022 : la commissaire à la Concurrence a déclaré que la question d'une juste contribution aux réseaux devrait être considérée avec une grande attention¹ et le commissaire en charge du Marché intérieur annonçait un projet législatif sur le sujet².

Ces annonces font écho à une demande d'opérateurs européens, initiée par l'ETNO (*European Telecommunication Network Operators Association*). L'association a publié en mai 2022 une étude du cabinet de conseil Axon qui analyse l'augmentation de trafic chaque année et des besoins d'investissement correspondants. Cette publication met en avant le rôle des grands fournisseurs de contenu dans cette croissance³. En s'appuyant sur cette étude, l'ETNO a appelé à ce que ces derniers contribuent davantage aux investissements dans les réseaux, réitérant une demande formulée aux régulateurs en 2012. D'autres associations d'opérateurs ont par la suite pris position sur la question telle que l'ECTA (*European Competitive Telecommunications Association*) qui a publié en septembre 2022 une contribution au débat. Cette association insiste sur le besoin de préserver le cadre concurrentiel existant et d'encourager une « sobriété énergétique » de tous les acteurs de l'écosystème numérique dans un contexte d'augmentation de la consommation de données, par de possibles incitations réglementaires ou financières⁴.

En décembre 2022, le BEREC a rédigé une analyse préliminaire de la proposition relative à un mécanisme de financement direct des réseaux par les grands fournisseurs de contenu et d'applications en Europe. Dans ce document, le BEREC a estimé qu'au regard de l'état actuel du marché de l'interconnexion, un tel mécanisme n'est pas justifié et a souligné que des analyses plus larges sur le rôle des grands fournisseurs de contenu quant à l'avenir des réseaux pouvaient être utiles.

Plusieurs autres publications ont depuis été produites par différentes parties prenantes. À titre d'exemple : les fournisseurs de contenu ont apporté des éclairages sur leurs propres investissements⁵ ; l'association Euro-IX représentant les IXP au niveau européen a transmis une lettre aux commissaires en charge de la question sur les risques potentiels notamment concernant le *peering* public⁶ ; des membres du monde académique se sont exprimés sur le sujet⁷ ; le gouvernement néerlandais a commandité au cabinet Oxera une étude sur un des scénarios possibles⁸.

En février 2023, la Commission européenne a lancé une vaste consultation publique de 12 semaines dans le cadre du paquet « connectivité », sous la forme d'un questionnaire. Dépasant le débat originel autour de la participation des grands fournisseurs de contenu au financement des réseaux, le questionnaire vise à interroger les parties prenantes sur l'avenir des réseaux en Europe et de ses infrastructures. Quatre thèmes sont mis en avant : (1) les évolutions technologiques et commerciales ; (2) l'équité pour les consommateurs ; (3) les obstacles au marché unique et (4) une contribution équitable de tous les acteurs numériques.

Le BEREC contribue au débat en 2023 en participant à cette consultation et aux discussions européennes sur ces sujets⁹.

1 Fo Yun Chee, 2 mai 2022, *EU's Vestager assessing if tech giants should share telecoms network costs*.

2 Sébastien Dumoulin, Derek Perrotte, 3 mai 2022, « Bruxelles veut faire payer les réseaux télécoms aux GAFAM », *Les Echos*.

3 Etno, 2 mai 2022, *Europe's internet ecosystem : socio economic benefits of a fairer balance between tech giants and telecom operators*.

4 ECTA, 13 septembre 2022, *Ecta statement on suggested contribution to network investment ("fair contribution" debate)*.

5 Analysys Mason, octobre 2022, *The impact of tech companies' network investment on the economics of broadband ISPs*.

6 Euro-IX, janvier 2023, *"Fair share debate and potential impact of SPNP on European IXPs and Internet ecosystem"*.

7 Par exemple : Barbara van Schewick, 14 avril 2022, *Comments on Draft BEREC Guidelines on the Implementation of the Open Internet Regulation in response to BEREC's Public Consultation*, Annie Blandin, Patrick Maillé, Bruno Tuffin, 2022, *Un revirement européen sur la neutralité du net ?* et Bruno Jullien, Matthieu Bouvard, mars 2023, *Fair cost sharing: big tech vs telcos*.

8 Oxera, 30 janvier 2023, *Proposals for a levy on online content application providers to fund network operators. An economic assessment prepared for the Dutch Ministry of Economic Affairs and Climate*.

9 Le BEREC a publié le 19 mai 2023 sa réponse à la consultation publique de la Commission européenne sur le futur de la connectivité : *BoR (23) 131b 19 May 2023 BEREC's Response to the Exploratory Consultation*.

PARTIE 2

Veiller à l'ouverture d'internet

Chapitre 4

Garantir la neutralité du net

Chapitre 5

Construire une nouvelle régulation des plateformes numériques et des données

CHAPITRE 4

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.

35 961

tests ont été effectués en France à ce jour en 2022 avec l'application Wehe.

263

signalements

relatifs à la neutralité du net ont été remontés en 2022 via la plateforme J'alerte l'Arcep.

1. LA NEUTRALITÉ DU NET : UN PRINCIPE FONDATEUR D'INTERNET GARANTI PAR LES TEXTES

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 York¹. Elle permet de garantir l'égalité de traitement et d'acheminement de tous les flux d'information sur internet. La neutralité du net comprend la garantie d'une liberté d'accès aux contenus en ligne, de diffusion, d'utilisation et de création de services et d'applications pour l'utilisateur ainsi que le principe de non-discrimination, applicables aux flux transportés au travers des réseaux constituant l'internet. Ainsi, elle exclut en particulier toute discrimination, positive ou négative, en raison de la source, de la destination ou du contenu de l'information transmise sur le réseau d'un point de vue technique (ou commercial).

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 finals.

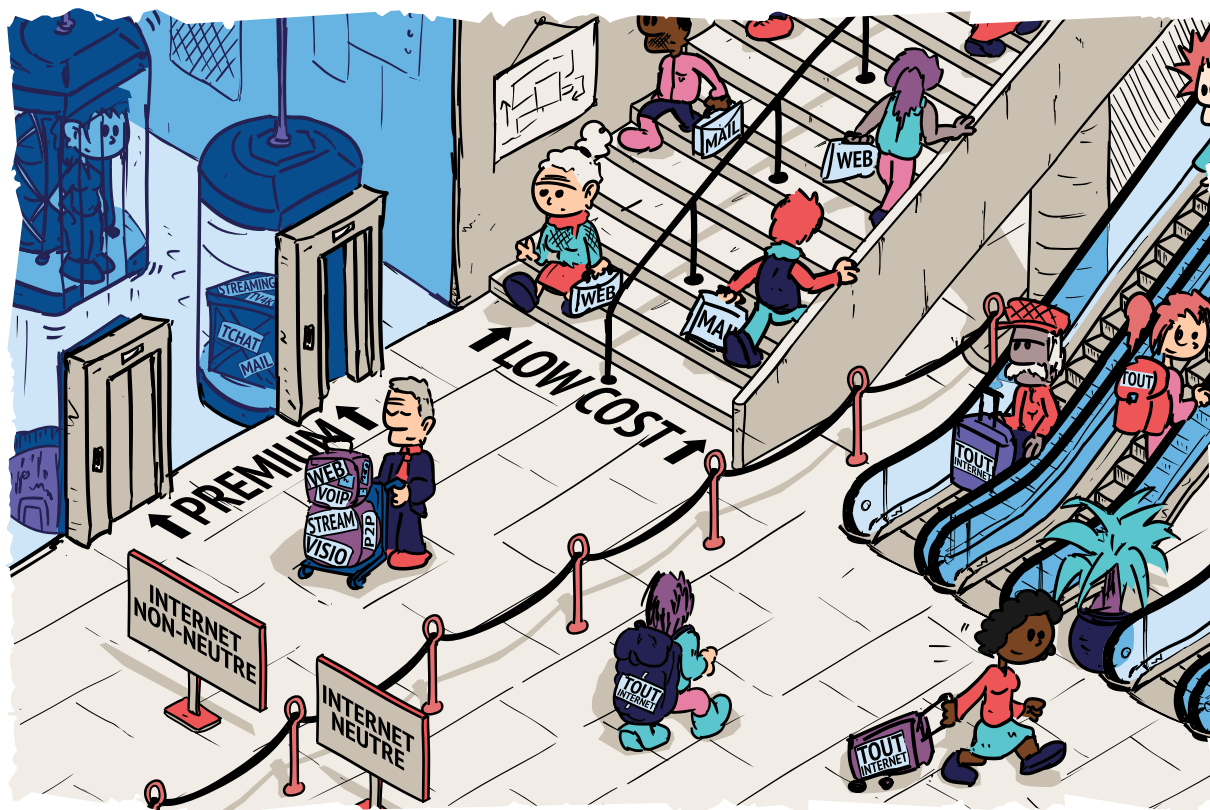
¹ Tim Wu, 2003. *Broadband Discrimination*, *Journal of Telecommunications and High Technology Law*, vol. 2. p. 141.

Depuis 2016, le législateur européen protège la neutralité du net, en reconnaissant dans son règlement sur l'internet ouvert² :

- 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 »³.
- 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 »⁴.

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.

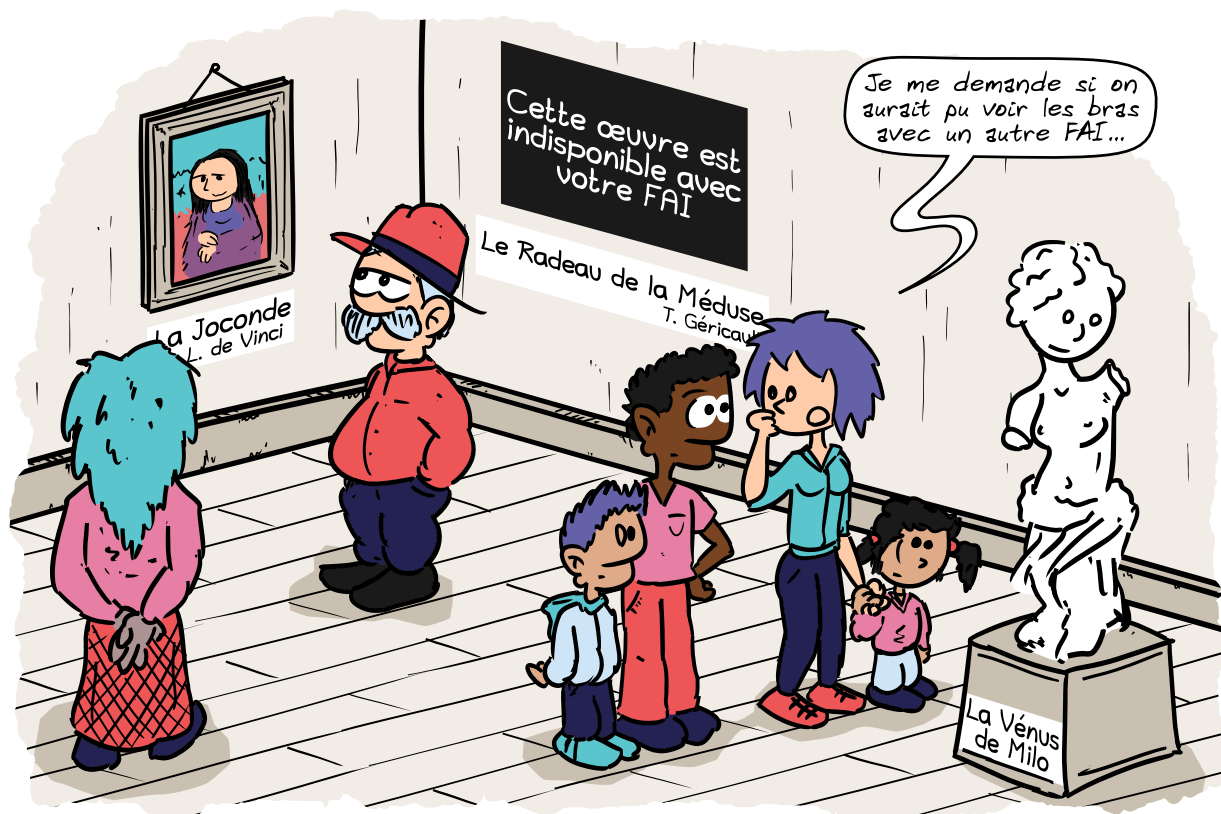
La neutralité du net permet ainsi à chaque utilisateur final de décider librement de la manière dont il utilise internet. Cette capacité à recevoir et à communiquer librement contribue directement à promouvoir certains droits des utilisateurs finals : le maintien de la diversité et du pluralisme des 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 finals.



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.

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

⁴ Article 3(3) du règlement européen n° 2015/2120.



2. LA PARTICIPATION DE L'ARCEP AUX CHANTIERS EUROPÉENS

En 2022, l'Arcep et ses homologues européens ont mis à jour les 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 trois arrêts⁵ en matière de neutralité du net relatifs à des pratiques d'offres à tarif nul⁶ mises en œuvre par deux opérateurs allemands : Vodafone et Telekom Deutschland. Dans ces arrêts, la Cour de justice rappelle qu'une option à « tarif nul » 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 la CJUE, 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 ouvert⁷.

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'il a soumises à consultation publique en mars 2022⁸. 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 quatre thèmes principaux : les pratiques commerciales, les mesures de gestion de trafic, les services spécialisés et les obligations de transparence.

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

⁶ 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.

⁷ Communiqué de presse n° 145/21 de la Cour de justice de l'Union européenne.

⁸ BEREC, 2020, *Report on the outcome of the public consultation on draft BEREC Guidelines on the Implementation of the Open Internet Regulation* (BoR (20) 111).

La parole à

BARBARA VAN SCHEWICK

Professeure de droit et directrice du Centre Internet et Société - École de droit de Stanford



CONTRAIREMENT AUX APPARENCES, LE DÉBAT SUR LA NEUTRALITÉ DU NET N'EST PAS TERMINÉ AUX ÉTATS-UNIS

La plupart des régulateurs européens savent que la Commission fédérale des communications (FCC) a abrogé la neutralité du net en 2017 sous l'administration Trump. Cependant, la législation de certains États américains et l'élection du président Biden ont empêché les fournisseurs d'accès à internet (FAI) d'adopter de nombreuses pratiques discriminatoires qui ne sont plus interdites au niveau fédéral.

Les États-Unis ont toujours eu une certaine forme de neutralité du net. Dès que les FAI ont commencé à utiliser l'inspection de contenu particulier (DPI) pour bloquer et discriminer, la FCC est intervenue, au cas par cas, pour préciser que ces pratiques étaient illégales.

En 2010, la FCC a adopté des mesures qui protègent la neutralité du net, qui incluent la fin des frais de terminaisons, une pratique qui consiste à demander aux fournisseurs de contenu (FCA) de payer les FAI. En 2015, la FCC a renforcé ces protections et reclassé les FAI en tant que transporteurs publics.

Après l'abrogation de 2017, de nombreux États américains ont adopté des mesures en faveur de la neutralité du net. En particulier, la Californie a rétabli l'ensemble des protections de la neutralité de l'internet en place avant l'abrogation. Elle a procédé en reprenant les règles fédérales de 2015 ainsi que le texte d'application de ces normes de la même année. Cette démarche est similaire à l'adoption d'une loi européenne en incorporant le règlement internet ouvert et les lignes directrices du BEREC.

Cela signifie que la Californie dispose de la loi de référence en matière de neutralité du net aux États-Unis. En raison de son importance économique – à peu près celle de l'Allemagne – les actes de la Californie ont un retentissement au-delà de ses frontières. Les FAI ont contesté cette loi devant les

tribunaux, mais elle a survécu. La Californie est désormais libre de l'appliquer, et d'autres États américains peuvent faire de même.

L'administration Biden s'est engagée à rétablir la neutralité du net au niveau fédéral. Toutefois, le candidat du président Biden à la FCC doit obtenir l'approbation du Sénat et les FAI ont empêché sa nomination jusqu'à présent.

Que peut encore apprendre l'Union européenne des États-Unis ?

Alors que les plus grandes entreprises de télécommunications proposent à nouveau d'obliger les services en ligne de les payer, l'Europe peut tirer des leçons de l'expérience américaine.

L'interdiction faite aux FAI de facturer les sites web pour la fourniture du trafic demandé par leurs clients est une protection essentielle de la neutralité de l'internet. Les plus grands opérateurs de télécommunications européens affirment que les frais de terminaison d'appel ne violeront pas la neutralité du net, mais ce n'est pas possible.

