



autorité de régulation
des communications électroniques,
des postes et de la distribution de la presse

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Baromètre de l'interconnexion de données en France

4 JUILLET 2024

A large, abstract graphic in the bottom right corner consisting of numerous overlapping, light grey lines that form a complex, organic shape resembling a stylized flower or a network of connections.

ISSN n°2258-3106

Baromètre de l'interconnexion

1 Comprendre l'interconnexion de réseaux de données

1.1 Qu'est-ce que l'interconnexion de réseaux 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)¹ est interconnecté avec de nombreux autres réseaux, que ce soient des fournisseurs de contenu ou d'autres opérateurs télécom. **Ainsi, l'interconnexion², qui désigne la relation technico-économique qui s'établit entre différents acteurs pour se connecter et échanger mutuellement du trafic, constitue le fondement d'internet.** Elle garantit le maillage global du réseau et permet aux utilisateurs finals³ de communiquer entre eux. Ces relations peuvent prendre différentes formes (*peering* public ou privé, transit, *Content Delivery Network*).

1.2 Acteurs impliqués

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

- **les fournisseurs de contenu et d'applications (FCA)**, c'est-à-dire les propriétaires du contenu, qui font appel à plusieurs intermédiaires pour acheminer leur contenu aux utilisateurs finals ;
- **les fournisseurs d'accès internet (FAI)**, c'est-à-dire les opérateurs de réseaux qui sont chargés de livrer le trafic à l'utilisateur final ;
- **les hébergeurs⁴**, c'est-à-dire les propriétaires des serveurs hébergeant un contenu géré par des tiers (FCA ou individus) ;
- **les transitaires**, c'est-à-dire les gestionnaires des réseaux internationaux qui font office d'intermédiaires entre les FCA et les FAI pour acheminer le trafic ;
- **les gestionnaires de point d'échange internet (IXP, *Internet Exchange Point*)**, c'est-à-dire les acteurs tiers opérant un point d'échange qui permet aux différents acteurs de s'interconnecter directement, via un point d'échange, plutôt que par le biais d'un ou de plusieurs transitaires ;

¹ Ensemble de réseaux gérés par une même autorité administrative et ayant des protocoles de routage relativement homogènes. Exemples de certains AS en France : AS5410 (Bouygues Télécom), AS12322 (Proxad – Free), AS3215 (RBCI – Orange), AS15557 et AS21502 (SFR), AS16276 (OVH), AS12876 (Online), etc.

² L'Arcep tient à préciser que le présent baromètre 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 Les individus qui utilisent leurs propres équipements et contractent un abonnement auprès d'un FAI pour accéder à du contenu sur internet.

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 opérateurs de réseaux de diffusion de contenu (CDN, Content Delivery Network)**, c'est-à-dire les intermédiaires techniques 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.

EXEMPLES D'ACTEURS D'INTERNET

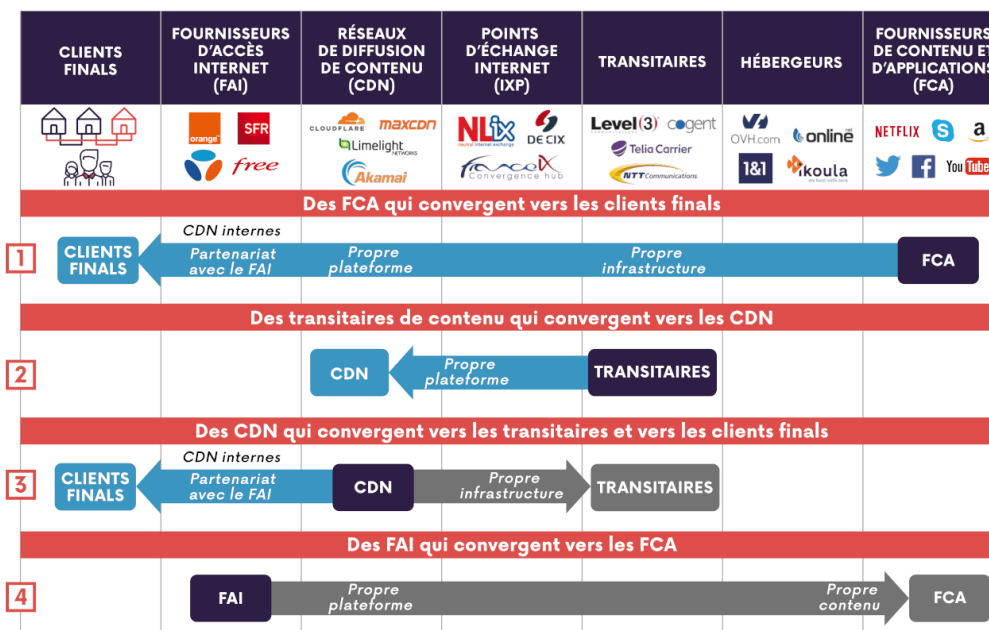
FOURNISSEURS D'ACCÈS INTERNET (FAI)	RÉSEAUX DE DIFFUSION DE CONTENU (CDN)	POINTS D'ÉCHANGE INTERNET (IXP)	TRANSITAIRES	HÉBERGEURS	FOURNISSEURS DE CONTENU ET D'APPLICATIONS (FCA)
					

1.3 Évolution des interactions entre les différents acteurs

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

- dans l'optique de se rapprocher du client final et d'améliorer la résilience et la qualité de service de leurs services, les FCA mettent en place leur propre infrastructure réseau et leurs propres plateformes CDN ;
- au-delà de leurs prestations de transit, les transitaires se basent sur leur infrastructure existante pour développer des services CDN et héberger du contenu tiers ;
- d'une part, les CDN déploient leur propre infrastructure à travers le monde. D'autre part, ils concluent des partenariats avec les FAI afin de placer leurs serveurs dans le réseau de ces derniers et être le plus proche possible des clients finals ;
- les FAI diversifient leurs activités en créant leurs propres contenus et en assurant leur diffusion *via* leurs propres plateformes.

LA CONVERGENCE DES ACTEURS DE L'ÉCOSYSTÈME INTERNET



1.4 Enjeux de l'interconnexion

La divergence éventuelle des intérêts respectifs des acteurs de l'écosystème peut engendrer une différence de point de vue, voire susciter des tensions ponctuelles.

Un échec des négociations entre deux acteurs interconnectés peut par exemple entraîner une dégradation de la qualité de service ou la rupture de l'interconnexion (et donc rendre impossible aux utilisateurs – partiellement ou totalement – l'accès, la diffusion ou l'utilisation des applications et des services de leur choix). Une interconnexion pourrait également être utilisée dans une optique de discrimination anticoncurrentielle à l'égard de la source, de la destination ou du contenu de l'information transmise⁵.

Selon les conditions techniques et tarifaires appliquées, l'interconnexion est ainsi susceptible d'influencer de diverses façons l'investissement dans les réseaux, la qualité de service perçue par l'utilisateur final ou encore le rythme d'innovation dans les services, contenus et applications.

Au cours des dernières années, les divergences entre acteurs concernant l'interconnexion ont fait l'objet de discussions au niveau européen, qui ont notamment été mentionnées dans le livre blanc de la Commission Européenne⁶ sur l'avenir des infrastructures numériques.

➔ Pour en savoir plus : [L'interconnexion pour les nuls](#), par Stéphane Bortzmeyer.

⁵ Voir la partie 1.7.

⁶ Commission Européenne, 21 février 2024, [White Paper - How to master Europe's digital infrastructure needs?](#)

