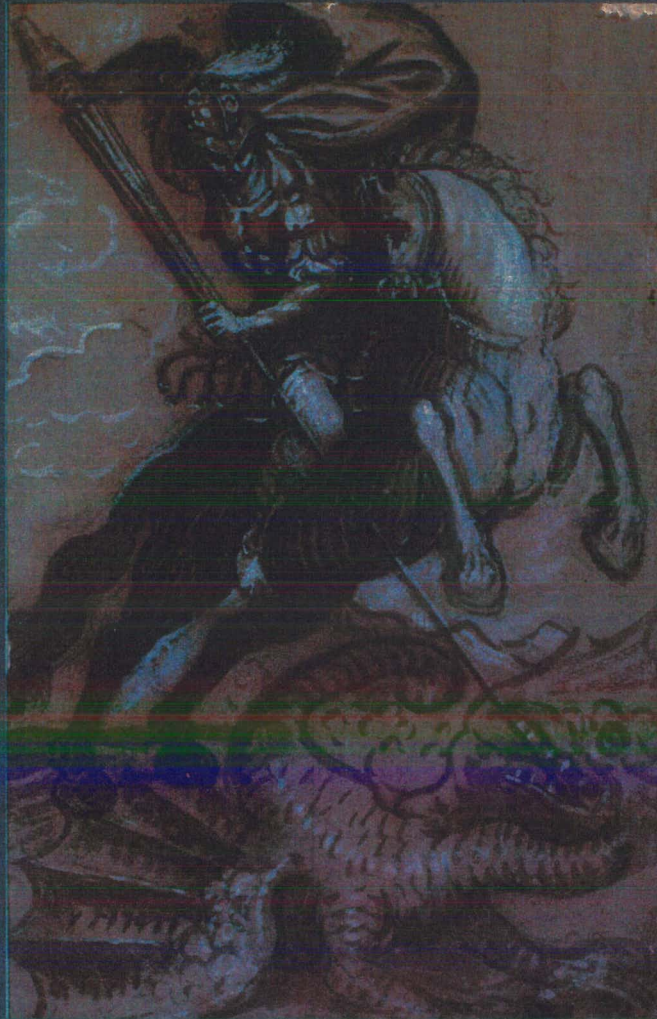


Enjeux numériques



Quelles infrastructures numériques du futur ?

N°27 - SEPTEMBRE 2024

LES ANNALES
DES MINES

— ONT 230 ANS —

1794 '2024

*Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines-Télécom*

Convergence des infrastructures numériques : un point de vue économique

Par Laurent BENZONI

Université Paris-Panthéon-Assas et Tera Consultants

L'activité des opérateurs de télécommunications (TELCOS) est territoriale, celle des fournisseurs majeurs de contenus et d'applications (GAFAM) est mondiale. Il s'ensuit pour les TELCOS une taille plus réduite, une dette plus élevée, une moindre profitabilité. Avec la convergence, les GAFAM descendent la chaîne de valeur de l'infrastructure numérique pour offrir des services intégrés et capter une valeur plus grande. Ils se rapprochent des TELCOS mais restent à l'écart de la boucle locale. Chaque abonné d'une TELCO requiert un investissement considérable en comparaison des services d'un GAFAM.

Si les TELCOS ont échoué à remonter vers l'amont de la chaîne de valeur, l'émergence du *slicing* offre l'opportunité d'offrir une connectivité différenciée pour mieux valoriser les conditions d'accès à leurs réseaux et à leurs abonnés. Cependant, le respect de la neutralité du net et le recours à l'intelligence artificielle pour implémenter ces offres limiteront les marges de manœuvre des TELCOS.

Le progrès technique constant enregistré en amont dans la conception et la fabrication des composants électroniques se traduit en aval par un effondrement des coûts de traitement, de stockage et de transport des signaux numérisés. Désormais, les réseaux de télécommunications numérisés assurent une connectivité favorisant l'intégration/convergence des réseaux avec les systèmes de traitement et de stockage des informations qui se situaient historiquement à leur périphérie (*edge*). S'est ainsi formé un écosystème se traduisant par des offres de services nouvelles et innovantes que ce soit pour les ménages (vidéo à la demande par abonnement par exemple) ou les entreprises (*software*, plateforme, infrastructure, *network as a service*).

Cet écosystème fonctionne grâce à la complémentarité technique de tous les éléments qui le composent. Désormais et *de facto*, les réseaux de communication constituent l'un de ces éléments au sein d'un ensemble bien plus vaste qualifié d'infrastructure numérique, spécifiant ainsi la convergence entre des secteurs et des activités qui fonctionnaient auparavant de façon relativement indépendante. La synergie croissante et forte des activités pour l'offre de services au niveau des consommateurs, ménages ou entreprises, brouille, voire efface, les frontières existantes entre différents métiers. Les acteurs issus de ces différents métiers doivent désormais se positionner dans l'écosystème de l'infrastructure numérique en fonction des risques et des opportunités que constitue ce nouvel environnement en évaluant au mieux leurs forces et leurs faiblesses.

Cet article apporte données et faits pour alimenter concrètement la réflexion autour de ce phénomène de convergence qui, de l'avis consensuel des analystes et observateurs, constituera un enjeu majeur pour l'Union européenne et notamment, pour la France.