L'idée est apparue pour la première fois en 2005 lorsque le PDG d'AT&T a déclaré à la presse qu'il n'allait pas laisser Google et Yahoo utiliser ses tuyaux gratuitement. Cette déclaration a déclenché une tempête dans les médias et a incité le Congrès à adopter la première loi sur la neutralité du net. C'est aussi la raison pour laquelle l'ordonnance de 2010 de la FCC sur la neutralité du net a explicitement interdit de telles pratiques, les considérant comme une forme de blocage.

Les débats sur les frais de terminaison sont réapparus en 2012 lorsque les cinq plus grands FAI ont trouvé une faille dans les règles de 2010 et ont commencé à forcer les entreprises en ligne à les payer en refusant de réduire la congestion aux points d'interconnexion où les données pénètrent dans les réseaux des FAI.

Tout site web qui refusait de payer était rendu pratiquement inutilisable. Les FAI cessaient tout simplement d'améliorer les connexions à leur réseau. Pendant des années, des dizaines de millions d'utilisateurs, qui payaient pour leur accès à l'internet, n'ont pas pu utiliser internet de manière fiable pendant les heures de pointe. Le télétravail a été sérieusement perturbé, les vidéos ne passaient pas et les jeux en réseaux étaient bloqués.

La congestion n'a pris fin que lorsque les entreprises ont payé les péages demandés, qui dépassaient de loin le coût de déploiement de la connexion. Les plus grandes plateformes en ligne n'ont pas eu à en souffrir, car elles ont rapidement payé, réalisant ainsi qu'elles consolidaient leurs positions dominantes. Les petites et moyennes entreprises qui n'ont pas voulu payer ou qui n'en avaient pas les moyens ont été éjectées du marché.

Les frais de terminaison réseaux ont également faussé la concurrence entre les FAI. Seuls les FAI les plus importants étaient en mesure de faire payer les FCA, et plus ils avaient de clients plus ils pouvaient exiger une redevance élevée. Les FAI les plus importants disposaient ainsi d'un avantage encore plus important sur leurs plus petits concurrents.

Les demandes de paiement et la congestion n'ont cessé qu'en 2015 lorsque la FCC a interdit de contourner la neutralité du net au point d'interconnexion tout en continuant d'interdire les frais de terminaison. La Californie a adopté les mêmes interdictions pour empêcher le retour des perturbations.

Il serait bienvenu que la Commission européenne comprenne ce qui s'est passé aux États-Unis avant d'imposer des frais de terminaison.

CADRE DE RÉGULATION EUROPÉEN EN MATIÈRE DE NEUTRALITÉ D'INTERNET

- **NOVEMBRE 2015**
Règlement (UE) 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert
- **JUIN 2016**
Adoption des lignes directrices du BEREC pour la mise en œuvre par les régulateurs nationaux du règlement internet ouvert BoR (16) 127
- **JUIN 2020**
Adoption des lignes directrices révisées du BEREC pour la mise en œuvre par les régulateurs nationaux du règlement internet ouvert BoR (20) 112
- **SEPTEMBRE 2020**
Arrêt CJUE Telenor (Affaires jointes C-807/18 et C-39/19)
Première interprétation par la CJUE du règlement européen relatif à la neutralité du net
- **SEPTEMBRE 2021**
3 arrêts de la CJUE Vodafone et Telekom Deutschland (affaire C-854/19, affaire C-5/20 et affaire C-34/20)
Interprétation de la CJUE sur la conformité des pratiques de *zero-rating* par rapport au règlement internet ouvert
- **MARS 2022**
Mise en consultation publique de la nouvelle version des lignes directrices révisées du BEREC
- **JUIN 2022**
Rapport de la consultation publique sur une nouvelle version des lignes directrices révisées du BEREC
- **JUIN 2022**
Adoption d'une nouvelle version des lignes directrices révisées du BEREC pour la mise en œuvre par les régulateurs nationaux du règlement internet ouvert, prenant en compte les arrêts de la Cour de justice de l'Union européenne

Source : Arcep

L'année 2022 a été l'année de revue sur l'application du règlement internet ouvert n° 2015/2120 et sur la mise en œuvre des lignes directrices publiées par le BEREC pour éclairer les autorités de régulation nationales (ARN) dans le suivi de la mise en œuvre du règlement. En effet, le BEREC a rédigé un avis à destination de la Commission européenne qui a été publié en décembre 2022⁹. Il dresse un bilan sur l'application du principe de neutralité du net en Europe.

Dans cet avis, le BEREC dresse un bilan positif des actions menées et considère que la promulgation et la mise en application du règlement internet ouvert en Europe ont contribué de

manière significative à la préservation de l'écosystème de l'internet et au respect des droits des utilisateurs finals. Par ailleurs, les arrêts rendus par la CJUE interprétant le règlement internet ouvert ont permis d'apporter de la clarté et une sécurité juridique supplémentaire. Le BEREC rajoute également que le règlement internet ouvert laisse une marge de manœuvre suffisante pour le développement des nouvelles technologies telles que la 5G. Il conclut que le règlement internet ouvert fonctionne et continue d'être adapté à son objectif et qu'il n'a pas besoin d'être révisé pour les années à venir.

9 BEREC, *Opinion for the evaluation of the application of Regulation (EU) 2015-2120 (BoR (22) 163)*.

La parole à

THIAGO GARRETT

Chercheur postdoctoral - Université d'Oslo en Norvège



LE PRINCIPE DE LA NEUTRALITÉ DU NET À TRAVERS LE MONDE

Le principe de neutralité du net est débattu depuis plus de deux décennies. Au fil des années, la neutralité du net a suscité de l'intérêt dans de nombreux domaines de la société. Par exemple, en économie, on s'est intéressé à la manière dont les réglementations relatives à la neutralité du net pouvaient avoir un impact sur l'économie de l'internet et sur le développement de ses infrastructures. En informatique, chercheurs et ingénieurs se sont intéressés à la manière de mesurer et de détecter une discrimination de trafic sur internet. De plus, les politiques utilisent les différentes opinions, analyses et preuves pour appuyer leur propre vision politique et leur agenda.

L'un des thèmes centraux du débat concerne la question de savoir si la neutralité du net doit être mise en œuvre par le biais de réglementations. Des cadres réglementaires différents peuvent avoir un impact différencié sur le marché des télécommunications. Cependant, nous manquons de données pour comprendre en profondeur les arbitrages inhérents à cette problématique. Toutefois, la neutralité du net a été réglementée selon différentes approches dans le monde.

La plupart des réglementations mises en œuvre dans le monde sont soit strictes et punitives, soit permissives et réactives. Les réglementations les plus strictes sont généralement des lois ou des règles appliquées par des organes de régulation avec un mécanisme de sanction en cas d'infraction. Parmi les exemples de réglementations les plus strictes, on peut citer celles de l'Union européenne et de

plusieurs pays d'Amérique du Sud. Les réglementations plus permissives prennent généralement la forme de lignes directrices qui doivent être suivies par l'industrie. En cas de non-respect de ces lignes directrices, des enquêtes peuvent être conduites sur les cas considérés suspects. Parmi les exemples de réglementation permissive, on peut citer le Japon et la Corée du Sud. Les États-Unis avaient des normes strictes, qui ont finalement été abandonnées en 2017.

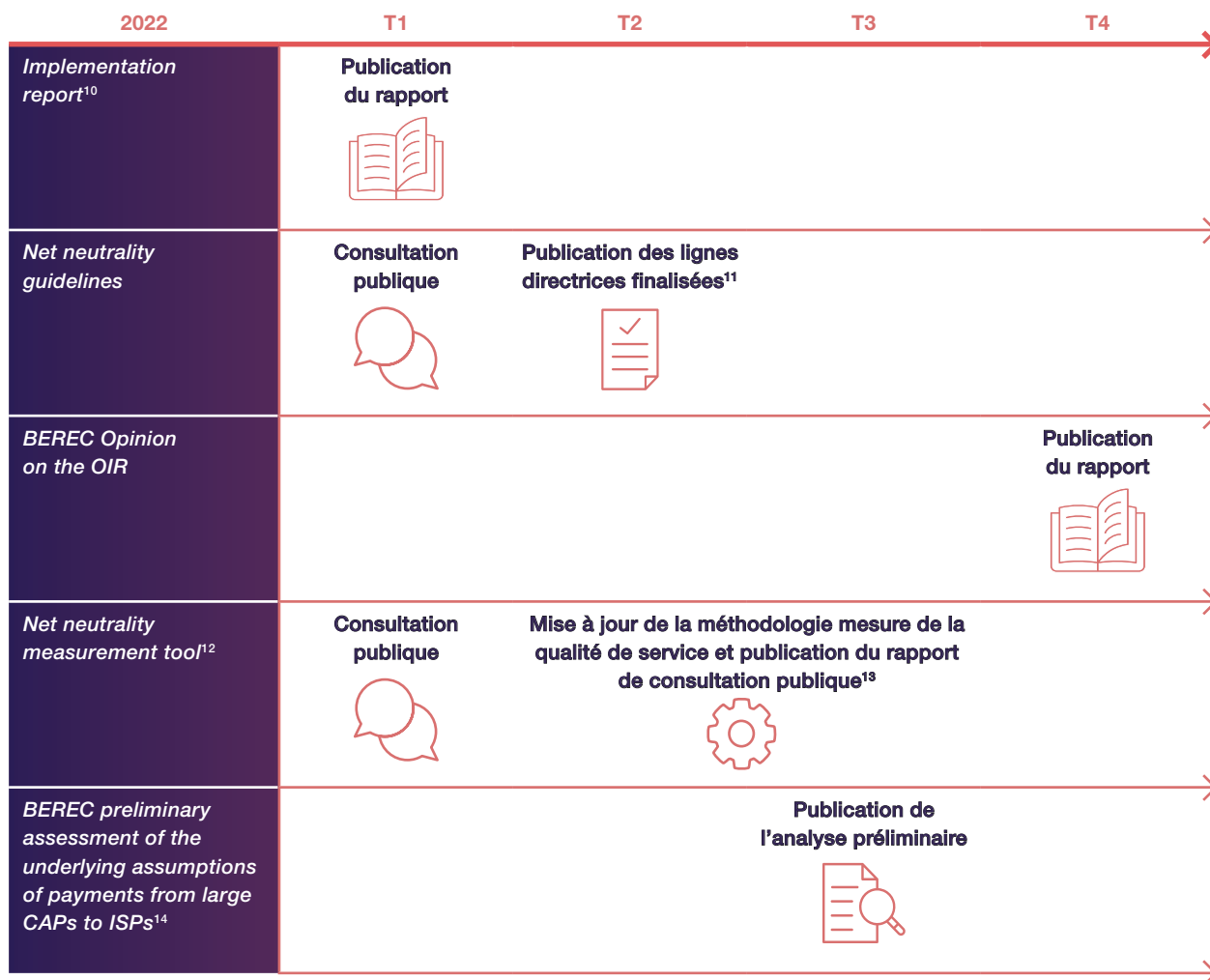
Quel que soit le type de réglementation, la plupart d'entre elles abordent trois sujets principaux : l'autorisation ou non de la discrimination de trafic, les mesures de gestion de trafic et les exigences de transparence imposées aux opérateurs de réseaux. À l'exception des lignes directrices japonaises, toutes les réglementations interdisent explicitement la discrimination de trafic. La plupart exigent de la transparence dans les pratiques de gestion de trafic des opérateurs, tout en définissant les pratiques considérées comme raisonnables.

Bien que la neutralité du net ait été réglementée dans de nombreux pays, le débat est loin d'être terminé. Les nouvelles technologies, les nouveaux modèles commerciaux et le développement des infrastructures de télécommunication conduiront inévitablement à l'obsolescence des réglementations actuelles. Les applications émergentes rendues possibles par l'avènement/développement de la 5G/6G et de l'internet des objets nécessiteront des garanties de qualité de service qui ne pourront être fournies par

le principe du « *best effort* » de l'internet actuel. Le Forum sur la gouvernance d'Internet (IGF) a publié en 2020 un rapport détaillé montrant que la pandémie de Covid-19 a démontré qu'un accès libre et non discriminatoire à l'internet est essentiel. L'Union européenne cherche actuellement à obtenir des contributions pour que les entreprises technologiques participent au financement du déploiement des infrastructures de télécommunications, une pratique déjà courante en Corée du Sud. L'un des arguments est que les entreprises technologiques sont responsables de la majeure partie de la charge de trafic (et donc des coûts) gérée par les opérateurs de réseaux. Néanmoins, faire payer aux entreprises technologiques des frais supplémentaires pour qu'elles puissent fournir du contenu aux consommateurs peut être en contradiction directe avec la neutralité du net.

Alors que l'accès à internet devient un droit fondamental et que le marché des télécommunications évolue, il est important de garder à l'esprit les principes fondamentaux de la neutralité du net : préserver l'innovation et garantir une concurrence équitable sur internet. Le large éventail de réglementations mises en œuvre dans le monde nous donne l'occasion de collecter des données et d'étudier l'impact des différents cadres réglementaires sur le secteur, ce qui permettra, à l'avenir, de prendre des décisions plus éclairées lors de l'élaboration des politiques publiques relatives à l'internet.

CALENDRIER DE TRAVAIL DU BEREK EN MATIÈRE DE NEUTRALITÉ DU NET



¹⁰ BEREC, 2022, *Report on the implementation of the Open Internet Regulation* (BoR (22) 128).

¹¹ BEREC, *Report on the outcome of the public consultation on draft BEREC Guidelines on the Implementation of the Open Internet Regulation* (BoR (20) 111).

¹² BEREC, *Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology* (BoR (22) 72).

¹³ BEREC, *Report on the outcome of the public consultation on the draft Net Neutrality Regulatory Assessment Methodology* (BoR (22) 71).

¹⁴ BEREC, *Preliminary assessment of the underlying assumptions of payments from large CAPs to ISPs* (BoR (22) 137).

La parole à



FRANCESCA MUSIANI

*Centre Internet et Société (UPR 2000 et GDR 2091),
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS),
Chargée de recherche HDR, directrice adjointe
du Centre Internet et Société (CIS)*

LE PROJET « *SENDING-PARTY-NETWORK-PAYS* » : UNE NOUVELLE POMME DE DISCORDE POUR LA NEUTRALITÉ DU NET EN EUROPE

Qui doit payer (pour) les réseaux numériques ? Cette question génère depuis longtemps des controverses acérées, notamment par rapport à la neutralité d'internet¹. Alors que, en Europe au moins, le règlement sur l'internet ouvert de 2015 semblait avoir mis un point ferme à au moins certains de ces débats, la « taxe d'infrastructure » (ou modèle « *Sending-Party-Network-Pays* »), annoncée en 2022 par la Commission européenne, a fait à nouveau basculer les cartes. Nombre de voix de praticiens² et de chercheurs³ mettent en garde l'Europe par rapport à une telle mesure, pour plusieurs raisons.

Cette mesure porterait atteinte aux règles de neutralité du net inscrites dans le règlement sur l'internet ouvert⁴, qui exige des fournisseurs de haut débit qu'ils traitent les données de manière non discriminatoire. Faire payer certains fournisseurs de contenu pour l'accès au réseau, mais pas d'autres, pourrait nuire à l'agenda numérique de l'Europe au lieu de promouvoir son engagement en faveur de l'ouverture. De plus, les propositions

visant à facturer aux fournisseurs de contenu l'accès pour les abonnés haut débit ne sont pas nouvelles (voir par exemple la controverse à la conférence UIT de 2012⁵), et ont toujours été rejetées comme préjudiciables.

Les idées derrière cette proposition représentent une incompréhension de la structure d'internet. Cette proposition est basée sur l'hypothèse selon laquelle les fournisseurs de contenu sont la cause du trafic sur les réseaux haut débit. Or les utilisateurs du haut débit demandent ce trafic et ils paient déjà leurs fournisseurs de haut débit pour le leur fournir. De plus, internet ne se limite pas aux réseaux haut débit qui connectent les utilisateurs au reste d'internet. Les universités, les gouvernements, les multinationales et même la Commission européenne exploitent leurs propres réseaux. Le changement de règle souhaité briserait le marché concurrentiel du transit et du *peering*.