1.5 Modes d'interconnexion

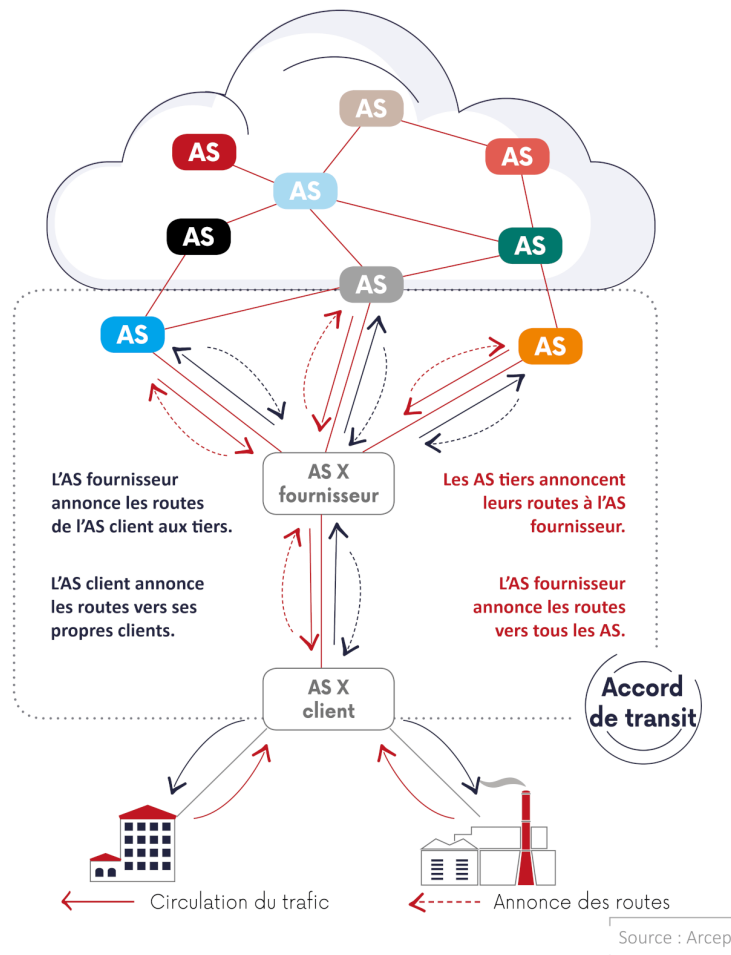
L'interconnexion s'effectue entre deux différents AS (*Autonomous Systems*). Pour que l'information puisse être échangée d'un point à un autre de l'internet, elle doit être acheminée d'AS en AS, et au sein de chaque AS, de routeur en routeur, le routeur étant l'équipement de base assurant l'aiguillage des paquets de données au sein de l'internet. Pour ce faire, chaque AS annonce aux autres AS avec lesquels il est interconnecté physiquement les routes⁷ vers les équipements de réseau et utilisateurs finals qu'il dessert.

Il existe deux principaux modes d'interconnexion : **le transit et le peering**.

1.5.1 Transit

Le transit est une prestation par laquelle un opérateur (fournisseur) propose une connectivité globale à un autre opérateur (client) et achemine le trafic à destination ou en provenance de cet opérateur (client), quelle que soit l'origine initiale ou la destination finale de celui-ci (sauf restriction relevant d'un accord entre les parties, par exemple en termes d'étendue géographique du service).

PRINCIPE D'UN ACCORD DE TRANSIT



⁷ Chaque AS annonce des préfixes IP, chaque préfixe IP faisant référence à un groupe d'adresses IP.

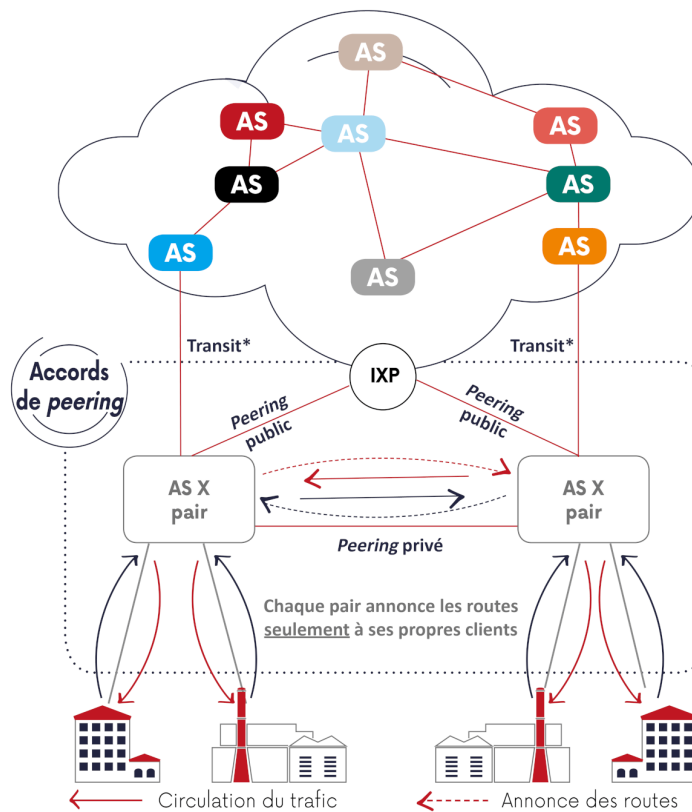
1.5.2 Peering

a) Principe général

Le *peering* est un type d'accord d'interconnexion permettant à deux opérateurs de s'échanger en direct le trafic qu'ils adressent mutuellement à leurs clients respectifs. Ainsi, chaque acteur ne donne accès qu'à son réseau, rendant ce lien mobilisable uniquement pour le trafic de ses clients.

Le *peering* est traditionnellement déployé entre deux opérateurs de profil similaire (pairs) qui y trouvent un intérêt mutuel. Ce type d'accord est généralement gratuit, hors frais propres de mise en œuvre du lien d'interconnexion.

PRINCIPE DES ACCORDS DE PEERING



* Le fait de disposer de relations de *peering* ne dispense pas nécessairement d'avoir recours à des prestations de transit, pour se raccorder au reste de l'internet.

Source : Arcep.

b) Peering payant

Bien que les accords de *peering* soient le plus souvent gratuits, l'apparition de dissymétries de trafic ou d'intérêt entre certains acteurs a conduit au développement d'accords de *peering* payant.

Ces accords sont notamment – mais pas exclusivement – mis en œuvre dans le cadre du développement récent d'accords d'interconnexion directe entre des FCA de grande taille et certains FAI (voire entre des FAI et/ou des transitaires). C'est alors l'acteur qui envoie le plus de trafic vers l'autre qui paye (le FCA dans le cas précédent).

c) Accords de peering

Les acteurs présentent des stratégies très diverses en matière d'interconnexion. Celles-ci font l'objet d'un document de référence, appelé *peering policy* (en français « politique de *peering* »), généralement public⁸, dans lequel sont définis notamment les plafonds de ratios d'asymétrie du trafic, le niveau minimum de trafic échangé, la répartition géographique des points d'interconnexion, etc.

Pour autant, **les accords de *peering* s'établissent en pratique le plus souvent de manière relativement rapide et informelle** : ainsi, une large majorité d'entre eux ne fait pas l'objet d'un contrat écrit et relève d'un simple accord de principe entre les deux pairs, dans le respect de leurs chartes de *peering* éventuelles. D'après l'organisation intergouvernementale PCH⁹, en 2021, environ 99,9% des accords de *peering* se sont faits d'une manière informelle autour d'une poignée de main.

Certains acteurs imposent la mise en œuvre d'un contrat même dans le cas d'un *peering* gratuit afin d'établir des conditions telles que le trafic minimum et le respect d'un ratio d'asymétrie : en cas de non-respect d'une condition, le contrat bascule automatiquement en *peering* payant. PCH propose ainsi une distinction entre accords symétriques et asymétriques.

d) Les points d'échange Internet

Le *peering* peut physiquement être réalisé :

- dans les locaux de l'un des pairs ;
- dans les locaux d'un acteur tiers (*datacenter*) ;
- dans un point d'échange (*Internet Exchange Point* ou IXP) : un site dédié à l'interconnexion pouvant être neutre (c'est-à-dire géré par un acteur tiers, parfois une association) ou géré par un opérateur donné.

Les points d'échange permettent la mutualisation des coûts d'hébergement et de raccordement, ainsi que la mise en œuvre efficace de nombreuses relations de *peering* (mais également de transit). En effet, être présent dans un point d'échange permet de s'interconnecter (moyennant un accord, souvent oral et rapidement obtenu, entre les parties) avec tous les AS présents dans ce point d'échange.

Les IXP contribuent également 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, fournisseurs de contenu et transitaires.

e) Peering public et peering privé

On distingue deux principaux modes de *peering* :

- **le mode bilatéral, aussi appelé « *peering* privé »**, qui peut être localisé dans les locaux d'un des pairs ou dans un *datacenter* ;
- **le mode multilatéral, aussi appelé « *peering* public »**, réalisé dans un IXP.

⁸ Exemples de politiques de *peering* : [AS5410 \(Bouygues Télécom\)](#), [AS12322 \(Proxad – Free\)](#), [AS3215 \(RBCI – Orange\)](#) et [AS15557 \(SFR\)](#).

⁹ Bill Woodcock, Marco Frigino, 2021 [Survey of Internet Carrier Interconnection Agreements](#), Packet Clearing House, Décembre 2021, p.4.

Le *peering* privé est généralement employé lorsque la capacité d'interconnexion entre les deux pairs est suffisante pour rendre économiquement viable une interconnexion dédiée. Il présente également des avantages en matière de maintenance et de sécurité de l'interconnexion.

Le *peering* public a été développé pour rendre économiquement viable l'interconnexion directe pour des capacités moindres, en mutualisant les capacités d'interconnexion entre plusieurs pairs grâce à des équipements actifs partagés de commutation.

f) Pourquoi choisir le *peering* à la place du transit ?

Recourir à une prestation de transit ou mettre en place un accord de *peering* pour échanger du trafic avec les clients d'un autre opérateur dépend à la fois du pouvoir de négociation des parties et d'un arbitrage technico-économique, dont les paramètres sont notamment les coûts relatifs des différentes options et la qualité de service.

D'une part, les opérateurs cherchent à mettre en place des relations de *peering* (gratuit ou à tarif réduit) avec d'autres opérateurs afin de réduire les coûts de transit. Ces relations réduisent la charge de trafic sur les services de transit, souvent coûteux.

D'autre part, le *peering* utilise des circuits directs ou des points d'échange régionaux qui permettent aux utilisateurs finals d'obtenir de meilleures performances. Sans interconnexion directe, le trafic des clients peut devoir passer par plusieurs réseaux, sur de grandes distances et donc avec une latence élevée, avant d'atteindre un service donné.

Si le *peering* présente un intérêt évident, certains petits acteurs au faible pouvoir de négociation n'ont d'autres choix que de payer un ou plusieurs transitaires pour pouvoir connecter leurs clients.

1.5.3 CDN tiers et CDN internes

Les CDN (*Content Delivery Network*) sont des systèmes permettant d'optimiser la transmission du contenu aux utilisateurs finals, grâce à un réseau de caches permettant de stocker temporairement le contenu au plus près de là où il est demandé. Cette approche permet de diminuer la latence (le contenu charge plus rapidement), et de répartir la charge (les requêtes sont distribuées entre les différents serveurs de cache) lorsqu'il y a beaucoup de demande.

Il convient toutefois de distinguer les CDN tiers des CDN internes aux réseaux des FAI et d'explicitier les différences qu'ils induisent au niveau de l'interconnexion.

Les CDN tiers sont opérés par des entreprises spécialisées, comme Cloudflare, Akamai ou encore Lumen, qui établissent un réseau de caches répartis à travers le monde et situés en dehors des réseaux des FAI. De ce fait, le trafic émis depuis les CDN tiers vers chaque utilisateur final d'un FAI donné passe par un point d'interconnexion de son FAI. Le trafic de chaque contenu servi aux utilisateurs finals devra donc être pris en compte pour le dimensionnement de l'interconnexion.

Les fournisseurs de CDN tiers proposant leurs prestations à différents fournisseurs de contenus *via* la même infrastructure. Le trafic qu'un CDN tiers transmet à l'interconnexion avec un FAI étant agrégé, il n'est pas possible de différencier le trafic engendré par chacun des fournisseurs de contenu qui utilisent le même serveur de cache d'un CDN tiers.

Les CDN internes, ou *on-net*, sont constitués, à la différence des CDN tiers, de serveurs de cache hébergés au sein du réseau des FAI. Ils sont notamment utilisés par Netflix ou Google. Dans cette configuration, le contenu ne passe par le point d'interconnexion du FAI qu'une seule fois au moment où le fournisseur de contenu vient le stocker dans le serveur de cache.

Lorsqu'un client de ce FAI demandera ce contenu, le trafic sera émis directement depuis le serveur de cache, c'est-à-dire depuis le réseau du FAI, sans passer par le point d'interconnexion. Ce trafic à destination des utilisateurs finals n'influe donc pas sur le dimensionnement de l'interconnexion.

Depuis 2016, l'Arcep observe l'évolution des CDN internes dans le cadre de sa collecte de données.

1.6 Organisation hiérarchique de l'internet

Les acteurs de l'internet sont généralement classés en trois groupes, selon la nature de leurs relations d'interconnexion :

- **Tier 1** : ce sont les acteurs qui ont développé un réseau longue distance et disposent d'interconnexions directes avec les autres opérateurs majeurs au niveau mondial. Ils n'ont recours à aucune prestation de transit pour accéder à l'intégralité des réseaux constituant l'internet. Pour assurer une connectivité mondiale, ces opérateurs doivent être tous reliés entre eux par des accords de *peering*. En s'appuyant sur ces relations de *peering*, ils sont alors en mesure de fournir des prestations de transit aux réseaux de niveaux hiérarchiques inférieurs¹⁰.

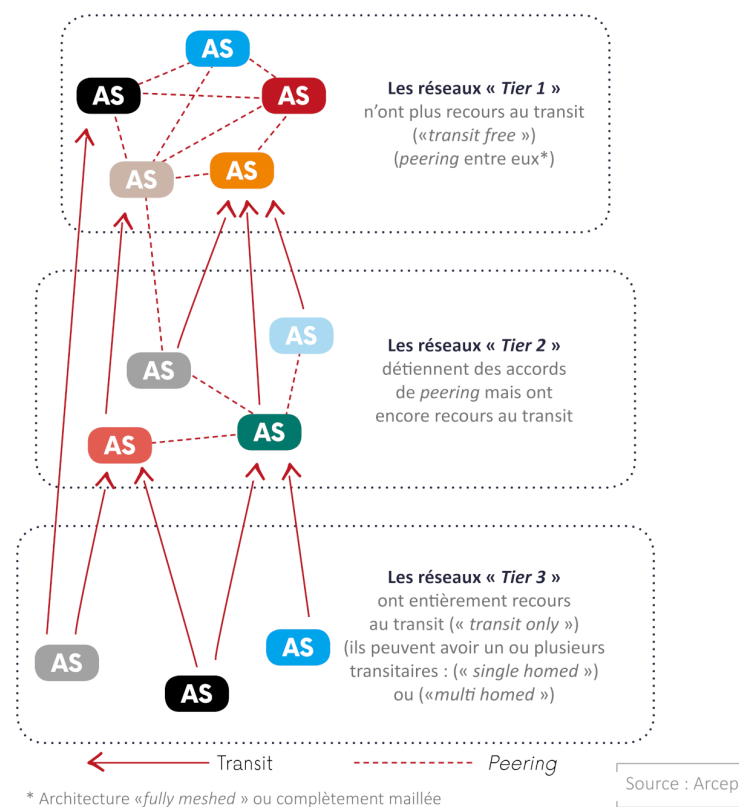
Liste des Tier 1¹¹: AT&T, Lumen Technologies (anciennement CenturyLink / Level 3), Cogent Communications, Deutsche Telekom AG, Global Telecom & Technology, Hurricane Electric*, KPN International, Liberty Global, NTT Communications, Orange, PCCW Global, Sprint, Tata Communications, Telecom Italia Sparkle, Telxius / Telefónica, Telia Carrier, Verizon Enterprise Solutions et Zayo Group.*

- **Tier 2** : ce sont des acteurs de taille moyenne. Ils ont des accords de *peering* entre Tier 2 d'une même zone géographique, mais doivent acheter du transit pour bénéficier d'un accès à l'internet mondial.
- **Tier 3** : ce sont des acteurs encore plus petits, qui n'ont recours qu'au transit pour assurer leur connectivité.

¹⁰ Selon une définition plus restrictive, un Tier 1 doit non seulement être transit free, mais également ne pas avoir recours au *peering* payant pour assurer sa connectivité mondiale.

¹¹ Certains acteurs tendent à ne pas considérer Cogent et Hurricane Electric comme Tier 1 car ils n'annoncent pas toutes les routes d'Internet en IPv6 suite à des conflits entre acteurs. De plus, si Hurricane Electric est Tier 1 en IPv6, il est Tier 2 en IPv4. (Source : lafibre.info)

ORGANISATION HIÉRARCHIQUE DE L'INTERNET



Les Tier 2 et Tier 3, qui ont recours partiellement ou totalement au transit pour assurer leur connectivité globale, peuvent faire le choix de ne recourir qu'à un seul transitaire (ils sont alors dits « single homed ») ou de faire appel à plusieurs transitaires (ils sont dits alors « multi homed »).

Cette hiérarchie n'est pas figée. En effet, en développant ses accords de peering, un Tier 3 peut devenir un Tier 2. Par ailleurs, un Tier 2 peut rentrer en relation de peering avec des Tier 1, devenir un fournisseur de transit et éventuellement avoir le statut de Tier 1 après la mise en place d'accords de peering avec l'ensemble des Tier 1. Une telle stratégie d'évolution paraît aujourd'hui suivie par certains gros FCA et CDN, lesquels tentent de déployer leurs propres infrastructures et de gravir les échelons dans cette structure hiérarchique.

1.7 Cadre de régulation applicable à l'interconnexion

Il arrive ponctuellement – en France comme ailleurs dans le monde – qu'un acteur d'internet observe une dégradation de la qualité d'expérience d'une partie seulement de ses clients, utilisant un FAI donné. Cette dégradation peut trouver sa cause dans l'apparition d'une congestion au niveau de l'interconnexion entre ce FAI et un opérateur acheminant une partie du trafic de l'acteur concerné.

De manière générale, grâce au dispositif de collecte d'informations sur l'interconnexion et l'acheminement de données sur internet, mis en place depuis 2012, l'Arcep dispose d'informations permettant de se forger une première appréciation de la situation.