Les fournisseurs de contenu sont également, comme les réseaux haut débit, une partie importante de la chaîne de valeur

d'internet, car leurs services stimulent la demande des Européens en matière d'accès haut débit. Les fournisseurs de haut débit reçoivent des avantages substantiels des démarches de création des contenus que les abonnés au haut débit souhaitent. Les universités, les radiodiffuseurs publics et les gouvernements sont également des fournisseurs de contenu. Tous ces acteurs investissent déjà massivement dans les infrastructures internet.

Enfin, comme l'histoire et la théorie économiques l'ont montré, il est peu probable que la facturation de frais d'accès résolve le problème du déploiement du haut débit. En outre, il existe des obstacles plus importants au déploiement que le manque de financement, tels que les permis et la capacité à construire l'infrastructure de réseau (voir l'exemple de l'Ukraine⁶).

La neutralité du net en Europe serait-elle à nouveau à risque, alors que pour d'autres aspects de la société et de l'économie numérique, l'Europe connaît une dynamique réglementaire positive ?

1 L'auteure a contribué à un ouvrage paru en 2011 sur la neutralité du net, dont plusieurs points sont encore d'actualité. Elle touche aux enjeux présentés dans ce billet dans un podcast vidéo pour le *think tank* Information Labs, enregistré à la fin de 2022.

2 Internet Society, 2023. *In One Corner, Large Telecom Operators. In the Other, Everybody Else* et en France, [ce tweet](#) de l'Association des Services Internet Communautaires (ASIC).

3 Par exemple, [ce communiqué](#) de Konstantinos Komaitis.

4 *Regulation (EU) 2015/2120 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 laying down measures concerning open internet access.*

5 Par exemple, EDRI, 2012. *WCIT: what happened and what it means for the Internet*.

6 Voir [ce rapport](#) d'Emile Aben pour le RIPE.

3. 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, en 2021, 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.

En 2022, l'Arcep a continué 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. L'Arcep a également engagé un dialogue proactif avec les parties prenantes concernant les offres d'accès à internet en milieu hospitalier dans le contexte 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 ».

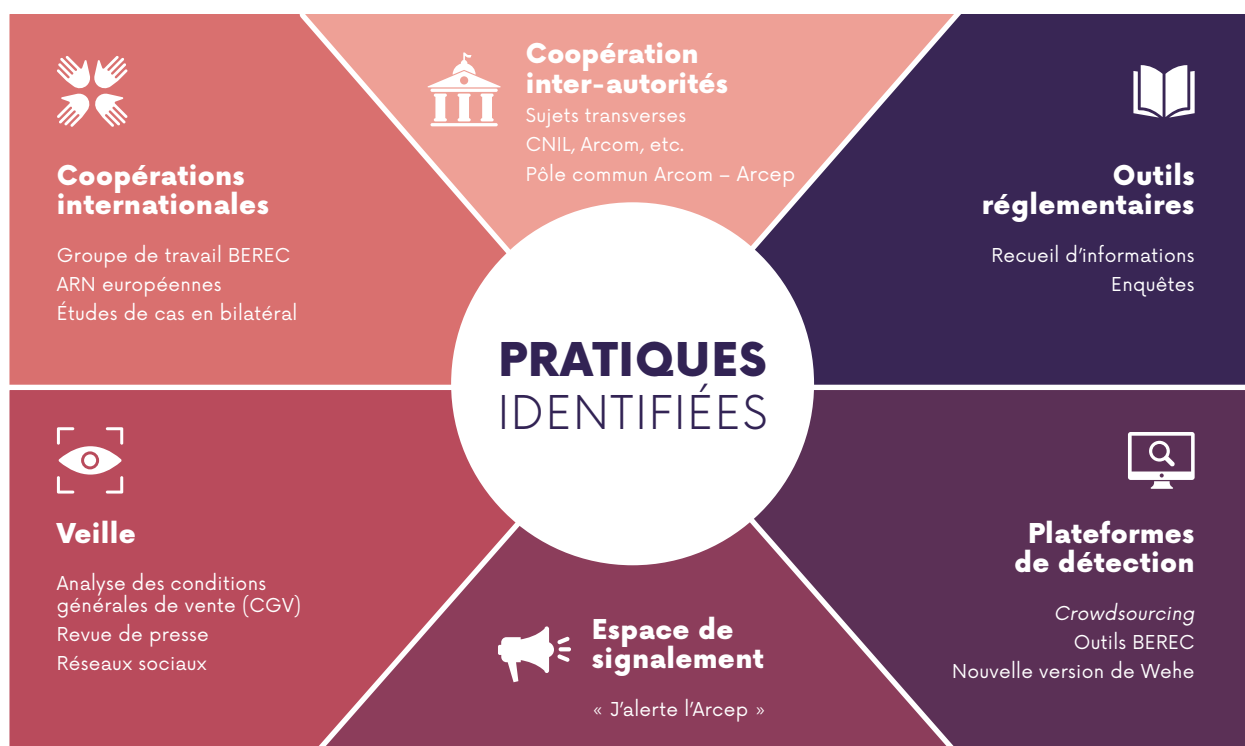
4. UNE BOÎTE À OUTILS EN CONSTANTE ÉVOLUTION

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 quatre 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.

Dans le cadre de la mission de veille de l'Autorité, ses services examinent de manière continue les conditions d'utilisation des offres des fournisseurs d'accès à internet. 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 finals une plateforme de signalement « J'alerte l'Arcep ». En 2022, 263 signalements relatifs à la neutralité du net ont été déposés sur cette plateforme. Les signalements déposés par les utilisateurs finals 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, détaillées dans la section suivante.

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



Source : Arcep

La parole à

STEVE PERRY

Chargé de mission - Ofcom



L'ÉVOLUTION DU CADRE RÉGLEMENTAIRE DE LA NEUTRALITÉ DU NET AU ROYAUME-UNI

À la suite de la sortie du Royaume-Uni de l'Union européenne (UE), le règlement européen sur l'accès à un internet ouvert, qui contient les règles sur la neutralité du net, a été intégré dans le droit national britannique avec seulement quelques changements mineurs, tels que la suppression des références aux lois et institutions de l'UE ou leur remplacement par leurs équivalents nationaux. Par exemple, l'Ofcom, en tant que régulateur britannique, n'est plus tenu de suivre les lignes directrices du BEREC sur l'application du règlement internet ouvert. L'Ofcom est chargé du contrôle et de l'application des règles régissant la neutralité du net, tandis que toute modification de la réglementation relève de la compétence du gouvernement et du parlement britanniques.

En 2021, l'Ofcom a entamé un réexamen de la neutralité du net en raison de l'évolution significative de l'écosystème internet depuis l'introduction du Règlement. Ces développements comprennent l'augmentation des volumes de trafic, dont une grande partie est causée par un petit nombre de fournisseurs de contenu et d'applications (FCA), ainsi que l'impact des nouvelles technologies, telles que la 5G. L'examen se concentre sur la question de savoir si les règles actuelles ont donné de bons résultats et sur ce qui pourrait être clarifié par l'Ofcom.

Pour répondre à ces questions, un large éventail de parties prenantes a été

consulté, notamment les fournisseurs d'accès à l'internet (FAI) soumis aux règles de neutralité du net, ainsi que les fournisseurs de contenu et d'applications qui dépendent des FAI pour acheminer leur trafic vers les consommateurs.

En octobre 2022, l'Ofcom a publié une consultation publique. Cette consultation a proposé que les règles existantes fonctionnent bien et soutiennent le choix des consommateurs tout en permettant aux FCA de fournir leur contenu et leurs services aux consommateurs.

Mais la consultation a proposé qu'une plus grande clarté soit apportée dans plusieurs domaines :

- donner des orientations permettant aux fournisseurs d'accès à internet de proposer des offres de détail de qualité supérieure et préciser quand les FAI peuvent proposer des « services spécialisés » pour fournir des contenus et applications spécifiques qui doivent être optimisés, ce qui pourrait inclure la réalité virtuelle et les véhicules sans conducteur par exemple ;
- mettre à jour des lignes directrices sur la manière dont les fournisseurs de services internet pourraient utiliser des mesures de gestion de trafic ;
- autoriser les offres à tarif nul, tout en détaillant les circonstances dans lesquelles elles pourraient susciter des inquiétudes.

La consultation a également exposé des points d'attention à l'intention du gouvernement britannique et d'autres acteurs :

- actualiser les règles pour donner aux FAI une plus grande flexibilité en ce qui concerne les offres à tarif nul, les mesures de gestion de trafic et les offres de détail ;
- autoriser les FAI à faire payer les FCA pour l'acheminement du trafic, et déterminer si cela pourrait conduire à une utilisation plus efficace des réseaux.

En janvier 2023, l'Ofcom a organisé une conférence sur la neutralité du net avec des intervenants du monde entier. Les discussions ont porté sur la possibilité pour les FAI de proposer des « voies rapides » sur internet, d'avoir plus de flexibilité dans la gestion de leur trafic ainsi que sur le vaste débat de la tarification des réseaux. Ces discussions ont mis en évidence les différents points de vue des principales parties prenantes, en ce qui concerne l'évolution d'internet et l'apport de nouveaux services innovants aux clients finals.

L'Ofcom travaille maintenant à la publication d'une déclaration finale et d'orientations prévue pour la fin de l'année 2023, dans le but de clarifier pour les FAI la flexibilité dont ils disposent lorsqu'ils déploient des réseaux fibre et 5G, tout en garantissant que les consommateurs et les FCA puissent continuer à bénéficier d'un accès à un internet ouvert.

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

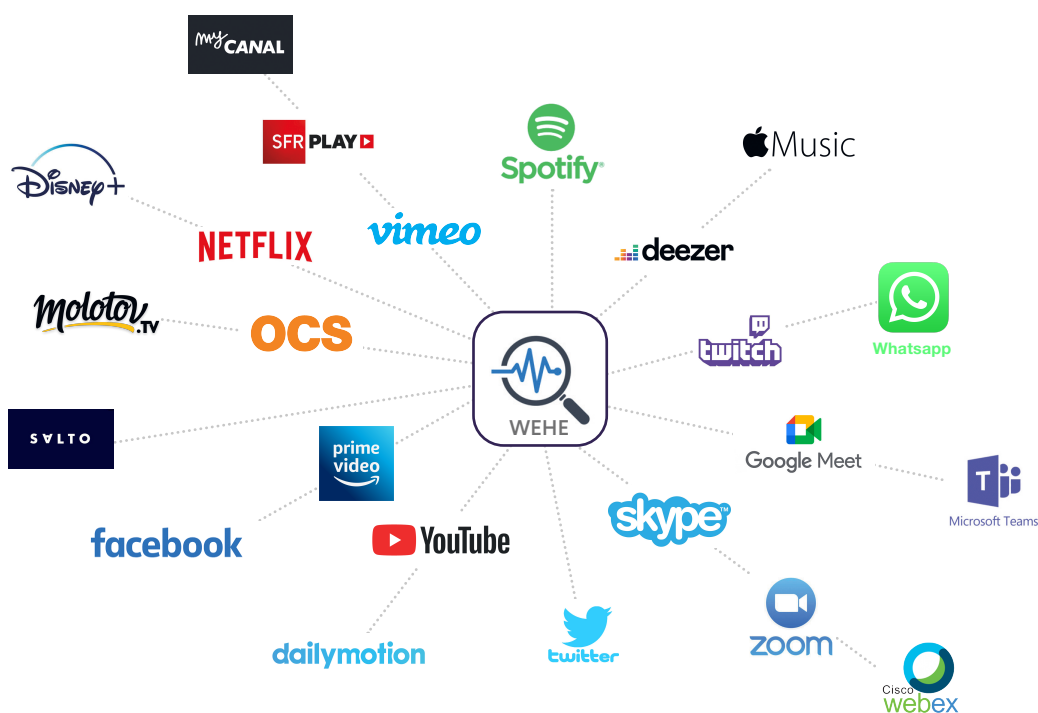
Les travaux relatifs à la neutralité du net menés par les différentes autorités de régulation au sein du BEREC se sont poursuivis en 2022. L'Arcep et ses homologues ont eu de nombreux échanges au sein du BEREC, notamment sur la question des offres à tarif nul, en lien avec les arrêts de la CJUE de septembre 2021 et de la révision des lignes directrices du BEREC en juin 2022, et sur le maintien des offres dans leurs pays respectifs.

En parallèle, l'Arcep a également entretenu une coopération renforcée avec certaines autorités de régulation étrangères 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 mises 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.

DIFFÉRENTS REPLAYS TESTÉS PAR L'APPLICATION WEHE

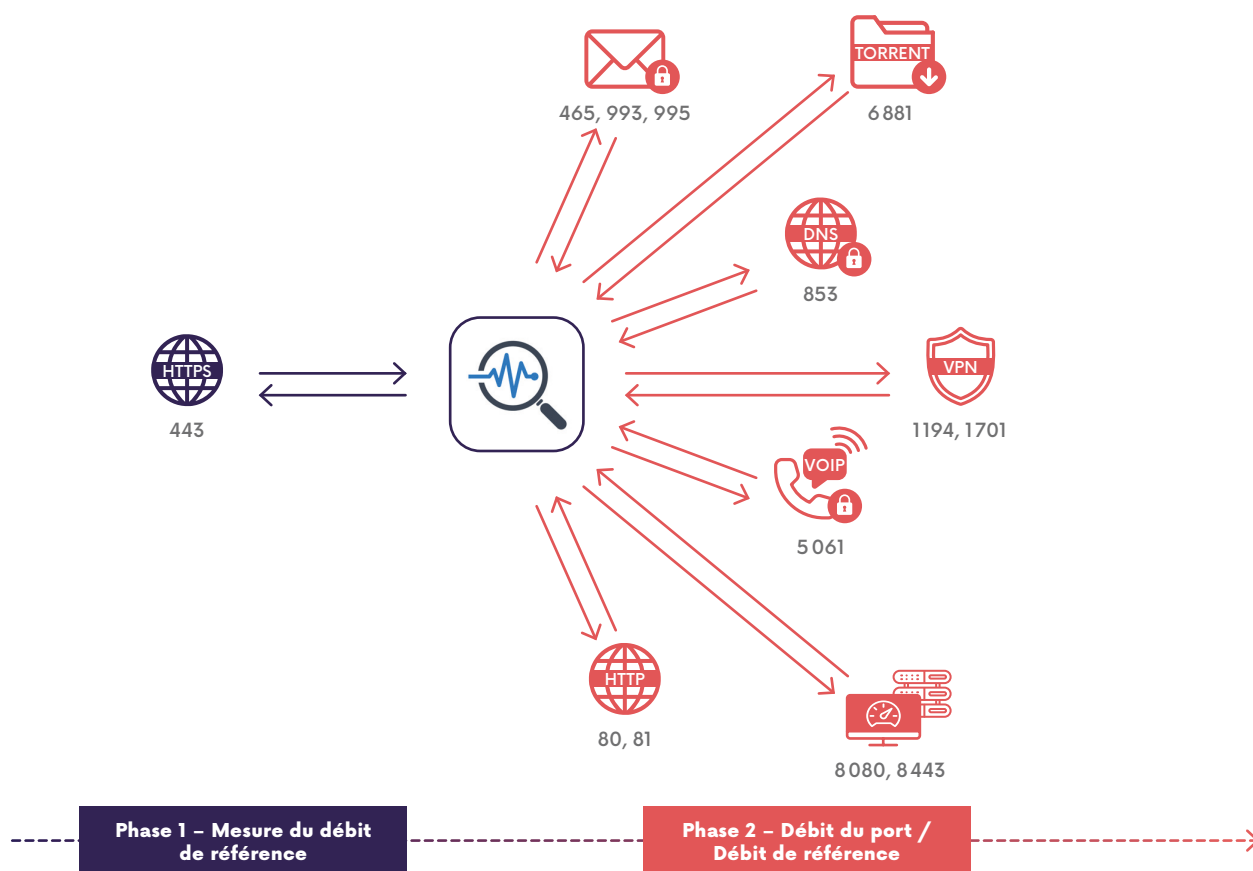


Source : Arcep

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.

FONCTIONNEMENT DU TEST DE PORT



Source : Arcep

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 sur l'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](#).

« 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 l'internet mobile, à l'internet fixe, aux services postaux, et à la distribution de la presse. L'Arcep a dressé [le bilan 2022](#) de son action au profit des consommateurs et de sa plateforme de signalement « J'alerte l'Arcep ». En 2022, plus de 45 000 signalements ont été transmis à l'Arcep. De ces signalements, 40 % concernent un problème lié à 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 permettent à l'Autorité 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 ses actions de régulation.