Par ailleurs, les exploitants de réseaux ouverts au public sont tenus de faire droit aux demandes d'interconnexion des autres exploitants de réseaux ouverts au public présentées en vue de fournir au public des services de communications électroniques. La demande d'interconnexion ne peut être

refusée que si elle est justifiée au regard, d'une part, des besoins du demandeur, d'autre part, des capacités de l'exploitant à la satisfaire. Tout refus d'interconnexion doit être motivé.

En cas de problème éventuel, l'Autorité pourrait exercer les compétences attribuées par le législateur¹², que ce soit par la voie d'une décision de régulation *ex ante*, ou d'une décision de règlement de différend à la demande d'une des parties¹³.

Enfin, même si l'interconnexion n'est pas identique à l'accès à internet et qu'elle n'est pas couverte en tant que telle par le Règlement (UE) 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert¹⁴, les pratiques utilisant l'interconnexion pour brider des flux spécifiques et donc limiter les droits des utilisateurs pourraient être analysées sous l'angle dudit règlement¹⁵.

¹² Article L. 34-8 du code des postes et des communications électroniques.

¹³ Procédure prévue à l'article L. 36-8 du CPCE.

¹⁴ Cf. Arcep, [La neutralité du net : Le cadre réglementaire en Europe](#).

¹⁵ Cf. considérant 7 du règlement internet ouvert et considérants 5 et 6 des lignes directrices du BEREC.

2 État des lieux de l'interconnexion en France en 2023

2.1 Cadre de la collecte et précisions méthodologiques

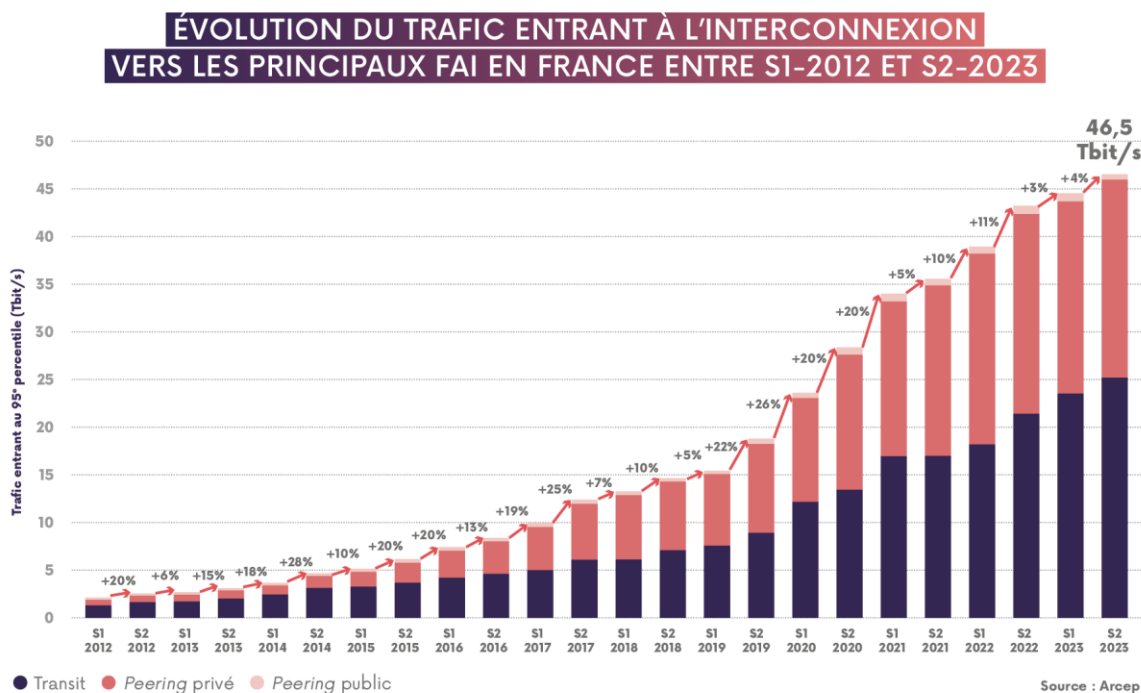
Grâce à la collecte d'information sur l'interconnexion et l'acheminement de données qu'elle réalise, l'Arcep dispose de données techniques et tarifaires sur l'interconnexion du premier semestre de 2012 (S1-2012) au second semestre de 2023 (S2-2023). Bien que le marché de l'interconnexion en France comporte de nombreux acteurs, par souci de confidentialité, la publication des résultats¹⁶ ne porte que sur des données agrégées des quatre principaux FAI en France (Bouygues Telecom, Free, Orange et SFR).

Concernant la méthodologie de collecte, il convient de préciser que seules les interconnexions impliquant les échanges de données les plus volumineux sont analysées dans le cadre du présent baromètre. En effet, la décision n° 2017-1492-RDPI de l'Autorité modifiant la décision n° 2012-0366 relative à la mise en place d'une collecte d'informations sur les conditions techniques et tarifaires de l'interconnexion et de l'acheminement de données précise que sont demandées aux répondants des informations concernant leurs partenaires les plus importants et non tous les partenaires, précisément : *« les 20 principaux partenaires en termes de capacité globale d'interconnexion ou d'acheminement de données (tous points / sites confondus) [et] les partenaires au-delà du 20ème partageant une capacité globale d'interconnexion ou d'acheminement de données supérieure ou égale à 10 Gbit/s avec l'AS concerné et détenant des AS marqués "FR" ou "EU" dans la base de données du RIPE ».*

L'Arcep travaille activement à améliorer l'harmonisation des modes de traitement d'information des opérateurs concernés par cette collecte de données.

¹⁶ 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.

2.2 Trafic entrant



Le trafic entrant vers les quatre principaux FAI en France à l'interconnexion est passé de à 43,2 Tbit/s fin 2022 à 46,5 Tbit/s fin 2023, marquant ainsi une augmentation de 7,6 % en un an.

Cette hausse est toutefois moindre que celle constatée entre fin 2021 et fin 2022, estimée à 21,5 %. Cette décélération de la consommation de bande passante est cohérente avec l'évolution de la consommation de données mobiles publiée par l'Arcep dans son Observatoire¹⁷. Elle peut notamment s'expliquer :

- d'une part, par l'évolution de la demande ; le Baromètre du numérique de 2023¹⁸ souligne par exemple une croissance faible de la proportion d'abonnés à au moins un service de vidéo à la demande (56 %, +1 point en un an), après plusieurs années de forte hausse ;
- d'autre part, par des efforts entrepris par certains acteurs du contenu en termes de compression et d'optimisation du trafic, tels que le recours à des CDN internes.

Au deuxième semestre de 2023, le trafic entrant dans le réseau des opérateurs est partagé essentiellement entre transit (54,1 % environ) et *peering* privé (44,7% environ), avec une petite portion du trafic attribuable au *peering* public, celui ayant lieu dans les points d'échanges internet, ou IXP (1,2%). En 2023, le transit est donc majoritaire, alors qu'en 2022, le rapport était plus équilibré : 48,5 % de *peering* privé contre 49,5 % de transit (et 2 % de *peering* public). En effet, entre fin 2022 et fin 2023, le transit a augmenté de 17,6 % alors que le *peering* privé est resté quasiment stable (-0,8%). Le *peering* public est revenu au volume d'il y a cinq ans, en accusant une diminution de 33,5%.

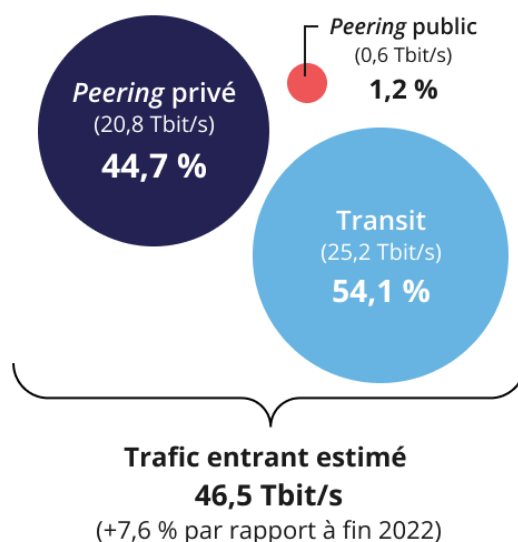
La part élevée du transit élevé s'explique en grande partie par le trafic de transit entre Open Transit International (OTI), *Tier 1* appartenant à Orange, et le Réseau de Backbone et de Collecte Internet

¹⁷ Voir les chiffres de l'[Observatoire des marchés des communications électroniques en France de l'Arcep](#)

¹⁸ Arcep, Arcom, CGE, ANCT, [Baromètre du numérique 2022](#)

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 2023)



* Bouygues, Free, Orange, SFR.
Source : Arcep.

Usages numériques des Français et trafic à l'interconnexion, quel lien ?

Le trafic mesuré au point d'interconnexion par les opérateurs est influencé par les usages numériques des Français, mais n'en est pas la représentation exacte.