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](#)).



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 finals.

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 2022, qu'il n'existait pas, *per se* d'incompatibilité entre le règlement internet ouvert et la technologie de *network slicing*.

L'organisation concrète des *slices* définie par les fournisseurs d'accès à 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, 2018, *Opinion for the Evaluation of the application of Regulation (EU) 2015/1220 and the BEREC Net Neutrality Guidelines*.

CHAPITRE 5

Construire une nouvelle régulation des plateformes numériques et des données

À retenir

Le **Digital Markets Act**

entrera en application le 2 mai 2023. L'Arcep poursuit son engagement sur le sujet afin d'assurer sa mise en œuvre efficace.

Le BEREC est membre

du **Groupe de Haut Niveau**

qui assistera la Commission dans l'implémentation du règlement.

L'Arcep a contribué activement aux

travaux du BEREC

sur l'écosystème d'internet et sur l'interopérabilité des services de messagerie instantanée.

1. L'ENTRÉE EN VIGUEUR DU DIGITAL MARKETS ACT ET LE RÔLE DES AUTORITÉS DE RÉGULATION

Les plus grandes plateformes sont désormais un passage obligé des relations économiques et sociales. Elles sont 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, elles s'organisent en écosystèmes fermés au sein desquels les utilisateurs sont souvent maintenus captifs, bridant leur liberté de choix.

1.1. Une régulation *ex ante* et asymétrique

Afin de rendre les marchés numériques ouverts, contestables et équitables, l'Union européenne a adopté un nouveau règlement en 2022 : le **Digital Markets Act (DMA)**.

Ce règlement définit *ex ante* une série d'obligations et d'interdictions que devront respecter les entreprises ou services qualifiés de « **contrôleur d'accès** » (en anglais *gatekeeper*)¹. Il s'agit de plateformes numériques qui constituent un point d'accès majeur entre les entreprises utilisatrices et les consommateurs et qui,

de par leur position, représentent un goulet d'étranglement dans l'économie numérique.

Avec le DMA, les contrôleurs d'accès n'ont, entre autres, plus le droit d'empêcher les utilisateurs de désinstaller les logiciels ou applications préinstallés sur leur terminal. Ils auront également plusieurs obligations d'interopérabilité : ils devront notamment rendre leur service de messagerie instantanée interopérable avec les services des concurrents qui en font la demande, et rendre leur système d'exploitation interopérable avec des boutiques d'applications tierces.

Le DMA est entré en application le 2 mai 2023. Pour une mise en œuvre efficace du règlement, l'Arcep et le BEREC (le groupe européen des régulateurs télécoms) ont souligné de façon constante la nécessité d'impliquer et d'échanger avec l'intégralité des parties prenantes. Depuis décembre 2022, la Commission européenne organise des ateliers techniques afin de recueillir l'avis des parties intéressées sur la conformité des contrôleurs d'accès.

1.2. Les contributions de l'Arcep et du BEREC sur le DMA

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.

¹ Tel que défini aux articles 2 et 3 du *Digital Markets Act*.

Les travaux sur les terminaux et sur les plateformes numériques structurantes menés par l'Arcep et le BEREC depuis 2018^{2,3} avaient à cet égard dressé le constat que certaines grandes plateformes concentraient à elles seules de nombreux services numériques utilisés quotidiennement par les citoyens et les entreprises.

L'Arcep a poursuivi son engagement sur le sujet en 2022 et contribué à renforcer les mesures proposées par le DMA avec comme objectif d'assurer une mise en œuvre efficace et effective du règlement. Elle s'est appuyée pour ce faire sur différents canaux, et notamment au travers de nombreuses publications du BEREC, des interventions à des conférences nationales et internationales, ainsi que la participation à la task-force française et au *think tank* européen CERRE (*Centre on Regulation in Europe*).

1.3. Le rôle du BEREC dans le Groupe de Haut Niveau

Lors de la phase de discussion du projet de règlement DMA, l'Arcep et le BEREC ont souligné la nécessité de créer un groupe d'experts au niveau européen, afin d'assister la Commission européenne dans la mise en œuvre du DMA.

Cette proposition a été reprise dans le texte final du DMA qui instaure un Groupe de Haut Niveau⁴ composé de cinq organes et réseaux européens, dont le BEREC⁵. Ce groupe pourra fournir à la Commission européenne des conseils et des recommandations sur la mise en œuvre ou l'application du règlement. Il pourra également apporter son expertise en faveur d'une approche réglementaire cohérente entre le DMA et les cadres de régulation sectorielle appliqués par les autorités nationales composant les organismes et réseaux européens. Enfin, le Groupe de Haut Niveau peut apporter son expertise à la Commission sur la nécessité de modifier, d'ajouter ou de supprimer des obligations imposées par le DMA.

2. LES CONTRIBUTIONS DE L'ARCEP ET DU BEREC EN TANT QUE « VIGIES DE L'INTERNET »

2.1. Les 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 réalise 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.

2.2. Les contributions de l'Arcep au sein du BEREC

a. L'analyse de l'écosystème de l'internet

Le rapport du BEREC sur l'écosystème de l'internet, publié en décembre 2022 après consultation publique, analyse l'ensemble des éléments de l'internet : les infrastructures de réseaux, mais aussi les systèmes d'exploitation et les services *cloud* notamment. Le rapport identifie les dynamiques concurrentielles, les freins à l'ouverture, les stratégies des acteurs et les goulets d'étranglement potentiels, même au-delà des services qui sont actuellement visés par le DMA.

Le rapport souligne que les principales plateformes numériques ont atteint une position leur permettant de façonner et de restreindre à la fois les dynamiques concurrentielles sur différents éléments de l'internet, et la capacité des utilisateurs à accéder et partager des contenus, des services et de l'information librement.

b. L'interopérabilité des messageries instantanées

Le DMA oblige les contrôleurs d'accès fournissant des services de messagerie instantanée⁶ à les rendre interopérables⁷. Par ailleurs, le Code européen des communications électroniques (CECE) prévoit également des mesures d'interopérabilité afin d'assurer la connectivité de bout en bout⁸.

Le BEREC a soumis en décembre 2022 à consultation publique un projet de rapport sur le sujet qui analyse les objectifs et les conditions d'application des obligations d'interopérabilité en vertu du DMA et du CECE, les approches techniques et les défis de leur mise en œuvre, ainsi que l'articulation entre ces deux cadres réglementaires. Le rapport final sera publié en juin 2023.

Au sein du Groupe de Haut Niveau du DMA, le BEREC jouera un rôle important dans l'application des obligations d'interopérabilité. Il assistera notamment la Commission dans l'évaluation de l'offre de référence proposée par les contrôleurs d'accès.

Par ailleurs, l'Arcep continuera de contribuer activement à la mise en œuvre de ces obligations. Elle co-présidera le groupe d'experts du BEREC responsable de ces travaux, et a représenté le BEREC lors de l'atelier technique organisé par la Commission sur le sujet⁹.

2 Arcep, 2018. *Les terminaux, maillons faibles de l'internet ouvert. Rapport sur leurs limites et sur les actions à envisager*.

Arcep, 2019. *Plateformes numériques structurantes. Éléments de réflexion relatifs à leur caractérisation*.

3 BEREC, 2021. *Report on the ex ante regulation of digital gatekeepers*.

BEREC, 2018. *Report on the impact of premium content on ECS markets and the effect of devices on the open use of the Internet*.

4 Article 40 du DMA.

5 Ainsi que le Contrôleur européen de la protection des données et le Comité européen de la protection des données, le Réseau européen de la concurrence, le Réseau de coopération en matière de protection des consommateurs et le Groupe des régulateurs européens pour les services de médias audiovisuels.

6 Et plus largement, les services de communications interpersonnelles non fondés sur la numérotation.

7 Article 7 du DMA.

8 Article 61(2) du CECE.

9 Commission européenne, 2023. *DMA Workshop - The DMA and interoperability between messaging services*.

c. Les contributions de l'Arcep au débat public

Les réflexions autour de la régulation des contrôleurs d'accès, et du numérique en général, se sont aussi faites au sein du CERRE. L'Arcep a contribué aux travaux et aux événements portant sur la mise en œuvre du DMA¹⁰.

3. PERSPECTIVES ET NOUVEAUX TRAVAUX EN 2023

3.1. Le *Data Governance Act* et le *Data Act* : favoriser l'innovation, l'émergence de nouveaux acteurs et le développement économique en favorisant les échanges de données

La stratégie européenne pour les données, annoncée par la Commission européenne en 2020, vise à favoriser l'émergence d'une économie fondée sur les données via l'amélioration de l'accès à celles-ci et la capacité de l'écosystème à les utiliser. En 2022, cette stratégie a connu des avancées majeures : l'adoption du **règlement sur la gouvernance des données (*Data Governance Act*, DGA)** et le lancement des travaux législatifs concernant le **règlement sur les données (*Data Act*, DA)**.

Le DGA vient renforcer l'ouverture des données publiques et faciliter le partage des données entre différents secteurs tout en garantissant la confiance dans ces échanges. Le texte crée, en particulier, un cadre légal pour les prestataires de services d'intermédiation de données. Adopté le 30 mai 2022, ce règlement entrera en vigueur le 24 septembre 2023.

Le DA, encore en cours d'examen au Parlement européen et au Conseil de l'UE, projette, quant à lui, d'accroître la fluidité des données en Europe dans deux domaines : d'une part, il permet aux utilisateurs d'objets connectés d'accéder aux données qu'ils contribuent à générer et leur confère le droit de les partager avec des tiers. D'autre part, ce projet de règlement met en place la portabilité et l'interopérabilité des services *cloud*. Le BEREC a émis plusieurs recommandations¹¹ sur le projet de règlement pour en renforcer l'efficacité, notamment en proposant d'inclure explicitement les assistants virtuels dans le périmètre du règlement, d'améliorer le mécanisme de règlement de différends, ou de renforcer l'indépendance des organismes qui auront à en assurer la mise en œuvre.

Ces deux nouveaux textes poursuivent l'objectif de favoriser l'émergence de nouveaux services fondés sur une disponibilité accrue de la donnée massive, et de dynamiser la concurrence au sein de l'écosystème de l'internet. À ce titre, l'application de ces textes suscite l'intérêt tout particulier de l'Arcep. Ces textes font en effet appel à des compétences en matière de régulation économique et technique très proches de celles exercées par l'Arcep : l'animation d'un marché, la vérification du respect de dispositions concernant des accès équitables ou transparents, la régulation tarifaire des conditions de partage entre acteurs, la conception et l'application de normes techniques en faveur de l'interopérabilité...

Par ailleurs, l'Arcep s'est déjà intéressée à certains marchés visés par ces textes, via par exemple les travaux du BEREC au sujet de l'économie de la donnée ou bien du marché du *cloud*.

3.2. La place des plus grands fournisseurs de contenus et applications dans les marchés télécoms

En 2023 l'Arcep contribuera aux travaux du BEREC sur l'entrée des grandes plateformes numériques dans les marchés des services et réseaux de communications électroniques. Ce rapport vise à identifier les éléments de l'internet dans lesquels les grandes plateformes investissent, ainsi qu'à analyser leurs stratégies pour remonter la chaîne de valeur et leurs relations (concurrence et/ou coopération) avec les opérateurs télécoms.

3.3. Veille et analyse des évolutions des marchés numériques

L'Arcep et le BEREC continueront à contribuer à l'expertise nécessaire à l'application efficace du DMA, notamment via le Groupe de Haut Niveau.

Ce règlement ne pourra probablement pas répondre à l'ensemble des enjeux qui se présentent sur les différents maillons de l'internet. Ces enjeux sont en effet multiples et de nature différente. De plus les acteurs sont susceptibles de s'adapter de manière stratégique aux nouvelles législations. Il demeure donc important que l'Arcep et le BEREC poursuivent leurs travaux sur le sujet.

10 L'Arcep est intervenue à l'événement organisé par le CERRE le 11 janvier 2023 « *How to Implement the DMA?* ».

11 BEREC, 2022. *BEREC recommends strengthening independence of enforcing bodies in Data Act*.

La parole à

MICHIEL VAN DIJK

Inspecteur Principal - Autorité néerlandaise des consommateurs et des marchés (ACM)



ACM S'IMPLIQUE DANS LA MISE EN ŒUVRE DES NOUVELLES RÈGLES RELATIVES À L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE ET AU PARTAGE DE DONNÉES

L'Autorité néerlandaise des consommateurs et des marchés (ACM) est en charge de la concurrence, de la protection des consommateurs et de la régulation pour des secteurs tels que les télécommunications, les transports et l'énergie. Depuis 2014, l'économie numérique fait partie de l'agenda stratégique d'ACM. Plus précisément, l'autorité vise à promouvoir une économie numérique ouverte et équitable. En cohérence avec cet objectif, ACM s'engage à atteindre une connectivité de bout en bout significative et abordable en Europe, notamment via le BEREC. Le déploiement de réseaux gigabit, fournissant des accès internet au juste prix, ou l'application du règlement « internet ouvert », ou encore la veille réglementaire sur la directive P2B, font partie des tâches actuelles de cet agenda.

Récemment, une partie de notre travail a également consisté à contribuer aux réglementations européennes sur l'économie numérique. Le DMA, le DSA et le DGA sont désormais en cours de mise en œuvre au niveau national tandis que les négociations sur le *Data Act* avancent. En tant qu'autorité de la concurrence et de la

protection des consommateurs ayant une connaissance de la réglementation des télécoms, et avec une expertise croissante sur certains marchés de plateformes, il est logique d'être impliqué dans la mise en œuvre du DMA et du DSA.

Qu'en est-il du DGA et du *Data Act* ? Sur le fond, le DGA souhaite créer un système harmonisé (et régulé) de réutilisation des données accessibles au public. Le *Data Act* va plus loin et cherche à réguler le partage de données lui-même. Deux points à retenir :

- Le chapitre II du *Data Act* accorde à l'utilisateur d'un produit connecté ou d'un service associé le droit d'accéder aux données générées par l'utilisation de celui-ci. L'utilisateur a également le droit de partager ces données avec un tiers. Cela permet aux utilisateurs de choisir les services de (ré)utilisation des données qui correspondent à leurs préférences.
- Le chapitre VI vise, entre autres, à résoudre les problèmes qui entravent ou même bloquent la migration entre les services de traitement de données, tels que les services *cloud*. À titre d'exemple,

les frais de résiliation de ces services seraient supprimés, de sorte qu'il n'y ait plus de charges supplémentaires sur le transfert de données d'un fournisseur de traitement de données à un autre.

Ces deux règlements pourraient devenir les pierres angulaires de la régulation économique du partage de données en Europe de demain, où l'utilisateur d'un service déterminera ce qu'il advient de ses données. Cela ouvre des opportunités d'innovation et de création d'entreprises fondées sur des services nouveaux ou améliorés, qui s'appuient sur l'infrastructure que constituent les grandes plateformes de données. Cette ambition s'inscrit parfaitement dans le programme stratégique d'ACM. En combinant des éléments de concurrence, de protection des consommateurs et de régulation des télécommunications, ce cadre cherche à créer un marché ouvert offrant tout son espace à l'innovation. En ce sens, il s'apparente aux règles existantes sur la neutralité du net qui visent à garantir le fonctionnement continu de l'écosystème d'internet en garantissant l'ouverture des services d'accès internet.

La parole à

AMANDINE LE PAPE

Co-fondatrice - **Fondation Matrix.org**

MATTHEW HODGSON

Co-fondateur, Project Lead - **Fondation Matrix.org**



DIGITAL MARKETS ACT : UN PAS DE GÉANT OU UN PETIT SAUT EN AVANT ? DES MOIS DÉCISIFS S'ANNONCENT

Nous avons créé Matrix en 2014 en tant que standard ouvert pour les communications en temps réel, en réaction à la fragmentation des offres sur le marché des communications numériques, en particulier celles de messagerie et d'appel voix et vidéo sur IP. La question qui nous taraudait était de savoir pourquoi, en tant qu'utilisateurs, nous pouvions choisir notre fournisseur de confiance pour héberger nos mails indépendamment de l'interface que nous utiliserions pour y accéder, mais devions installer une nouvelle application, créer un nouveau compte et faire aveuglément confiance à un nouveau fournisseur à chaque fois que l'un de nos contacts décide d'utiliser une autre plateforme pour nous parler ? En effet, ayant créé mon compte mail chez Gmail je peux aussi bien utiliser Apple Mail, Outlook ou l'interface Gmail *via* un client web pour y accéder. Toutefois, je n'ai pas d'autre choix que d'installer WhatsApp si

je veux contacter la majorité des gens. Ayant nous-mêmes adopté une approche technique pour attaquer le problème, nous avons reçu avec enthousiasme l'idée de l'Europe de forcer une ouverture des marchés par voie légale avec le *Digital Markets Act* (DMA).