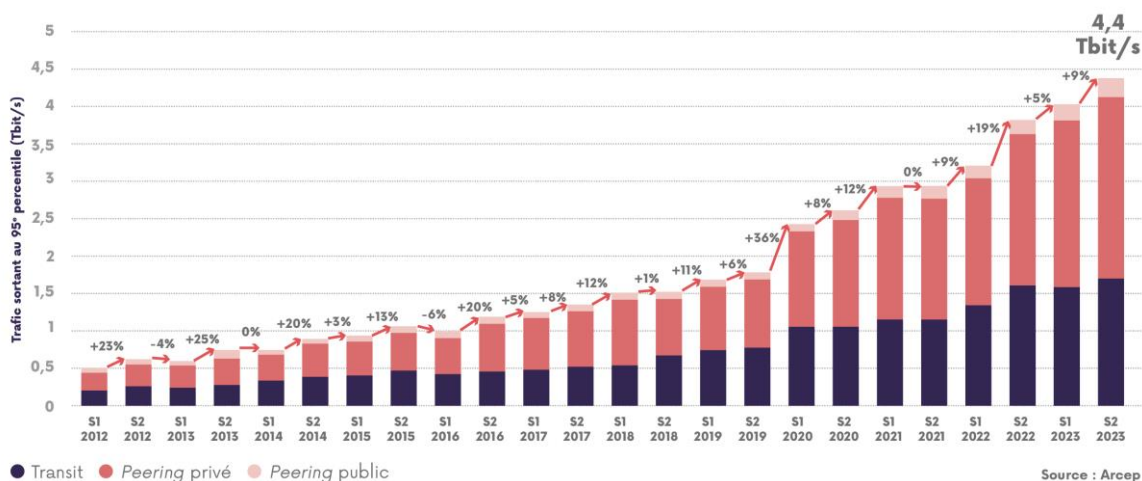
Le point d'interconnexion est l'endroit où le trafic est échangé avec les partenaires des opérateurs ; il ne s'agit pas d'une mesure effectuée au niveau du terminal de l'utilisateur final. Or, le trafic mesuré ainsi à son arrivée dans le réseau de l'opérateur, n'y entre pas uniquement pour satisfaire les besoins des utilisateurs finals. Une part (relativement marginale) des données échangées peut transiter par le réseau d'un FAI pour atteindre une autre destination : un autre opérateur par exemple.

En complément des informations qu'apporte le baromètre de l'interconnexion, l'Arcep collecte et publie d'autres données qui peuvent permettre de mieux appréhender les usages numériques sur internet, en particulier la consommation de données mobiles dans le cadre de [l'Observatoire des marchés des communications électroniques en France](#). Le [Baromètre du numérique](#) annuel, piloté en partenariat avec l'Arcom, le CGE et l'ANCT livre une synthèse plus qualitative des usages numériques des Français.

2.3 Trafic sortant

À la fin de l'année 2023, le trafic sortant du réseau des quatre principaux FAI en France à l'interconnexion atteint environ 4,4 Tbit/s, soit une augmentation de 14,6 % en comparaison avec fin 2022. Cette augmentation est moins importante que celle de l'année précédente (30 %). Entre 2012 et 2023, ce trafic a été multiplié environ par 9.

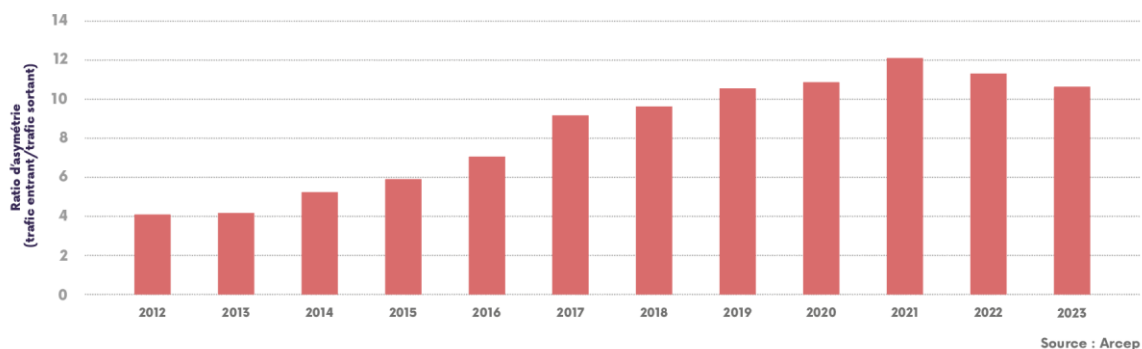
ÉVOLUTION DU TRAFIC SORTANT À L'INTERCONNEXION DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE S1-2012 ET S2-2023



Le trafic sortant demeure donc plus faible que le trafic entrant, en raison de l'asymétrie des usages : en volume, les utilisateurs finaux reçoivent davantage de données qu'ils n'en envoient.

Le ratio d'asymétrie entre les trafics entrant et sortant du réseau des principaux FAI continue néanmoins la baisse amorcée en 2022 : en 2023, pour 1 Gbit/s de trafic transmis dans le sens sortant, il y a eu 10,6 Gbit/s dans le sens entrant, contre 11,3 Gbit/s en 2022. Cette évolution peut correspondre à une conséquence de la moindre croissance du trafic sortant décrite plus haut (le trafic entrant augmente moins), ainsi qu'à une possible augmentation du trafic sortant du réseau des FAI.

ÉVOLUTION DU RATIO D'ASYMÉTRIE ENTRE TRAFIC ENTRANT ET TRAFIC SORTANT À L'INTERCONNEXION POUR LES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE ENTRE 2012 ET 2023



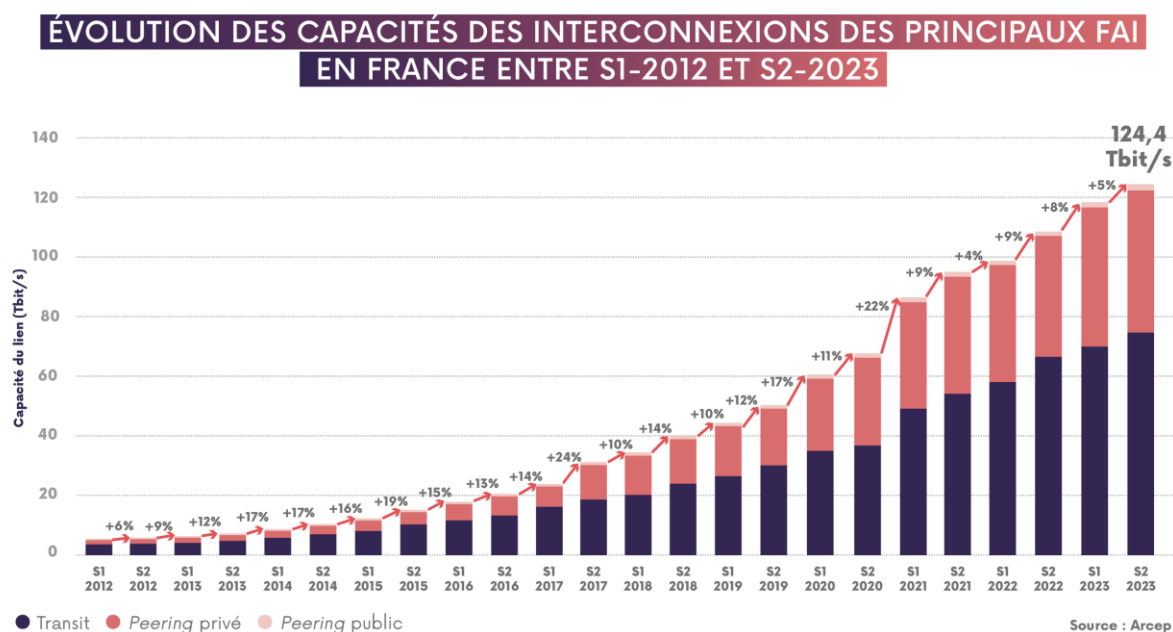
Outre les analyses mentionnées plus haut sur la moindre croissance du trafic entrant, plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer l'évolution du trafic sortant, participant à l'accroissement du taux d'asymétrie. Une première est la progression de modes de diffusion du contenu qui pourraient s'appuyer davantage sur le trafic sortant, avec des technologies proches du *peer-to-peer* (voir la sous-partie « **Focus sur l'évolution du transport du trafic vidéo** »). Une autre hypothèse serait celle de la publication de vidéos sur les réseaux sociaux numériques : les utilisateurs finaux enverraient davantage de vidéos sur internet, ce qui ferait progresser le trafic sortant du réseau des opérateurs.

2.4 Évolution des capacités installées

La capacité d'une interconnexion désigne la quantité maximale de trafic qu'un lien entre deux systèmes autonomes (AS)¹⁹ est capable de supporter. Pour assurer une bonne qualité de service, les opérateurs veillent à ce que cette capacité soit supérieure au trafic échangé : cela permet notamment d'anticiper un pic imprévu.