Cependant, les mois qui arrivent vont être décisifs pour déterminer si le DMA sera une révolution des droits des utilisateurs et l'avènement d'une nouvelle ère, ou une fonctionnalité obscure. La Commission européenne va devoir surmonter plusieurs défis lors de cette phase d'implémentation pour que le DMA ait l'impact espéré. Le premier va être technique : les "*gatekeepers*" vont se retrouver face à plusieurs options pour implémenter cette ouverture vers des réseaux externes et toutes n'offriront pas la même facilité d'implémentation pour les acteurs demandant l'interopérabilité, ni le même « effet réseau ». De

la simple ouverture de leurs interfaces à l'implémentation d'un standard ouvert et partagé par les autres *gatekeepers*, l'éventail de solutions à la portée de ces contrôleurs d'accès est assez large.

Le second défi va être celui de l'expérience utilisateur : cette nouvelle fonctionnalité d'interopérabilité sera-t-elle disponible par défaut et (autant que possible) transparente, ou l'utilisateur devra-t-il contourner plusieurs niveaux de configuration et d'autorisation pour y arriver ?

Quel que soit le résultat, de notre point de vue, le DMA a brisé un tabou et c'est le devoir de notre industrie de se saisir de cette opportunité pour s'assurer que les utilisateurs retrouvent un certain pouvoir de contrôle sur leurs communications, et que les acteurs puissent enfin s'affronter sur leur valeur ajoutée plutôt que sur la taille de leur base d'utilisateurs.

PARTIE 3

Agir face aux défis environnementaux du numérique

Chapitre 6

Encourager un numérique soutenable

CHAPITRE 6

Encourager un numérique soutenable

À retenir

En avril 2022, l'Arcep a publié la première édition de son **enquête annuelle** « Pour un numérique soutenable ».

L'Arcep collabore activement avec **l'Arcom et l'ADEME** sur différents flux pour réduire l'empreinte environnementale du numérique.

L'Arcep co-pilote le **groupe Sustainability** du BEREC qui publie son premier rapport sur l'empreinte environnementale du numérique en 2022.

1. LA DÉMARCHE « POUR UN NUMÉRIQUE SOUTENABLE »

Dès 2019, dans le cadre de son chantier prospectif « Réseaux du futur », l'Arcep a fait le choix de travailler sur l'empreinte carbone du numérique, en auditionnant des experts de la société civile, des industriels ainsi que des acteurs publics, et en publiant une première note. L'année suivante, l'Arcep a souhaité ouvrir, avec l'enjeu environnemental, **un nouveau chapitre de la régulation**.

La démarche « Pour un numérique soutenable » initiée à cette époque, invite associations, institutions, opérateurs, entreprises du numérique et personnalités intéressées à contribuer à ses réflexions et travaux sur la réduction de l'empreinte environnementale du numérique. Cette démarche collaborative et de nombreux échanges ont permis la publication d'un premier rapport en décembre 2020, formulant 11 propositions pour conjuguer développement des usages et réduction de l'empreinte environnementale du numérique. En 2021, la feuille de route du Gouvernement « Numérique et environnement » ainsi que différents textes législatifs adoptés au cours de l'année ont élargi les compétences de l'Arcep. En 2022, la question du numérique soutenable a été intégrée dans l'action quotidienne de l'Autorité à travers plusieurs travaux.

Depuis le début de la démarche, l'Arcep organise en continu des échanges sur différents sujets relatifs aux enjeux environnementaux avec des formats variés : consultations publiques, réunions bilatérales et multilatérales, ateliers, interventions à l'occasion d'événements, et partenariats divers.

Par ailleurs, l'Autorité a participé tout au long de l'année à plusieurs événements pour échanger sur ses travaux et sa vision d'un numérique soutenable.

2. MESURER FINEMENT L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DES ACTEURS DU NUMÉRIQUE

2.1. L'enquête annuelle « Pour un numérique soutenable »

En 2021, le Parlement s'est saisi de l'enjeu de l'empreinte environnementale du numérique et plusieurs textes législatifs adoptés ont conféré à l'Arcep de nouveaux pouvoirs et missions sur l'empreinte environnementale du numérique¹. En particulier, la loi visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep, dite « Collecte » ou « REEN2 »² adoptée le 23 décembre 2021, permet à l'Arcep d'étendre sa collecte de données, entamée dès 2020 auprès des quatre principaux opérateurs de communications électroniques, à un périmètre élargi d'acteurs du numérique (opérateurs de centres de données, fournisseurs de systèmes d'exploitation, fournisseurs de services de communication au public en ligne, fabricants de terminaux et équipementiers de réseaux).

¹ Loi n° 2021-1104 en date du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite « loi Climat et Résilience ». Loi n° 2021-1485 en date du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France, dite « loi REEN ».

² Loi n° 2021-1755 en date du 23 décembre 2021 visant à renforcer la régulation environnementale du numérique par l'Arcep.

Les collectes de données sont indispensables pour fournir une observation fine de l'empreinte environnementale des acteurs du numérique : aujourd'hui, il existe un déficit d'information quantitative, et des difficultés liées à l'hétérogénéité des méthodologies ou à l'indisponibilité de certaines données. L'objectif est d'assurer l'évaluation, le suivi et le pilotage de cette empreinte.

L'enquête annuelle « Pour un numérique soutenable » de l'Arcep vise à assurer l'information de l'ensemble des acteurs du secteur et des pouvoirs publics afin de :

- permettre la mise en œuvre **par les pouvoirs publics de politiques adaptées** ;
- **inciter les acteurs économiques** à des comportements plus vertueux ;
- **sensibiliser les consommateurs** sur l'empreinte environnementale de leurs équipements et de leurs usages numériques.

En avril 2022, l'Arcep a publié la première édition de l'enquête annuelle présentant des premiers indicateurs, collectés auprès des quatre principaux opérateurs télécoms, sur les émissions de gaz à effet de serre, la consommation énergétique des réseaux, les ventes de terminaux mobiles ainsi que les volumes de téléphones portables collectés par les opérateurs pour reconditionnement ou recyclage.

La collecte de données sur ce même périmètre s'est poursuivie en 2022 et a donné lieu à la deuxième édition de l'enquête annuelle « Pour un numérique soutenable » en avril 2023 enrichie de nouveaux indicateurs.

Le 28 juillet 2022, l'Arcep a mis en consultation publique, après de nombreux échanges avec les acteurs économiques, associatifs, experts et *think tanks*, un projet de décision relatif à la collecte de données environnementales auprès des fabricants de terminaux (téléviseurs, ordinateurs portables, écrans d'ordinateurs, tablettes et téléphones portables) et opérateurs de centres de données. L'Autorité a proposé également, en concertation avec les quatre principaux opérateurs de communications électroniques, un nouveau protocole de mesure de la consommation électrique des box au-delà des données qu'elle collecte déjà annuellement auprès de ces acteurs.

L'Arcep a publié le 21 décembre 2022 la décision de collecte précisant les données attendues de la part des acteurs. Les résultats de cette collecte de données élargie seront rendus publics dans la troisième édition de l'enquête annuelle « Pour un numérique soutenable », prévue fin 2023.

L'enquête annuelle a vocation à être enrichie en interrogeant progressivement de nouveaux acteurs du numérique et en élargissant son périmètre à de nouveaux indicateurs. Cette démarche itérative et de long terme permettra d'identifier de nouveaux indicateurs nécessaires à une meilleure compréhension de l'impact environnemental du numérique.

2.2. L'étude ADEME - Arcep sur l'empreinte environnementale du numérique, en approche par analyse de cycle de vie

En août 2020, le ministère de la Transition écologique et le ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance ont confié à l'ADEME et à l'Arcep une mission commune, visant à mesurer l'empreinte environnementale du numérique en France et à identifier des leviers d'action et des bonnes pratiques pour la réduire.

Les deux premiers volets de l'étude ADEME-Arcep, qui ont été publiés en janvier 2022, portent sur la méthodologie et la mesure de l'empreinte environnementale du numérique en France en 2020. L'étude procède à une évaluation rigoureuse et transparente de l'empreinte environnementale actuelle du numérique supportée par une revue critique selon les normes et standards en vigueur sur l'évaluation environnementale.

Elle tient compte des différentes étapes du cycle de vie des équipements (fabrication, distribution, utilisation, fin de vie, autrement dit depuis l'extraction des ressources naturelles souvent peu accessibles jusqu'à la production des déchets, en passant par la consommation d'énergie en phase d'usage).

Cette étude couvre l'ensemble des infrastructures et équipements utilisés en France relatifs aux services numériques. Sont aussi pris en considération l'ensemble des impacts environnementaux au-delà des frontières tels que la fabrication des équipements à l'étranger. La partie liée au développement et à la maintenance logiciels n'est pas couverte par cette étude. Sont donc exclus les impacts liés aux ressources humaines (transport, chauffage, nourriture...) pour assurer ces activités, mais aussi l'influence du code sur la consommation de ressources matérielles et énergétiques.

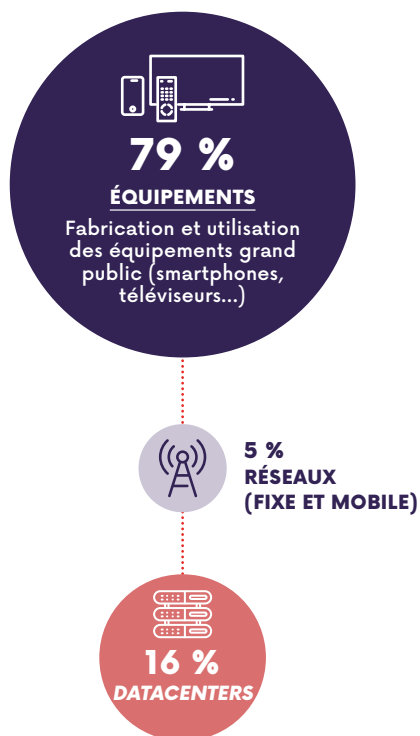
Les équipements et infrastructures informatiques situés à l'étranger sont donc exclus, quand bien même associés à des usages français. Cette approche est une des limites de l'étude, car certaines utilisations des services numériques font appel à des infrastructures (centre de données) situées hors du territoire national ; de même certains centres de données situés en France sont sollicités pour des usages hors France mais leur impact environnemental est inclus dans les résultats de l'étude.

Les principaux enseignements de l'étude sont les suivants :

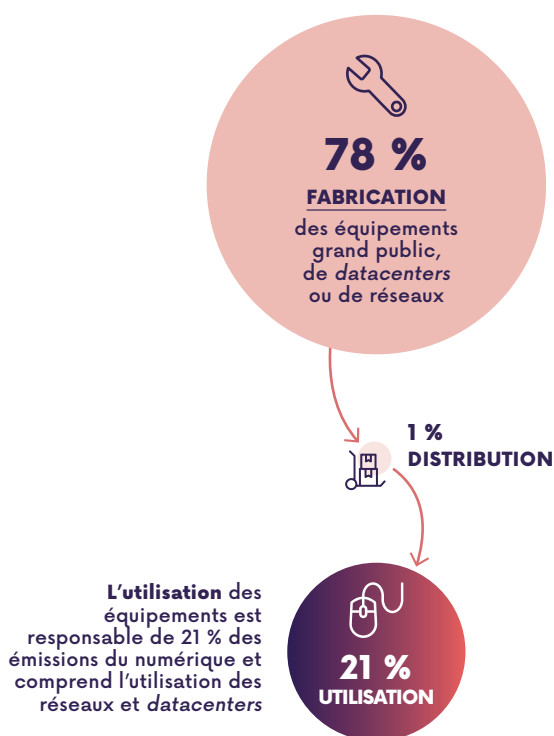
- **Les terminaux (et en particulier les écrans et téléviseurs) sont à l'origine de 65 à 90 % de l'impact environnemental**, selon le type de facteur étudié (émissions carbone, consommation de minéraux et métaux...).
- À côté de l'empreinte carbone, **l'épuisement des ressources abiotiques fossiles et naturelles (minéraux et métaux)** représente des impacts importants.
- De toutes les étapes du cycle de vie des biens et services considérées, **la phase de fabrication est la principale source d'impact**, suivie de la phase d'utilisation, concentrant souvent à elles deux jusqu'à 100 % de l'impact environnemental, selon l'indicateur considéré.

L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE DÉPEND ESSENTIELLEMENT DES ÉQUIPEMENTS ET DE LEUR FABRICATION

Répartition de l'empreinte carbone du numérique en 2020 par composantes du numérique (%)



Répartition de l'empreinte carbone du numérique en 2020 par phase du cycle de vie (%)

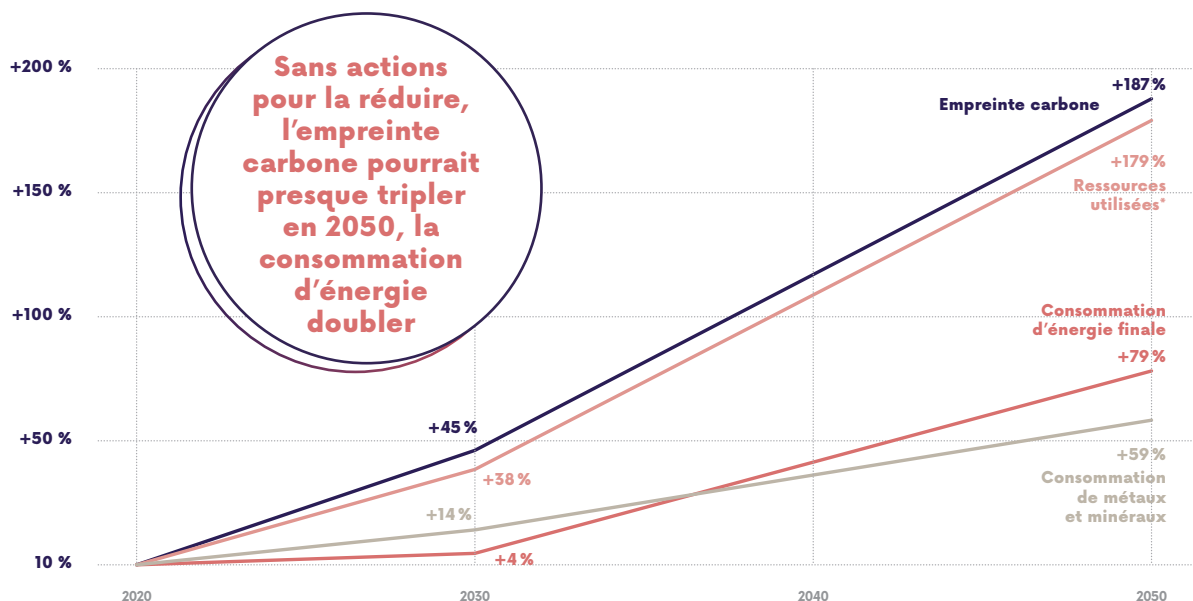


Source : dossier de presse de l'étude ADEME-Arcep

Le troisième et dernier volet de l'étude porte sur l'évaluation prospective de l'impact environnemental du numérique en France à horizon 2030 et 2050. Ce troisième volet a été remis au Gouvernement le 6 mars 2023.

Il en ressort qu'à horizon 2030, si rien n'est fait pour réduire l'empreinte environnementale du numérique et que les usages continuent de progresser au rythme actuel, l'empreinte carbone du numérique en France augmenterait d'environ 45 % par rapport à 2020. Ce volet confirme également les enjeux sur les métaux et minéraux dont la consommation pourrait progresser de 58 % en 2050 par rapport à 2020, ainsi que sur la consommation électrique qui pourrait quasiment doubler en 2050 par rapport à 2020.

ÉVOLUTION DU SCÉNARIO TENDANCIEL DE 4 INDICATEURS DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE (SUR TOUT LE CYCLE DE VIE)



* Définition MIPS prenant en compte les matériaux utilisés, la biomasse, les déplacements de terre mécaniques ou par érosion, l'eau, et l'air.