Ainsi, lorsqu'une interconnexion présente un trafic échangé trop proche de sa capacité, elle peut saturer, c'est-à-dire qu'il peut y avoir une congestion du lien. Cette situation peut avoir une incidence directe sur la qualité de service ressentie par l'utilisateur final, pour qui, par exemple, un service peut sembler plus lent à charger que de coutume.

Comme les capacités installées anticipent l'augmentation des usages, elles permettent d'appréhender les évolutions prévues par les opérateurs.



Les capacités installées à l'interconnexion à la fin de l'année 2023 sont estimées à environ 124,4 Tbit/s ; elles sont donc 2,7 fois plus importantes que le trafic entrant. Ce ratio entre les capacités installées et le trafic entrant, calculé à partir de volumes cumulés, n'exclut pas l'existence d'épisodes

¹⁹ Ensemble de réseaux gérés par une même autorité administrative et ayant des protocoles de routage relativement homogènes. Exemples : AS5410 (Bouygues Télécom), AS12322 (Proxad – Free), AS3215 (RBCI – Orange), AS15557 et AS21502 (SFR), AS16276 (OVH), AS12876 (Online), etc.

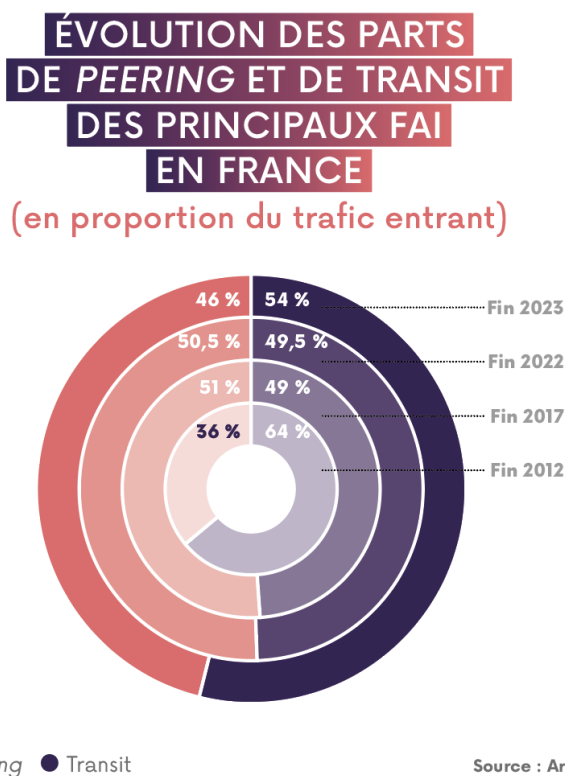
de congestion, qui peuvent survenir entre deux acteurs sur un ou plusieurs lien(s) particulier(s), en fonction de leur état à un instant donné.

Les capacités ont connu une augmentation du même ordre que l'année dernière, à savoir 15 % d'augmentation depuis fin 2022 (contre 14 % d'augmentation entre fin 2021 et fin 2022). La hausse des capacités des interconnexions est plus forte que la hausse du trafic entrant en 2023, cette dernière estimée plus haut à 7,6 %.

2.5 Évolution des modalités d'interconnexion

2.5.1 *Peering* vs. Transit

Historiquement, la part de *peering* augmentait d'une façon régulière. Cette croissance était principalement due à l'augmentation des capacités installées en *peering* privé entre les FAI et les principaux FCA.



Cependant, **depuis fin 2020, le *peering* amorce une baisse** (53 % à fin 2020, 50% à fin 2022, pour attendre 46% fin 2023). 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.

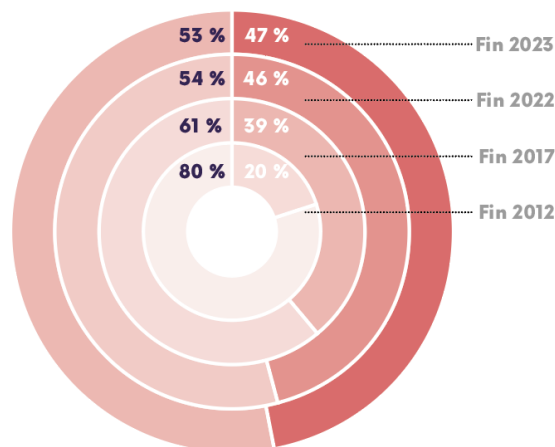
2.5.2 Peering gratuit vs. peering payant

Le *peering*, privé comme public, peut faire l'objet d'un accord économique entre les acteurs impliqués.

Ce qui est nommé ci-après « *peering* gratuit » concerne les accords de *peering* symétriques (voir la sous-partie 1.5.2). Ces accords, généralement passés de façon informelle (sans contrat écrit) entre les acteurs, sont appelés « gratuits » parce que les deux parties de la relation investissent dans l'interconnexion à parts égales et non parce qu'il n'y aurait aucun échange monétaire. Le coût de l'interconnexion est donc ici sous-entendu. Par exemple, le *peering* public peut être considéré comme « gratuit, » bien que l'adhésion à l'IXP puisse faire l'objet d'un paiement récurrent. De même une relation de *peering* privé considérée comme « gratuite » ici peut faire l'objet d'un investissement des deux parties pour en augmenter la capacité.

Ce qui est appelé « *peering* payant » dans ce baromètre concerne les relations de *peering* asymétriques, qui font en général l'objet d'un accord de paiement formalisé (avec contrat écrit) entre les deux parties.

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)



● Peering gratuit ● Peering payant

Source : Arcep

Alors que la part du *peering* payant baissait de 2 points entre fin 2021 et fin 2022, la part du *peering* payant dans le trafic entrant chez les quatre principaux FAI en France est passée de 46 % fin 2022 à 47 % fin 2023.

2.6 Points d'échange Internet (IXP)

Les points d'échange sont les lieux où se connectent les opérateurs en *peering* public. Les quatre principaux opérateurs en France (Orange, SFR, Bouygues, Free) sont présents sur des IXP. En France, on compte une vingtaine d'IXP, répartis un peu partout sur le territoire, y compris dans les DOM. Ces points d'échange sont gérés soit par des structures associatives (à but non lucratif) soit des entreprises. Les deux IXP les plus importants en France sont France IX et Equinix.

À la fin 2023, les IXP représentent au total environ 0,2 Tbit/s en sortie et environ 0,6 Tbit/s en entrée du trafic déclaré par ces opérateurs. Ce trafic a chuté de 33,5% depuis la fin 2022, où il atteignait pour mémoire 0,9 Tbit/s.

2.7 Part des CDN internes dans le trafic à destination de l'utilisateur final

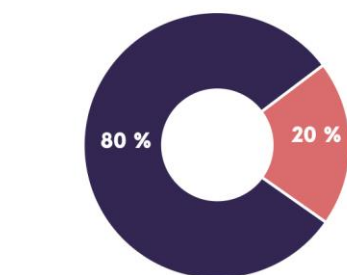
Les FCA cherchent de plus en plus à se rapprocher des clients finals. Pour ce faire, ils effectuent des partenariats avec les FAI afin que leur contenu soit hébergé dans des serveurs-cache placés à l'intérieur du réseau des opérateurs. Ces CDN internes peuvent être ceux de l'opérateur qui les héberge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

Entre fin 2022 et fin 2023, le trafic provenant des CDN internes vers les clients des principaux FAI en France a légèrement augmenté, passant de près de 10,62 Tbit/s à 11,37 Tbit/s. Le *peering* et le transit restent des modes d'interconnexion largement utilisés par les opérateurs, mais les CDN internes se sont bien installés dans le paysage depuis leur apparition, et **le taux de trafic provenant des CDN internes compte pour 20 % du trafic à destination des clients des FAI.**

Ce taux varie fortement d'un FAI à l'autre : chez certains opérateurs le taux de trafic 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—de ce trafic.