ÉVOLUTION DE 4 INDICATEURS DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE DANS LE SCÉNARIO TENDANCIEL, EN VALEURS ABSOLUES

Des indicateurs issus d'une méthode normalisée d'analyse de cycle de vie qui comporte des définitions précises

EMPREINTE CARBONE

En millions de tonnes de CO₂ éq.



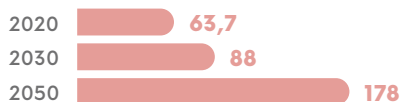
CONSOMMATION D'ÉNERGIE

En TWh



RESSOURCES UTILISÉES

En millions de tonnes



CONSOMMATION DE MÉTAUX ET MINÉRAUX

En tonnes Sb éq.



EMPREINTE CARBONE : émissions de gaz à effets de serre exprimées en équivalent CO₂.

RESSOURCES UTILISÉES : indicateur MIPS qui considère cinq types de ressources, comprenant les ressources abiotiques (matériaux, énergie fossile...), la biomasse, les déplacements de terre mécaniques ou par érosion, l'eau, et l'air. Il donne une idée de l'effort effectué pour produire nos biens et services.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE : désigne l'énergie directement utilisée par l'utilisateur final, sous forme d'électricité ou de carburant.

CONSOMMATION DE MÉTAUX ET MINÉRAUX : cet indicateur évalue la quantité de ressources minérales et métalliques extraites de la nature en équivalent antimoine (un élément chimique dont on retrouve le symbole Sb dans le tableau périodique des éléments). C'est un standard des analyses de cycle de vie qui permet de mesurer l'épuisement des ressources naturelles.

Source : dossier de presse de l'étude ADEME-Arcep

Cette étude identifie plusieurs leviers d'action pour réduire l'impact environnemental du numérique dès 2030. L'un d'eux est de **promouvoir la « sobriété numérique »**, qui commence par une interrogation sur l'ampleur du développement de nouveaux produits ou services numériques et une réduction ou stabilisation du nombre d'équipements. **L'allongement de la durée de vie des terminaux**, en développant davantage le reconditionnement et la réparation des équipements, est un axe majeur de travail, tout comme **la sensibilisation des consommateurs à ces enjeux**.

De la même manière, afin d'améliorer notamment l'efficacité énergétique, **l'écoconception** doit être systématisée : pour les terminaux, mais aussi pour l'ensemble des équipements (infrastructures de réseaux et centres de données), ainsi que dans le cadre des modalités de déploiement des réseaux et services numériques. La mise en œuvre de l'ensemble de ces leviers permettrait de réduire l'empreinte environnementale du numérique d'ici à 2030 : jusqu'à -16 % pour l'empreinte carbone par rapport à 2020.

L'étude confirme également la complexité de l'exercice et identifie les obstacles les plus structurants à lever afin d'améliorer la quantification de ces impacts, notamment la nécessité d'accéder à davantage de données fiables pour affiner la modélisation des différentes composantes du numérique.

2.3. Le comité d'experts sur la mesure de l'impact environnemental et une étude évaluant les impacts énergétiques de l'introduction de la 5G en bande 3,5 GHz

Piloté par l'Arcep et l'ADEME, **le comité d'experts technique sur la mesure** vise à favoriser les échanges entre les acteurs du numérique et les acteurs de l'environnement et une compréhension mutuelle de l'impact environnemental du numérique.

Présidé par Catherine Mancini, de la société Nokia, le comité regroupe des experts de l'industrie du numérique (opérateurs de réseaux et de centres de données, fournisseurs d'équipements, fournisseurs de services et de contenu), des chercheurs académiques et des *think tanks* environnementaux. Au sein de ce comité, les experts visent à apporter un éclairage technique et proposent des recommandations sur des sujets ou thématiques liés à la mesure et l'évaluation de l'impact environnemental du numérique.

Les travaux du comité en 2022 ont porté notamment sur une comparaison des méthodologies de la mesure de l'impact environnemental des Technologies de l'Information et des Communications (TIC), ayant abouti à [la publication d'un premier rapport le 3 avril 2023](#).

Par ailleurs, **le comité d'experts techniques sur les réseaux mobiles**, mis en place en 2018 et chargé d'apporter une expertise technique à l'Arcep sur les problématiques relatives aux réseaux et technologies mobiles, a publié [une étude comparant la consommation énergétique engendrée par le scénario en cours de déploiement de réseaux 4G et 5G \(dans la bande 3,5 GHz\), avec celle engendrée dans un scénario de déploiement de la 4G seule](#). Cette étude vise à apporter un éclairage supplémentaire aux décideurs publics, mais aussi aux citoyens intéressés par ces questionnements, notamment concernant l'impact carbone de l'utilisation des réseaux mobiles. Elle s'adresse également aux experts techniques en proposant une méthodologie d'analyse robuste, détaillée en annexe de l'étude et s'appuie sur les recommandations de modélisation qui font autorité dans ce domaine, notamment celles de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) et l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI).

Selon l'étude, avec le déploiement de la 5G, **les gains en efficacité énergétique et les émissions GES évitées dans les zones plus densément peuplées sont effectifs à partir de 2023 et manifestes à horizon 2028 ; ils sont nettement plus modestes en zones moins denses**. L'étude montre par ailleurs une forte sensibilité des résultats au taux de croissance du trafic. L'Arcep a publié [un résumé exécutif de l'étude](#) accompagné de [la note détaillée](#) des travaux et [d'une FAQ](#).

2.4. L'étude Arcom - Arcep sur l'impact environnemental de la diffusion et de la consommation de contenus audiovisuels

Dans le cadre du [pôle numérique commun Arcom - Arcep](#) et afin de répondre à la nouvelle disposition légale prévue par la loi « Climat et résilience » du 22 août 2021, les deux institutions ont organisé, en lien avec l'ADEME, en 2022 un appel d'offres pour la réalisation d'une étude sur l'impact environnemental de la diffusion et de la consommation de contenus audiovisuels. La publication de la première version de cette étude est prévue courant 2024.



LA MUTUALISATION DES RÉSEAUX MOBILES

La loi REEN, adoptée le 15 novembre 2021, prévoit que le rapport d'activité de l'Arcep doit « *faire état du niveau de partage actif et passif des infrastructures de téléphonie mobile sur le territoire national* ». Le taux de mutualisation est présenté dans le rapport annuel « Territoires connectés » dans [la fiche 3 du chapitre 1](#).

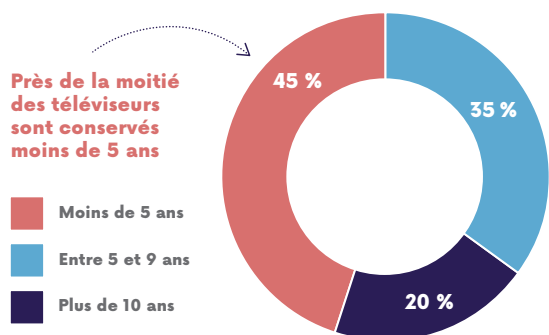
3. PARTICIPER À LA PRISE DE CONSCIENCE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL GLOBAL DU NUMÉRIQUE ET SES ENJEUX

3.1. Des conseils et bonnes pratiques pour réduire son impact dans ses usages quotidiens

En janvier 2023, l'Arcep a publié sur son site internet une FAQ, à l'attention du grand public proposant aux utilisateurs d'équipements numériques, des conseils et bonnes pratiques pour limiter leur impact environnemental. S'appuyant sur les résultats de ses travaux, l'Autorité recommande par exemple de privilégier une connexion internet fixe (fibre, ADSL) dès que possible, de prolonger au maximum la durée de vie de ses équipements ou encore de maîtriser certains usages sur smartphone (désinstallation des applications non utilisées, configuration de la résolution des vidéos visionnées, etc.).

Pour la deuxième année consécutive, l'Arcep a également intégré au baromètre du numérique (son étude par sondage réalisée auprès de 4 000 personnes âgées de 12 ans et plus), des questions portant sur l'empreinte environnementale du numérique. En 2022, l'un des deux thèmes abordés portait sur les pratiques concernant le téléviseur principal : choix d'un téléviseur neuf ou de seconde main, durée de détention, modalités de restitution, raisons du renouvellement. L'édition 2022 fait également le point sur le nombre moyen d'écrans numériques utilisés et non utilisés au sein du foyer.

RÉPARTITION DES RÉPONDANTS SELON LA DURÉE D'UTILISATION DE LEUR TÉLÉVISEUR



Source : Baromètre du numérique de l'Arcep

3.2. L'Arcep, acteur proactif dans le débat public

À la lumière des travaux sur la mesure de l'impact environnemental du numérique et de l'expertise qu'elle a développée sur ce sujet, l'Arcep a participé en 2022 à une dizaine d'événements afin d'apporter un éclairage sur ce thème.

Ainsi la présidente de l'Arcep Laure de La Raudière a présenté, lors des Assises du Très Haut Débit, l'avancement de plusieurs chantiers comme l'enquête annuelle « Pour un numérique soutenable », ainsi que l'étude ADEME-Arcep et la manière dont l'Autorité prenait en compte les enjeux environnementaux dans sa régulation.

Emmanuel Gabla, membre du collège et vice-président du BEREC, est intervenu à la conférence de l'*International Institute of Communication* sur les enjeux du métavers et l'impact environnemental du numérique, notamment des flux vidéo.

Maya Bacache, membre du collège de l'Arcep, est intervenue au Réseau des régulateurs économiques (NER) de l'OCDE lors d'une séance de réflexion sur le rôle des régulateurs économiques dans la transition environnementale et les conséquences éventuelles sur leur gouvernance.

Les services de l'Arcep ont également participé à différents événements pour présenter les travaux de l'Autorité sur les sujets environnementaux, notamment la deuxième édition du **Green Tech Forum** organisé par l'initiative Planet Tech'Care, l'Observatoire parisien de la téléphonie mobile à la Mairie de Paris, l'atelier Grand défi écologique organisé par l'ADEME, un atelier du sommet du G7 sur l'analyse de cycle de vie des terminaux numériques, ou encore la Commission numérique de l'Association des Maires de France.



↑ Intervention d'Anne Yvrande-Billon, directrice de la « Direction Économie, Marchés et Numérique » à l'Arcep, au Green Tech Forum le 1^{er} décembre 2022.

Dans le cadre de la feuille de route de décarbonation du numérique lancée à la fin de l'année 2022, l'Arcep a été sollicitée pour participer aux réflexions du **Haut Comité du numérique écoresponsable**. Organisé en groupes de travail thématiques, le Haut Comité invite les acteurs économiques (et autres parties prenantes) à identifier et proposer au Gouvernement les leviers pertinents sur lesquels ils peuvent s'engager pour contribuer à la décarbonation du numérique ainsi que les freins qui peuvent exister.

3.3. Des événements thématiques à venir en 2023

Soucieuse de pérenniser le processus de dialogue, d'écoute et d'enrichissement mutuel qu'elle cherche à construire depuis le lancement de sa démarche « Pour un numérique soutenable », l'Arcep a organisé le 5 avril 2023 un point d'étape pour communiquer sur ses réalisations et ses collaborations avec d'autres acteurs de l'écosystème et possiblement des conférences et débats sur des sujets plus larges que le champ de compétences strict de l'autorité.

Par ailleurs, l'Autorité organisera courant 2023 un événement au sujet de **l'impact environnemental des satellites**, prenant en compte l'intégralité du cycle de vie du satellite.

4. LES DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX AU CŒUR DE L'ACTION EUROPÉENNE ET INTERNATIONALE

4.1. Partager l'expérience de l'Arcep sur l'environnement au niveau européen

Les transitions écologique et numérique dépassent le cadre national et appellent à une approche globale ainsi qu'à un cadre commun au niveau européen. L'Arcep s'implique ainsi activement sur la scène européenne pour partager son expérience et le résultat de ses travaux sur l'empreinte environnementale du numérique, et suivre les travaux des autres parties.

En 2022, dans le cadre la présidence française du Conseil de l'Union européenne (PFUE), Laure de La Raudière s'est exprimée lors de l'Assemblée numérique en juin à Toulouse à une table-ronde « Accélérer la transition numérique et verte en Europe » devant des responsables politiques, administratifs et industriels européens. Depuis cet événement, à l'initiative de la France, un appel d'une vingtaine d'États pour une double transition numérique et écologique a été publié, rappelant l'importance d'améliorer la transparence environnementale du numérique et le rôle des travaux du BEREC face à ces enjeux³.

4.2. L'Arcep à la tête des travaux sur la « soutenabilité » au sein du BEREC

Depuis 2020, sous l'impulsion de l'Arcep, le BEREC, organe réunissant les régulateurs européens des télécoms, a intégré les enjeux liés à l'empreinte environnementale du numérique dans sa stratégie 2021-2025. Les travaux du BEREC sur l'environnement sont conduits par le groupe de travail « *Sustainability* » (soutenabilité) du BEREC, actuellement co-présidé par Sandrine Elmi Hersi, cheffe d'unité à l'Arcep. Ce groupe réunit des experts des autorités nationales et de la Commission et se donne pour objectifs de développer l'expertise des régulateurs télécoms européens concernant l'empreinte environnementale du numérique et de contribuer à la construction d'une réponse européenne harmonisée et ambitieuse aux enjeux environnementaux du numérique.

En 2022, Emmanuel Gabla, membre du collège de l'Arcep et vice-président du BEREC, s'est particulièrement impliqué sur les réflexions stratégiques de l'organe européen et sur sa contribution aux objectifs environnementaux fixés au niveau européen et international.

Dans son intervention à la Maison de l'Europe sur la régulation des télécoms en Europe le 29 novembre, Emmanuel Gabla a notamment présenté les orientations du BEREC pour répondre aux ambitions du Pacte vert européen et l'importance d'œuvrer à la responsabilisation de tous les acteurs du numérique, y compris les fournisseurs de contenus et d'applications dont l'impact sur les réseaux fait l'objet de débat au niveau européen.

Le premier rapport du BEREC sur l'empreinte environnementale du numérique a été publié en juin 2022, accompagné d'une étude sur l'effet des télécoms sur l'environnement réalisée par des consultants. Ce rapport propose des pistes d'action et des premières ambitions afin de limiter l'empreinte environnementale du secteur et répondre aux objectifs de « soutenabilité » formulés dans la stratégie numérique et le Pacte vert (« *Green Deal* ») de la Commission européenne.

Afin de répondre à l'objectif de transparence accrue de l'information disponible concernant l'empreinte environnementale des télécoms, le BEREC a engagé dès l'été 2022 les travaux relatifs à des indicateurs de soutenabilité, pour mesurer l'empreinte environnementale des télécoms. Le BEREC a ainsi organisé plusieurs ateliers au second semestre 2022 sur la transparence environnementale du numérique avec différents experts extérieurs et représentants académiques, issus de la société civile, de l'industrie, ou d'autres organisations européennes et internationales.

Dans ce cadre, l'Arcep a partagé les résultats des travaux du BEREC et des régulateurs européens sur l'empreinte environnementale du numérique lors de plusieurs événements en 2022. L'Arcep est ainsi intervenue à la conférence « Numérique 1.5(°C) : les conditions d'un numérique vert et durable » organisée en février à Strasbourg, lors de l'*OVH Summit* labélisé PFUE pour une conférence dédiée à l'empreinte environnementale des centres de données en Europe en juin à Bruxelles ; ou encore à l'*Open Source Experience Forum* en novembre à Paris lors d'une table-ronde dédiée au rôle du logiciel libre en matière de durabilité de l'échelle locale à l'échelon européen.

3 Communiqué du BEREC en date du 13 juillet 2022 « *BEREC's commitment to sustainability underlined in Twin Transition Statement by EU Member States* ».

4.3. Le « Green Deal », priorité de la Commission européenne

Le « Green Deal », ou Pacte vert pour l'Europe, est l'une des priorités-phares de la Commission européenne. Ce projet, constitué d'un ensemble de propositions, met l'accent sur le nécessaire jumelage des transitions numérique et environnementale et prévoit notamment la neutralité carbone pour l'Union européenne à l'horizon 2050. Dans ce contexte, le secteur du numérique est identifié comme ouvrant des opportunités importantes de décarbonisation d'autres secteurs de l'économie mais est également appelé à mettre la soutenabilité en son cœur, en diminuant sa propre empreinte environnementale. Cette ambition passe par les progrès de l'économie circulaire et de l'efficacité énergétique du secteur, mais aussi par des mesures de recyclage des terminaux et des règles plus strictes lors du déploiement de nouveaux réseaux.

Dès 2021, dans le cadre du Paquet Climat « Fit-for-55 », la Commission européenne a proposé une révision de la directive relative à l'efficacité énergétique incluant la mise en place d'un certain nombre d'indicateurs liés à la consommation énergétique et à l'empreinte environnementale des centres de données. Les discussions sont en cours de finalisation au sein du Parlement et du Conseil européen. L'Arcep participe, aux côtés des autres autorités françaises concernées, aux réflexions techniques conduites par la Commission européenne pour la mise en œuvre de cette disposition.

En 2022, plusieurs propositions de textes réglementaires ont été publiées au niveau européen pour avancer sur le chantier de la réduction de l'empreinte environnementale du numérique, en particulier les nouvelles règles d'éco-conception et d'étiquetage énergétique pour les smartphones et tablettes, ainsi que la proposition de révision de la directive relative aux droits des consommateurs pour mieux lutter contre les pratiques d'obsolescence programmée et de *green washing*. La Commission européenne a également mis sur la table la proposition d'un nouveau règlement sur éco-conception qui prévoit des standards d'économie circulaire pour les produits en circulation dans l'UE, y compris numériques.

4.4. L'Arcep prend part à l'action internationale sur la double transition numérique et environnementale

Le secteur des communications électroniques et l'enjeu climatique ont en commun la méconnaissance des frontières. C'est ainsi que l'action de l'Arcep sur l'environnement aux niveaux national et européen a naturellement été prolongée à l'échelle internationale. En effet, un peu partout dans le monde, la prise de conscience selon laquelle la lutte contre le changement climatique doit être une priorité est partagée, et le secteur des communications électroniques doit y prendre toute sa part.

Tout d'abord à la **Conférence européenne des postes et des télécommunications (CEPT)**, l'Arcep a contribué aux positions des autorités françaises en vue de l'adoption des positions communes européennes visant à préparer les grandes conférences mondiales qui se sont tenues en 2022, comme l'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications, la Conférence mondiale de développement des télécommunications et la conférence des plénipotentiaires de l'UIT (PP-22) qui s'est tenue en septembre et octobre 2022 en Roumanie. Les services de l'Autorité se sont en particulier attachés à ce que les positions communes des 46 pays membres de l'UIT prennent en compte l'enjeu climatique. Dans ce cadre, la résolution 182 de l'UIT a fait l'objet d'une révision.

Cette résolution n'avait pas été modifiée depuis 2014. La nouvelle résolution est plus équilibrée que la précédente version et évoque désormais tant les effets positifs des télécommunications/TIC sur les autres secteurs pour diminuer leur empreinte environnementale que les efforts que le secteur doit lui aussi entreprendre pour réduire son propre impact, y compris sur l'utilisation des ressources naturelles. La résolution préconise notamment de travailler sur l'éco-conception et l'efficacité énergétique des équipements, ou encore sur l'analyse en cycles de vie des produits et services de télécommunications/TIC visant à promouvoir la sobriété environnementale dans les usages.

La résolution souligne en outre le travail important de la **Commission d'études 5 de l'UIT-T**, sur les changements climatiques, l'économie circulaire et la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques. L'Autorité est un membre très actif de cette commission d'études 5.

Au sein de l'**OCDE** aussi, la double transition numérique et environnementale est un sujet qui devient plus prioritaire. L'Arcep a pu, au travers des différents groupes de travail auxquels elle participe, mettre en lumière ce sujet. C'est ainsi que lors de la préparation de la réunion ministérielle sur le numérique qui a abouti à l'adoption d'une Déclaration sur un avenir numérique de confiance, durable et inclusif, l'Arcep est intervenue dans le processus de rédaction de la déclaration, assurant en particulier l'inclusion de la transition numérique durable parmi les engagements renouvelés par les signataires ainsi que dans les actions à venir des comités de l'OCDE.

L'Autorité a aussi participé à une **conférence organisée dans le cadre de la présidence allemande du G7 en 2022** sur le sujet « numérique et environnement ». Cette participation venait en complément d'autres actions telles que la sensibilisation à ce sujet dans l'élaboration des positions françaises ou la mise à disposition des autres membres du G7 de documents tels que le rapport de l'ADEME et de l'Arcep sur l'évaluation de l'empreinte environnementale du numérique.



LES CODECS VIDÉO, UN LEVIER POUR MINIMISER L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE LA VIDÉO

QU'EST-CE QU'UN CODEC VIDÉO ?

Un **codec** désigne le dispositif matériel ou logiciel permettant de mettre en œuvre l'encodage et le décodage d'un flux de données numérique, en vue d'une transmission ou d'un stockage. Les **codecs vidéo** ont donc pour fonction d'optimiser les volumes de données de la vidéo et peuvent possiblement contribuer à diminuer le poids de ce type de contenu et les impacts environnementaux associés.

Sans codec, diffuser de la vidéo numérique serait impossible. En effet, une vidéo non compressée, ou brute, nécessite tout simplement trop de données à transmettre, même sur les réseaux les plus rapides. Par exemple, une vidéo standard 1080p sollicite 1,5 Gbit par seconde, sans le son (1 920 pixels par ligne x 1 080 lignes x 8 bits de couleur par pixel x 3 couleurs primaires x 30 images par seconde). Ce débit double à 60 images par seconde.

Il y a deux parties dans un codec : un **encodeur** et un **décodeur**.

- **L'encodeur** comprime le flux vidéo en un flux encodé plus petit.
- **Le décodeur** restaure le flux encodé en images séquentielles, pour la lecture vidéo. Le décodage peut être logiciel (CPU) ou matériel (GPU) selon la prise en charge du codec par le terminal.

Les codecs utilisent des algorithmes et des calculs pour opérer et réduire le volume de données. Les vidéos numériques sont des séquences d'images, comparables à une veille pellicule cinématographique. Dans la plupart des vidéos, il y a de 24 à 60 images par seconde. Généralement, une grande partie des détails d'une image sont également présents dans les images qui la précèdent. Les codecs commencent par supprimer les redondances entre les images, par exemple si seul le visage change, il est inutile de transférer le fond à chaque image.

En 2022, la vidéo représentait au moins deux tiers du trafic global d'internet, systématiquement compressé par un codec vidéo¹. Les gains d'efficacité que peuvent apporter les différents codecs vidéo sont donc **un levier d'action important pour minimiser l'empreinte environnementale des services numériques** (consommation énergétique en particulier).

QUEL RAPPORT ENTRE CODEC VIDÉO ET ENVIRONNEMENT ?

Il existe plusieurs codecs vidéo développés successivement dans le temps qui possèdent des caractéristiques différenciées à la fois d'un point de vue technique (degré de compression de la vidéo, support par le terminal ou le navigateur) et commercial (licence ouverte ou payante). Certaines de ces qualités pourraient avoir un intérêt à être envisagées dans une perspective environnementale en particulier :

- 1. L'efficacité de la compression** : La capacité d'un codec à obtenir le débit le plus faible possible pour une qualité de vidéo donnée induit une diminution du trafic de données avec un effet estimé sur la consommation énergétique des infrastructures sollicitées. Cette optimisation peut donc permettre de minimiser le besoin en investissements capacitaires et de limiter ainsi la fabrication de nouveaux équipements.
- 2. La consommation d'énergie sur le terminal** : Le mode de décodage du codec vidéo par le terminal influe directement sur la consommation énergétique de l'appareil. Si le codec n'est pas accéléré matériellement par le processeur graphique (GPU²), la lecture vidéo sera possible, mais via le microprocesseur (CPU). Dans ce cas-là, la consommation d'énergie du terminal sera plus importante, ce qui va diminuer l'autonomie d'un terminal sur batterie et possiblement sa durée de vie.

En dehors de ces éléments, la capacité du codec vidéo à être utilisable sur internet dépend également de la **prise en charge par les navigateurs**. Sans cette condition, le codec ne peut pas être largement adopté par les fournisseurs³.

Actuellement la moitié du trafic vidéo sur internet est encodée avec H.264, l'autre moitié s'appuie principalement sur les codecs VP9, HVEC et une minorité sur le codec vidéo plus récent, AV1. Le tableau de la page suivante résume sur la base de différentes sources les caractéristiques des principaux codecs vidéo utilisés actuellement sur internet (AV1, VP9, HEVC et H.264) ainsi que des codecs historiques (VP8, Theora et MPEG-2) présentés à titre indicatif, car très peu utilisés à ce jour.

1 Selon les données du rapport Sandvine 2023, le trafic internet est constitué à 66 % de vidéo. Cependant ce pourcentage ne prend pas en compte le trafic vidéo issu des réseaux sociaux, directement intégré sur des sites web ou lié à l'échange de fichiers, reposant aussi sur l'utilisation de codecs vidéo.

2 Un GPU (de l'anglais *Graphics Processing Unit*) est un processeur graphique en charge des fonctions de calcul d'image et donc des vidéos. Il peut être présent sous forme de circuit intégré indépendant ou intégré au même circuit intégré que le microprocesseur général.

3 Le détail de la prise en charge par les principaux navigateurs web est à lire en Annexe 2 du présent rapport.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET COMMERCIALES DE 8 CODECS VIDÉO

Nom du codec	Date de publication des spécifications	Type de licence	Période d'accélération matérielle GPU*	Pourcentage de compression d'une vidéo type de 1 080p**
AV1	2018	Ouverte	2020 à 2023	99,96 %
VP9	2013	Ouverte	2015 à 2017	99,94 %
HEVC	2013	Restreinte	2014 à 2017	99,94 %
H.264 (High profile)	2005	Restreinte	2006 à 2014	99,92 %
VP8	2008	Ouverte	2013 à 2016	99,89 %
H. 264 (Main profile)	2003	Restreinte	2005 à 2013	99,92 %
Theora	2004	Ouverte	Aucune accélération matérielle	99,31 %
MPEG-2	1996	Brevets expirés	1998 à 2007	99,36 %

Ce tableau est un résumé issu de différentes sources extérieures à l'Arcep et ne présage pas des conclusions de possibles travaux de l'Autorité sur un périmètre commun.

* Il convient de noter que l'introduction de l'accélération matérielle GPU correspond à l'année de sortie du processeur avec cette accélération matérielle. La date d'introduction de l'accélération matérielle doit être comparée avec la date de lancement du processeur graphique et non du terminal.

** Cette colonne a été réalisée avec la vidéo test Big Buck Bunny (dans sa version 60 images par secondes de 2014) avec les codecs de la bibliothèque FFmpeg.⁴

Une description plus détaillée des quatre codecs principalement utilisés sur internet avec le détail de la prise en charge par les principaux navigateurs web est à lire en [Annexe 2](#) du présent rapport.

4 Lignes de commande utilisées pour compresser la vidéo test de référence sur FFmpeg :

```

- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libaom-av1 -crf 45 -b:v 0 -g 150 -row-mt 1 -tiles 2x1 -threads 8 -cpu-used 4 -c:a libopus -b:a 100k -ac 2 -f mp4 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_av1.mp4»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libvpx-vp9 -crf 41 -b:v 0 -g 240 -quality good -speed 2 -tile-columns 2 -threads 8 -c:a libopus -b:a 100k -ac 2 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_vp9.webm»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libx265 -tag:v hvc1 -crf 26 -c:a aac -b:a 128k -ac 2 -f mp4 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_hevc.mp4»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libx264 -preset slow -crf 26 -c:a aac -b:a 128k -ac 2 -f mp4 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_h264-high.mp4»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libvpx -crf 41 -b:v 4M -g 240 -quality good -speed 2 -threads 8 -c:a libvorbis -b:a 128k -ac 2 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_vp8.webm»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libx264 -preset slow -crf 26 -profile:v main -c:a aac -b:a 128k -ac 2 -f mp4 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_h264-main.mp4»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v libtheora -q:v 7 -c:a libvorbis -b:a 128k -ac 2 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_theora.ogg»
- ffmpeg -i «201411_blender_big_buck_bunny_60fps_2250p_h264-high.mp4» -filter:v «scale=1920:-1,fps=24» -pix_fmt yuv420p -c:v mpeg2video -g 15 -q:v 4 -maxrate:v 34000k -minrate:v 0 -bufsize:v 2500k -c:a ac3 -f dvd -b:a 256k -ar 48000 -ac 2 «201411_blender_big_buck_bunny_24fps_1080p_mpeg2.mpg»

```

QUELS AUTRES MOYENS POUR DIMINUER L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE LA VIDÉO ?

Choisir un codec vidéo efficace fait partie des leviers permettant de minimiser l'empreinte environnementale des services numériques en réduisant la taille des vidéos. Il convient de souligner que d'autres facteurs influencent la quantité de données générées par la consommation d'un service numérique et son empreinte environnementale, notamment :

1. Le **mode d'encodage** : l'encodage à **débit variable** peut permettre d'économiser de la bande passante sur les scènes simples. En effet, le processus d'encodage entraîne une certaine perte de la qualité vidéo d'origine qui varie selon le mode d'encodage utilisé par le codeur :
 - Encodage à débit constant (qualité variable) : des octets seront gâchés pour les scènes simples à encoder tandis que la qualité d'images fortement animées sera dégradée. Ce n'est donc pas la solution idéale en termes d'optimisation de la bande passante, mais certains encodeurs ne savent qu'encoder en débit constant.
 - Encodage à débit variable (qualité constante) : le débit nécessaire est très faible pour les scènes simples, mais peut fortement augmenter avec des contenus complexes. Ce mode d'encodage peut dans certains cas être associé à un plafond pour le débit maximal afin d'assurer que les contenus plus complexes restent lisibles avec une connexion internet à bas débit.
2. Le choix d'une **qualité d'encodage de la vidéo** : cette qualité doit être **adaptée** au besoin de l'utilisateur. Une dégradation supplémentaire de l'image d'origine par l'encodeur peut être peu perceptible sur certains contenus, permettant alors un gain supplémentaire d'efficacité de la compression.
3. La **définition vidéo** : celle-ci peut être optimisée en l'adaptant la taille de l'écran du terminal. À titre d'exemple, une définition supérieure à 1080p sur l'écran d'un smartphone semble présenter peu d'intérêt quant à l'expérience utilisateur.
4. Le choix du **codec audio** : généralement le choix du codec vidéo entraîne avec lui celui d'un codec audio, plus ou moins efficace. Contrairement aux codecs vidéo, il n'y a pas de problématique de prise en charge matérielle pour les codecs audio. C'est dans tous les cas le microprocesseur qui va gérer le flux audio, car décoder l'audio consomme relativement peu de ressources.
5. Une approche plus systématique de **sobriété numérique** appliquée à la vidéo : l'adoption d'une certaine forme de sobriété dans ses usages numériques fait partie des leviers à considérer pour réduire l'empreinte du numérique. Concernant la vidéo, cela peut prendre la forme d'un report vers des contenus moins énergivores lorsque possible, ou encore l'activation d'un **mode « économie de données »**. La proposition par le fournisseur de ce mode dans l'interface utilisateur peut donc œuvrer à diminuer la consommation de données et les impacts environnementaux de l'usage en contrepartie d'une possible moindre qualité, consentie par l'utilisateur.

La parole à

ROCH-OLIVIER MAISTRE

Président - **Arcom**



L'ARCOM ET L'ARCEP ONT, EN TANT QUE RÉGULATEURS SECTORIELS, UN RÔLE DE PREMIER PLAN À JOUER POUR CONTRIBUER À LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Alors que l'empreinte carbone du numérique pourrait tripler d'ici à 2050 si rien n'est fait pour contrer son évolution, l'Arcom et l'Arcep ont, en tant que régulateurs sectoriels, un rôle de premier plan à jouer pour contribuer à la transition écologique. L'urgence climatique doit désormais faire partie intégrante de la définition et de l'exercice de nos missions, comme nous l'avions déclaré dès 2020 aux côtés d'autres administrations indépendantes pour nous saisir de cette prérogative et définir ensemble des leviers d'action adaptés.

Le législateur a depuis, et je m'en réjouis, fixé trois missions à l'Arcom en coordination avec l'Arcep et l'ADEME pour accompagner au plus près les enjeux de la transition environnementale.