Par ailleurs, le ratio entre le trafic provenant de l'interconnexion pour alimenter le cache du CDN internet et le trafic émis par le CDN interne à destination des utilisateurs finals varie entre 1/7 et 1/15 en fonction de l'opérateur. Autrement dit, **les données rendues disponibles au moyen des CDN internes sont consultées entre 7 et 15 fois en moyenne.**

RÉPARTITION ENTRE LES DIFFÉRENTS MODES D'INTERCONNEXION DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2023)



● Autres ● CDN internes

Source : Arcep



Source : Arcep

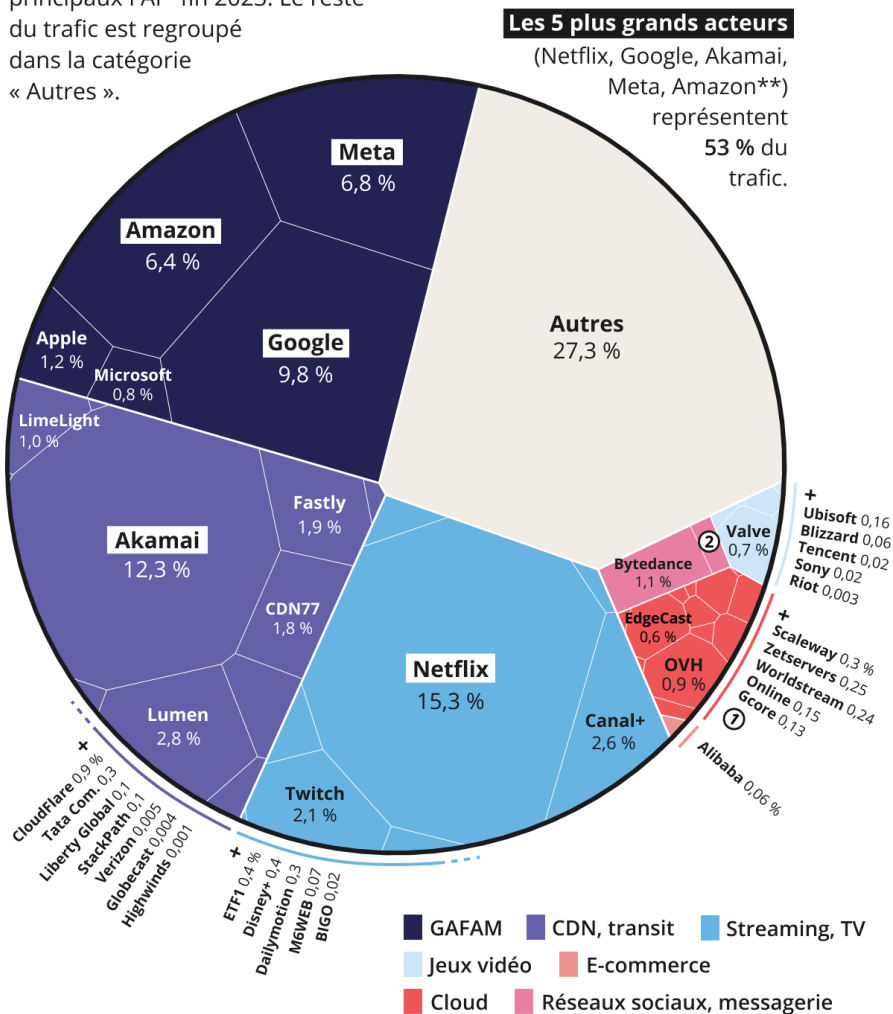
2.8 Décomposition du trafic selon l'origine

À partir des données collectées auprès des opérateurs²⁰, l'Arcep peut estimer la proportion de trafic issus de certains FCA et d'acteurs du transport de contenu (CDN tiers notamment), quand ces derniers sont identifiables, rapportée au volume total constaté à l'interconnexion.

Il convient de noter que les données relatives à l'interconnexion analysées ici concernent des relations directes entre acteurs. Ainsi, un contenu hébergé *via* un acteur tiers et ne faisant donc pas l'objet d'une interconnexion directe avec un FAI déclarée à l'Autorité, ne sera pas identifié dans le graphique présenté ci-dessous.

DÉCOMPOSITION SELON L'ORIGINE DU TRAFIC VERS LES CLIENTS DES PRINCIPAUX FAI EN FRANCE (FIN 2023)

Pourcentage du trafic entrant au point d'interconnexion de 47 acteurs liés au transport ou à la production de contenu déclarés par les principaux FAI* fin 2023. Le reste du trafic est regroupé dans la catégorie « Autres ».



²⁰ Ici aussi, les données agrégées concernent seulement les quatre principaux opérateurs commerciaux en France.

Ce graphique présente ainsi une agrégation du trafic des principaux FAI distribuée en fonction des partenaires avec lesquels les opérateurs sont interconnectés. En 2023, Netflix demeure l'acteur avec la part de trafic la plus élevée, estimée à 15,3 %, en baisse significative par rapport à 2022 (pour mémoire, 19,7 %). La part d'Akamai – CDN spécialisé dans la mise à disposition de serveurs-cache à des tiers – progresse d'un peu plus de 3 points par rapport à 2022 pour atteindre 12,3 %. La croissance assez forte de la part d'Akamai pourrait s'expliquer par la croissance de la demande de contenus vidéo, qui sont souvent hébergés sur des CDN tiers pour des raisons d'optimisation du trafic. Les parts de Google et Meta reculent respectivement de 0,8 points et de 1,3 point en comparaison à l'année dernière et s'élèvent respectivement à 9,8% et 6,8 % du trafic entrant fin 2023. Celle d'Amazon recule légèrement pour atteindre 6,4 % fin 2023 contre 7 % l'année précédente. La part de Twitch passe de 3 % fin 2022 à 2,1 % fin 2023. En dehors de ces cinq acteurs, on peut relever la progression de la part de Bytedance, la maison mère de TikTok, dont le volume a doublé depuis 2021.

Certains fournisseurs de services, pourtant très utilisés par les utilisateurs, ne sont pas représentés puisque leur trafic est acheminé via des intermédiaires (CDN, transitaires, etc.) jusqu'au point d'interconnexion des FAI. À titre d'illustration, des acteurs de l'audiovisuel – TF1, M6, France TV ou des plateformes comme Disney Plus²¹ – acheminent une partie ou la totalité de leur trafic *via* des CDN ou d'autres intermédiaires techniques de l'internet, ce qui explique la faible part du trafic attribué à ces acteurs dans le graphique p.19. Des acteurs du contenu, représentés sur le graphique, peuvent aussi acheminer une partie de leur trafic *via* des intermédiaires techniques et donc être associés à une part de trafic relativement moins importante que leur usage réel au niveau du terminal de l'utilisateur.

2.8.1 Focus sur l'évolution du transport du trafic vidéo

Comme l'indique l'entreprise Sandvine²² dans son rapport sur l'usage des réseaux dans le monde (voir encadré), la vidéo constitue la principale source de trafic transportée *via* internet.

Compte tenu de l'augmentation régulière du trafic vidéo, les fournisseurs de services vidéo sont incités à optimiser continuellement leur infrastructure de diffusion.

Le recours aux transitaires constituait l'option « historique », seule disponible aux débuts d'internet. Toutefois, les principaux fournisseurs de services se sont progressivement affranchis de ces derniers en s'interconnectant directement avec les FAI au travers d'accords de *peering*.

En outre, afin d'améliorer la qualité de service, ces fournisseurs ont rapproché le contenu au plus près des utilisateurs finals en s'appuyant sur un ensemble de serveurs-cache répartis dans le monde entier, généralement au plus près des points d'interconnexion des FAI. Il s'agit de « réseaux de distribution de contenu » (CDN) dont les prestations se substituent ainsi au transport longue distance à travers internet de contenus dont la source était jusqu'alors centralisée chez l'éditeur.

Alors que les CDN étaient initialement exploités par des sociétés spécialisées telles que Cloudflare, Akamai ou Lumen, qui offraient leurs services sur le marché, les principaux FCA (Google, Netflix ou Meta) ont développé leurs propres infrastructures de CDN pour optimiser l'acheminement de leur contenu.

Une évolution des CDN observée depuis quelques années pour d'améliorer leur qualité de service des contenus vidéo, consiste à installer les serveurs-cache directement au sein du réseau des FAI afin de les rapprocher encore plus près des utilisateurs finals. C'est ce que l'on appelle les CDN « internes » par opposition aux CDN préexistants qualifiés de « tiers ». Les serveurs de ces CDN internes peuvent

²¹ Voir « [Disney+ compte près de 130 millions d'abonnés, nettement plus qu'attendu](#) », *Le Parisien*, 10 février 2022.

²² Sandvine, 2024, [The Global Internet Phenomena report](#)

appartenir à l'opérateur qui les héberge ou à des tiers. Les exemples les plus notables sont les serveurs OCA (*Open Connect Appliance*) de Netflix²³, et *Google Global Cache* (GGC)²⁴.

Dernière évolution en date, certains FCA mettent en place des technologies de redistribution du flux des vidéos en *peer-to-peer*²⁵, qui utilisent les utilisateurs finals ayant consulté un contenu comme intermédiaires pour le diffuser vers d'autres utilisateurs finals. Contrairement aux CDN internes qui contribuent à limiter l'augmentation, voire à réduire, du trafic entrant à l'interconnexion des FAI, le *peer-to-peer* peut induire une augmentation du trafic sortant de ces mêmes interconnexions.

Analyse du trafic et usage de la vidéo par Sandvine

L'entreprise Sandvine produit chaque année un rapport sur l'usage des réseaux dans le monde. La méthodologie mise en œuvre dans ce rapport, qui consiste en l'analyse du contenu du trafic classifié en fonction du type d'application détecté²⁶, est différente de celle du Baromètre de l'interconnexion²⁷.