- La première mission concerne la mesure des impacts du secteur audiovisuel : nos deux institutions ont à cet égard lancé, en application de la loi dite « Climat et résilience », une étude conjointe

avec l'ADEME pour évaluer l'impact environnemental des différents modes de diffusion des services de médias audiovisuels, dont les résultats sont attendus pour 2024.

- Notre deuxième mission commune a trait à l'information des consommateurs de contenus audiovisuels, à travers une recommandation à destination des services de télévision, des services de médias audiovisuels à la demande et des services de plateforme de partage de vidéos afin d'informer leurs utilisateurs sur l'impact environnemental lié à l'utilisation de leurs services.
- Enfin, l'Arcom est chargée de promouvoir les contrats-climat et de présenter un bilan de leur efficacité (avec le concours de l'ADEME), afin notamment d'inciter à aborder l'enjeu crucial du traitement éditorial et publicitaire de l'information. Les médias audiovisuels ont en effet, sur ce sujet comme sur d'autres, un rôle fondamental à remplir pour informer et alerter nos concitoyens.

Dans le fonctionnement interne de l'Arcom, ces sujets font désormais l'objet d'un groupe de travail dédié au sein de notre collège. Notre projet stratégique 2023-2025 fait par ailleurs de l'accompagnement des acteurs audiovisuels et numériques vers la transition écologique et de l'amélioration de nos performances environnementales des axes prioritaires.

L'Arcom est ainsi résolument engagée, aux côtés de l'Arcep, dans ce mouvement en faveur de la transition environnementale. J'en suis convaincu : en encourageant à modifier les modes de consommation et de production, en renforçant l'information globale et en mobilisant les opérateurs de nos champs d'action respectifs, nos deux collèges comme nos équipes peuvent contribuer, par leurs expertises et visions complémentaires, à bâtir un environnement audiovisuel et numérique plus durable et respectueux de notre planète.

La parole à

SAMUEL SAUVAGE

Cofondateur et porte-parole - **Halte à l'Obsolescence Programme (HOP)**



LA DURABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS, PASSAGE OBLIGÉ POUR LE NUMÉRIQUE RESPONSABLE

En mars 2023, l'ADEME et l'Arcep ont remis un rapport très attendu sur l'impact environnemental du numérique. Cette étude rappelle les priorités pour que le secteur devienne réellement responsable : c'est au nombre d'équipements et à leur durée de vie qu'il convient de s'intéresser en premier.

Si rien n'est fait, nous nous orientons vers une croissance de 65 % d'ici 2030 du nombre de terminaux en France. Face à cette perspective, seul le scénario sobriété, qui présuppose une stabilisation de leur nombre, permet une réduction des gaz à effet de serre (GES) de 16 %. Outre le fait qu'on devrait sans doute viser une réduction (et non une stabilisation) du nombre

d'appareils pour avoir un impact plus significatif, cette question pose forcément celle de la nécessité d'un débat démocratique sur les objets indispensables, utiles et superflus : ainsi, souhaitons-nous plus de caméras, d'écrans publicitaires, de grille-pains connectés... ?

Ensuite, pour réduire le nombre d'appareils, l'autre levier fondamental consiste à allonger leur durée de vie. Dans les scénarios les plus volontaristes à horizon 2030, c'est une augmentation moyenne de deux ans qui est visée. Sur ce point, nous avons envie de dire « chiche » ! Cela implique d'aller autrement plus vite sur certains chantiers portés par HOP (voir notre livre blanc).

Nous assistons donc à une révolution du triptyque lié au numérique :

- L'affirmation « *Le numérique est la solution pour la transition écologique* » doit devenir « *le numérique doit prendre sa part aux objectifs environnementaux* ».
- Le « *Il faut optimiser les équipements* » doit laisser la place à « *Il faut réduire le nombre d'appareils en valeur absolue* ».
- Et le « *Il faut sensibiliser les utilisateurs sur les éco-gestes* » doit mettre l'accent sur « *Il faut allonger significativement la durée de vie des appareils* ».

De grands défis à mener aux niveaux français et européen, non ?

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).

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.

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 qui rassemble les régulateurs des communications électroniques des vingt-sept États membres de l'Union européenne ainsi que régulateurs dits « observateurs » établis en dehors 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.

Codec

Dispositif matériel ou logiciel permettant de mettre en œuvre l'encodage et le décodage d'un flux de données numérique, en vue d'une transmission ou d'un stockage.

[Adaptateurs] CPL (Courants Porteurs en Ligne)

Équipement qui permet de transporter internet par le réseau électrique à l'intérieur d'une habitation à la place d'un câble Ethernet ou du Wi-Fi.

Cross-traffic

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 informations ou mesures réalisées par des utilisateurs réels, dans le rapport présent en matière de QoS et/ou QoE.

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)

Cécanisme de traduction des noms de domaine internet en adresse IP.

Dual-stack (Double pile IP)

Consiste à affecter une adresse IPv4 et une adresse IPv6 à un équipement du réseau.

FAI

Fournisseur d'Accès à Internet.

FCA

Fournisseurs du 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.

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.

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.

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 (exemple : Android) aux super-ordinateurs en passant par les PC (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.

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 communications électroniques fournis par des FCA sur internet.

Peering

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

Point de terminaison du réseau

Le point physique auquel un utilisateur obtient l'accès à un réseau de communications électroniques public.

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)

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

RFC (Requests For Comments)

Documents officiels décrivant les aspects et spécifications techniques d'internet ou de différents matériels informatiques.

Service spécialisé

Service(s) de communications électroniques distinct(s) des services d'accès à l'internet qui nécessite(nt) 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.

Système Autonome (ou « Autonomous Systems » en anglais)

Ensemble de réseaux gérés par une même autorité administrative et ayant des protocoles de routage relativement homogènes.

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 de l'internet dans le cadre d'un service contractuel et payant.

UDP (User Datagram Protocol)

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

VoIP (voix sur IP ou Voice over IP)

Technologie qui permet de transmettre la voix sur des réseaux compatibles IP via internet.

VPN (Virtual Private Network)

Connexion inter-réseau permettant de relier deux réseaux locaux différents par un protocole de tunnel.

WAN (Wide Area Network)

Dans le 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 (ou offre à « tarif nul »)

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

Rodolphe Le Ruyet et Virginie Mathot, conseillers de la présidente

DIRECTION « INTERNET, PRESSE, POSTES ET UTILISATEURS »

Olivier Delclos, *directeur*

Unité « Internet ouvert »

Sandrine Elmi Hersi, *cheffe de l'unité*

Vivien Guéant, *expert*

Pierre Faurie et Oriane Piquer-Louis, *chargés de mission*

Unité « Régulation par la donnée »

Gaspard Ferrey, *chef de l'unité*

DIRECTION « ÉCONOMIE, MARCHÉS ET NUMÉRIQUE »

Anne Yvrande-Billon, *directrice*

Unité « Analyse économique et intelligence numérique »

Chiara Caccinelli, *adjointe à la cheffe d'unité*

Edouard Dolley et Charles Joudon-Watteau,
chargés de mission

Unité « Observatoire des marchés »

Anne-Laure Durand, *cheffe d'unité*

Loïs Ponce, *chargée de mission*

DIRECTION « MOBILE ET INNOVATION »

Franck Tarrier, *directeur*

Ahmed Haddad, *conseiller technique auprès du directeur*

Guillaume Decorzent, *chef de l'unité*

Gabriel Aubert, *chargé de mission*

DIRECTION « EUROPE ET INTERNATIONAL »

Anne Lenfant, *directrice*

Unité « Europe »

Boris Gartner, *chargé de mission*

DIRECTION « COMMUNICATION ET PARTENARIATS »

Clémentine Beaumont, *directrice*

Marie-Alix Dadillon, Victor Schmitt et Charlotte Victoria,
chargés de mission

DIRECTION « AFFAIRES JURIDIQUES »

Elisabeth Suel, *directrice*

Unité « Infrastructures et réseaux ouverts »

Remy Maecker, *chef de l'unité*

Paul Bougard, *chargé de mission*

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 1

Liste des box compatibles avec l'API « carte d'identité de l'accès » fin 2022

BOUYGUES TELECOM

- Bbox Wi-Fi 6E FttH avec port LAN 10 Gbit/s (Bbox F@st 5688b-v2)
- Bbox Wi-Fi 6 FttH avec port LAN 2,5 Gbit/s (FGA2234BYT)
- Bbox Wi-Fi 6 FttH avec port LAN 2,5 Gbit/s (PRV36AX349B)
- Bbox Wi-Fi 6 FttH avec port LAN 10 Gbit/s (Bbox F@st 5688b)
- Bbox Wi-Fi 5 FttH / xDSL avec ports LAN 1 Gbit/s (Bbox F@st 5330b-r1)
- Bbox Wi-Fi 4 FttH / xDSL avec ports LAN 1 Gbit/s (Bbox F@st 5330b)

FREE

- Freebox Delta FttH / xDSL (version 2022 Wi-Fi 6E)
- Freebox Pop FttH / xDSL (version 2022 Wi-Fi 6)
- Freebox Pop FttH / xDSL (version 2020 Wi-Fi 5)
- Freebox Delta FttH / xDSL (version 2018 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 (GEN8 FttH XGSPON)
- SFR Box 8 Wi-Fi 6 FttH Gpon (GEN8 FttH GPON)
- SFR Box 8 Wi-Fi 6 Docsis (GEN8 Docsis)
- SFR Box 8 Wi-Fi 6 xDSL (GEN8 xDSL)
- SFR Box 7F Wi-Fi 5 FttH Gpon (SDMC MIXNW)
- 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)
- 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)

Note : Le terme « Box Plus » désigne les SFR Box 7 et 7F.

La liste est mise à jour régulièrement sur le site de l'Arcep.

ANNEXE 2

Description des quatre codecs vidéo les plus utilisés sur internet

Cette annexe propose un descriptif de caractéristiques techniques et commerciales des quatre codecs vidéo principalement utilisés sur internet en 2023 : H.264, HEVC, VP9 et AV1.

1. LE CODEC VIDÉO H.264 AVC : LE CODEC VIDÉO LE PLUS UTILISÉ

H.264 également appelé MPEG-4 AVC est utilisé par la quasi-totalité des plateformes proposant de la vidéo sur internet (certaines plateformes proposent leurs vidéos dans plusieurs codecs, mais H.264 est presque systématiquement proposé). Les revendeurs de produits utilisant la norme H.264 doivent payer des droits pour l'utilisation d'une technologie brevetée.

Il y a plusieurs profils H.264. Certains équipements anciens ne sont pas en mesure de lire les vidéos avec le codec H.264 « *High profile* » spécifié en 2013, et c'est pour cela que certaines vidéos sont encodées en H.264 « *Main profile* », profil spécifié deux ans plus tôt et moins efficace que le « *High profile* ». Certains équipements peuvent aussi utiliser le profil antérieur « *Baseline profile* », avec une efficacité encore plus dégradée.

Le codec est bien supporté matériellement et logiciellement. Le codec vidéo H.264 est aussi supporté par l'ensemble des navigateurs web depuis 2015. La prise en charge de ce codec par l'ensemble de l'écosystème est révélatrice de la généralisation de l'usage de ce codec. Cependant les codecs vidéo développés plus récemment présentent des performances en termes d'efficacité de compression plus avancée.¹

2. LE CODEC VIDÉO HEVC : LE CODEC DE LA TNT UHD

HEVC, également appelé H.265, a été spécifié en 2013, il y a dix ans. HEVC permettrait un gain en compression sur H.264². Il s'agit d'un codec dont les droits d'utilisation sont payants. Fin 2016, HEVC Advance a révisé sa politique pour permettre aux implémentations logicielles de HEVC d'être distribuées sans redevance face à certaines critiques de fournisseurs³.

La majorité des terminaux dont la date de conception est postérieure à 2016 intègrent une accélération matérielle HEVC. Pour une question de licence, la majorité des navigateurs semblent ne pas pouvoir lire de vidéos HEVC sans cette prise en charge par le matériel.

HEVC est également utilisé pour enregistrer les vidéos sur les dernières générations d'appareils photo haut de gamme ou de smartphones.

Si HEVC est bien pris en charge dans l'écosystème Apple et sur les box TV, cela ne semble pas être le cas des navigateurs web hors Safari. Chrome 107, lancé fin 2022, le prend en charge, mais *a priori* avec des restrictions qui le rendent difficilement utilisable jusqu'à présent pour des plateformes de vidéo avec DRM type Netflix, Prime vidéo, Disney+, MyTF1 ou 6Play. Microsoft propose une extension payante pour ajouter le support de HEVC à son navigateur Edge. Firefox ne prend pas en charge le codec HEVC.

¹ Gain par rapport à H.264 estimé à environ 30 % par la comparaison SSIM H.264 vs VP9 vs HEVC de l'étude de Ronald S. Bultje.

² Voir note *supra*.

³ De grands acteurs de la vidéo et en septembre 2015, Amazon, Cisco, Google, Intel, Microsoft, Mozilla et Netflix créent l'*Alliance for Open Media* dans le but de développer un format vidéo ouvert et gratuit, en réponse aux tarifs d'HEVC. Source : [Communiqué de presse Alliance for Open Media du 1^{er} septembre 2015](#).

3. LE CODEC VIDÉO VP9 : LE CODEC OUVERT LE PLUS RÉPANDU

VP9 est un codec vidéo ouvert et sans redevance, développé par Google. VP9 permet comme HEVC un gain en compression sur H.264⁴. Autre point qu'il partage avec HEVC : la très grande majorité des terminaux utilisés en France (ceux dont la date de conception est postérieure à 2016) ont une accélération matérielle, permettant une faible consommation d'énergie sur le terminal lors de la lecture de vidéos ayant recours à ce codec. Pour les terminaux plus anciens, la lecture VP9 reste possible via le microprocesseur de l'appareil.

Le codec VP9 est supporté par tous les navigateurs web depuis 2018, sauf *a priori* sur certains terminaux d'Apple (Iphone et Ipad en l'occurrence, car Apple a rajouté le codec VP9 dans macOS 11 en 2020). VP9 est néanmoins pris en charge par les autres applications sur Iphone et Ipad, comme l'application YouTube ou VLC (avec l'application YouTube sur un iPhone 7 ou plus récent, toutes les vidéos sont lues avec le codec VP9).

4. LE CODEC VIDÉO AV1 : LE CODEC LE PLUS RÉCENT

AV1 est le codec vidéo le plus récent à l'heure actuelle, spécifié en 2018 par l'*Alliance for Open Media*⁵. Il est ouvert et sans redevance. AV1 semblerait permettre un gain en compression sur VP9 et HEVC⁶.

Néanmoins, l'accélération matérielle de ce codec vidéo semble à ce jour limitée à certains terminaux de dernière génération sous Android. Aujourd'hui le parc de terminaux avec un décodage matériel d'AV1 concerne principalement les terminaux dont la date de conception est postérieure à 2022.

Le codec vidéo AV1 est à l'heure actuelle supporté par les navigateurs Google Chrome, Vivaldi, Opera, Mozilla FireFox et Samsung Internet. Microsoft propose une extension gratuite pour ajouter le support d'AV1 à son navigateur Edge sous Windows.

4 Gain par rapport à H.264 estimé à environ 30 % par la comparaison SSIM H.264 vs VP9 vs HEVC de l'étude de Ronald S. Bultje.

5 Les fondateurs du consortium à but non lucratif *Alliance for Open Media* sont Amazon, Cisco, Google, Intel, Microsoft, Mozilla Foundation, ARM, Huawei, Samsung, Tencent, Meta, Nvidia, Apple et Netflix. Cette alliance vise à éviter des guerres de brevets et de licences qui sont un frein à l'innovation. Source : [Communiqué de presse Alliance for Open Media du 1^{er} septembre 2015](#).

6 Gain estimé à 30 % sur VP9 ou HEVC et de 46 % par rapport à H.264 « *High profile* » selon la comparaison PSNR AV1 vs VP9 vs H.264 de l'étude réalisée par Meta en 2018.

Publication

Arcep

14, rue Gerty-Archimède - 75012 Paris

Direction de la Communication

et Partenariats : com@arcep.fr

Design

Agence Luciole

Crédits photos

p. 2, 69 : Arcep

p. 1, 7, 8, 85 : Adobe Stock

Illustrations

p. 7, 8 : Adobe Stock

p. 46, 47 : Simon Giraudot

Juillet 2023

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 biens communs.

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.