En 2023, Sandvine a modifié sa méthodologie et affiné ses catégories, en séparant notamment le fixe du mobile. Au niveau mondial, les applications de vidéo consommeraient de manière générale 38 % du trafic entrant (39 % du volume entrant fixe et 31 % du volume entrant mobile). A titre de comparaison, les applications de réseaux sociaux représenteraient 18 % du volume entrant fixe et 35 % du volume entrant mobile et l'IPTV 11 % du volume entrant fixe et 1 % du volume entrant mobile²⁸. Sur les réseaux sociaux, l'entreprise attribue la prédominance de ces applications en termes de volume entrant sur le mobile en partie au partage de vidéos par les utilisateurs finals, sur TikTok ou Facebook Messenger.

Concernant le jeu vidéo²⁹, la consommation du trafic – estimée par Sandvine à 7% du volume entrant fixe et mobile - est essentiellement liée au téléchargement des jeux et au *streaming* des parties diffusées, en direct ou à la demande, à des utilisateurs finals (via Twitch, par exemple), et non par l'usage du jeu lui-même. Le rapport met par ailleurs en avant le décollage possible du « *cloud gaming* » d'ici 2030 : selon les chiffres de Sandvine, le « *cloud gaming* » ne consommerait que 0,07% du trafic mondial entrant sur le fixe et 0,06% sur le mobile en 2023.

Par ailleurs, l'entreprise identifie une augmentation du trafic sortant, qu'elle attribue sur le fixe à une augmentation du trafic de partage de fichiers (28 % du volume de trafic fixe sortant) et au partage de vidéos (23 % du volume de trafic fixe sortant). Sur le mobile, les médias sociaux seraient responsables de 23 % du volume de trafic sortant suivis par les applications de communication (16 % du volume de trafic sortant mobile).

²³ Netflix, « [Bienvenue dans le programme Open Connect](#) », *Open Connect*

²⁴ Google, « [Introduction to GGC](#) », *Google Help Center*.

²⁵ Voir par exemple, Guénaël Pépin, « [La Coupe du monde de football racontée par des acteurs de la vidéo en ligne](#) », *NextINpact*, 25 juillet 2018.

²⁶ Sandvine, 2024, [The Global Internet Phenomena report](#), p.5.

²⁷ Pour rappel, le baromètre de l'interconnexion repose sur une observation des volumes de données en fonction de l'AS d'origine, sans avoir accès au contenu lui-même.

²⁸ Sandvine utilise une méthodologie de comptabilisation du volume de trafic différemment que le présent baromètre. L'entreprise évalue un volume journalier, par ce qu'ils appellent « application » divisé par le nombre d'abonnés utilisant ladite « application ».

²⁹ Catégorie « *Devices gaming* » dans la classification de Sandvine.

2.9 Tarifs des interconnexions

2.9.1 Calcul du prix du transit

Afin d'interconnecter deux réseaux, un lien d'interconnexion avec une capacité donnée est mis en place. La prestation de transit est généralement facturée en fonction du trafic écoulé sur ce lien en Mbit/s, calculé au 95^e centile.

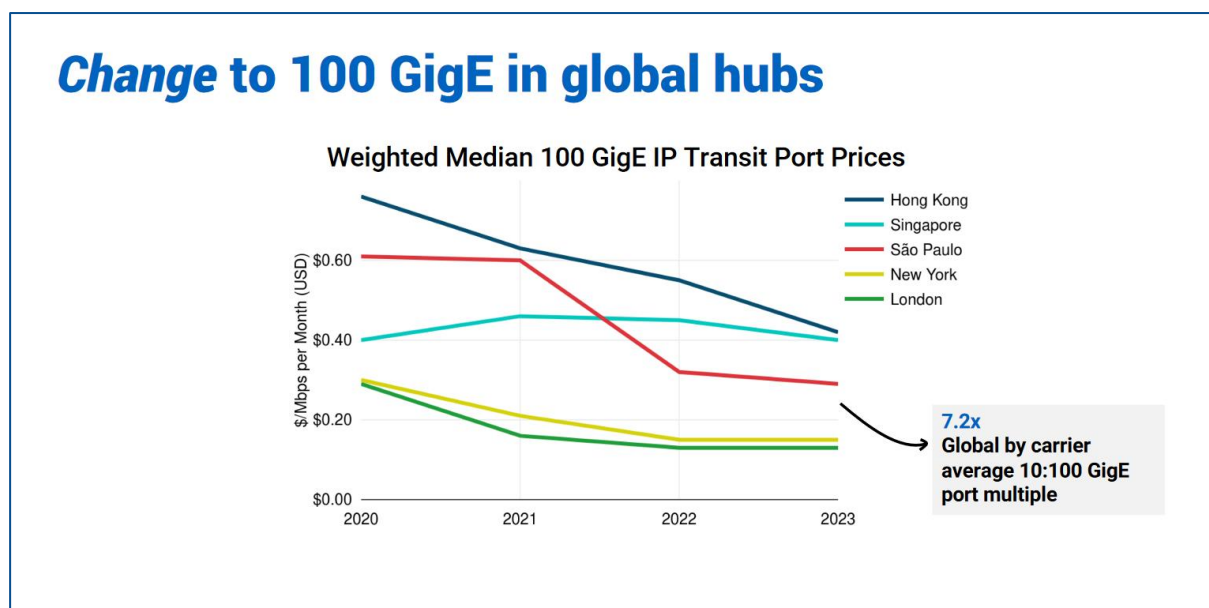
La mesure d'un trafic au 95^e centile correspond à la valeur maximale du débit échangé, en ignorant cependant les 5% du temps les plus chargés.

Par ailleurs, un seuil minimal de trafic (appelé « *commit* ») ainsi qu'une durée d'engagement peuvent être établis par l'opérateur fournisseur, ce qui lui garantit un revenu minimum.

2.9.2 Évolution des tarifs

Le tarif constaté des prestations de transit a diminué régulièrement au cours du temps du fait de la combinaison de l'augmentation des volumes de trafic, de la baisse des coûts unitaires des équipements et de la pression concurrentielle.

Variant de moins de 5 centimes à quelques euros HT par mois et par Mbit/s selon la capacité et la localisation, on observe que la baisse, observée au cours des dix dernières années, est de moins en moins forte d'une année sur l'autre.



Tendances d'évolution des prix du transit en Europe. Source : Telegeography.

En ce qui concerne les tarifs des prestations de *peering* payant, ceux-ci sont stables, et se négocient toujours entre une vingtaine de centimes d'euros et quelques euros HT par mois et par Mbit/s³⁰.

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.

³⁰ Les fourchettes de tarifs ne reflètent que les tarifs que les acteurs ayant répondu au questionnaire payent pour les prestations de transit, *peering* ou CDN internes.

3 Glossaire

- **AS** : Ensemble de réseaux gérés par une même autorité administrative et ayant des protocoles de routage relativement homogènes. Exemples de certains AS en France : AS5410 (Bouygues Télécom), AS12322 (Proxad – Free), AS3215 (RBCI – Orange), AS15557 et AS21502 (SFR), AS16276 (OVH), AS12876 (Online), etc.
- **CDN** (Content Delivery Network) : réseau de diffusion de contenu sur internet.
- **CDN interne** : CDN situé directement dans le réseau des FAI.
- **FAI** : Fournisseur d'Accès à Internet.
- **FCA** (Fournisseurs de Contenu et d'Applications) : fournisseurs du contenu (pages web, blogs, vidéos) et/ou des applications (moteurs de recherche, applications VoIP) sur internet.
- **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.
- **OTT** (over-the-top) : qualifie les services de communications électroniques fournis par des FCA sur internet
- **Peering** : désigne l'échange de trafic internet entre deux pairs (ou peers). Un lien de peering peut être gratuit ou payant (pour celui qui envoie le plus de trafic vers son pair). Le peering peut par ailleurs être public, lorsqu'il est réalisé à un IXP (Internet Exchange Point), ou privé, lorsqu'il s'effectue dans le cadre d'un PNI (Private Network Interconnect), c'est-à-dire d'une interconnexion directe entre deux opérateurs.
- **Politique de peering** (ou peering policy) : désigne un document de référence, généralement public, contenant les stratégies des opérateurs en matière d'interconnexion.
- **Tier 1** : réseau capable de joindre tous les réseaux internet par une interconnexion directe (peering) sans avoir de transitaire. En 2018, 18 opérateurs sont Tier 1 : AT&T, CenturyLink/Level 3, Cogent Communications, Deutsche Telekom AG, Global Telecom & Technology, Hurricane Electric, KPN International, Liberty Global, NTT Communications, Orange, PCCW Global, Sprint, Tata Communications, Telecom Italia Sparkle, Telxius/Telefónica, Telia Carrier, Verizon Enterprise Solutions, Zayo Group.
- **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
- **Utilisateurs finals** : Les individus qui utilisent leurs propres équipements et contractent un abonnement auprès d'un FAI pour accéder à du contenu sur internet