CONVERGENCE : LE POIDS ÉCONOMIQUE DÉCROISSANT DES RÉSEAUX DE COMMUNICATIONS ÉLECTRONIQUES EN DÉPIT D'UNE FONCTION TOUJOURS ESSENTIELLE

Historiquement, les réseaux constituaient le socle de l'infrastructure des communications. En 2010, l'Arcep établit que le montant du chiffre d'affaires des opérateurs de réseaux fixes de communications électroniques atteignait 16,5 milliards d'euros tandis que celui des mobiles montait à 19,5 milliards, soit un total de 36 milliards d'euros dégagés par les opérateurs de réseaux de communication.

Treize années plus tard, ces deux marchés ne comptent plus que pour 32 milliards, une baisse de 11 % en euros courants, soit bien plus encore en euros constants (*cf.* Tableau 1). La baisse du chiffre d'affaires dans les services mobiles qui paraît paradoxale au regard de sa diffusion spectaculaire dans la société s'explique avant tout par la guerre des prix déclenchée par l'arrivée d'un quatrième opérateur.

Tableau 1 : Le marché des services de télécommunication fixes et mobiles en France de 2010 à 2023 en Mds € (Source : Observatoire des marchés des communications électroniques, Arcep).

	2010	2023	Variation
Fixes	16 544 €	16 998 €	+ 3 %
Mobiles	19 458 €	15 125 €	- 22 %
Total	36 002 €	32 123 €	- 11 %

L'explosion de la consommation de données et la révolution numérique ne se lisent donc pas dans les ventes des opérateurs de réseau installés en France. Elles se retrouvent en revanche, bien plus dans les chiffres de leurs investissements qui ont dépassé 150 milliards d'euros sur la période 2010-2023, soit plus de 11 milliards d'euros par an en moyenne. Il faut noter que ce total inclut 10 milliards d'euros versés à l'État par les opérateurs pour l'obtention de leurs autorisations d'utilisation des fréquences pour les services mobiles¹.

Au-delà des activités de réseau, l'Arcep collecte aussi le chiffre d'affaires des services à valeur ajoutée relevant de ses prérogatives et les ventes de terminaux mobiles des opérateurs, soit un total supplémentaire de 4,4 milliards d'euros en 2023.

L'infrastructure numérique dépasse désormais amplement le seul périmètre des réseaux et des services sous contrôle de l'Arcep. Malheureusement, il n'existe pas de représentation standardisée de l'écosystème. Les périmètres des marchés et des activités fluctuent en fonction des informations disponibles ou des besoins des études. Deux découpages verticaux seront retenus ici :

- Un premier découpage représente la chaîne de valeur de l'écosystème numérique articulée autour de 7 secteurs d'activités partant de la production de contenus en amont jusqu'à la distribution des biens et services en aval (*cf.* en marron sur la Figure 1). Ce découpage est utile pour repérer le positionnement des acteurs, en particulier ceux intégrés sur plusieurs maillons de la chaîne de valeur. Par exemple, Amazon est présent sur les maillons de la production de contenus, de la fourniture de contenus et d'applications, d'*enabler*, de fourniture de terminaux et de la distribution.

¹ Ce chiffre n'inclut pas le 1 % du chiffre d'affaires versé pour l'usage des fréquences, soit 2,8 milliards d'euros versés en sus à l'État par les opérateurs sur la période.

- Un second découpage représente l'infrastructure numérique articulée autour de 6 fonctions nécessaires pour assurer la bonne délivrance des services produits en amont aux consommateurs qui les utilisent en aval (en bleu sur la Figure 1 notamment). Utilisé notamment par l'Arcep pour appréhender l'évolution de l'interconnexion entre les réseaux, ce second découpage constitue, comme montré sur la Figure 1, une subdivision des quatre maillons centraux de la chaîne de valeur présentés dans le premier découpage.

Dans la partie grisée entre les deux découpages sont présentés synthétiquement 24 segments afin de concrétiser et mieux spécifier les services et métiers concernés à chaque étape de la chaîne de valeur.

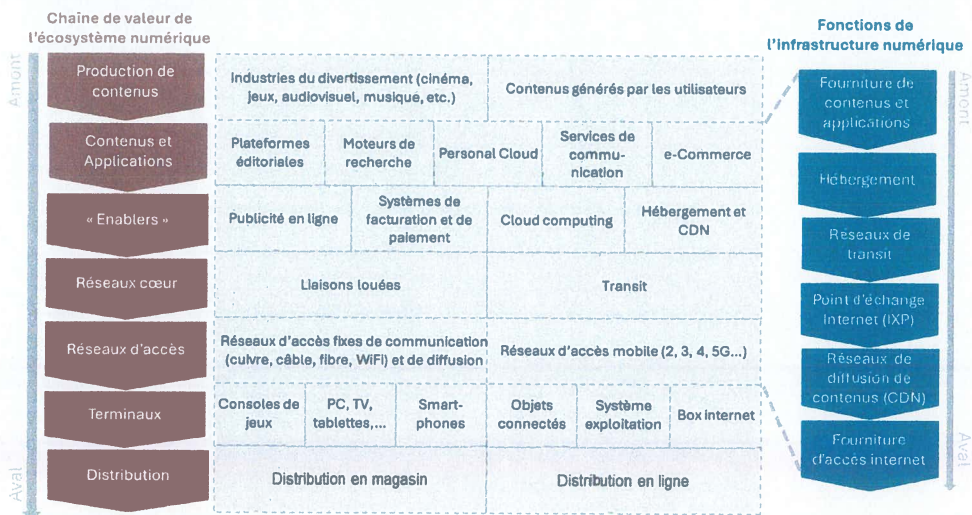


Figure 1 : Chaîne de valeur de l'écosystème numérique et fonctions de l'infrastructure numérique (Source : d'après l'Arcep et Tera Consultants).

Faute de collecte d'informations centralisée et normalisée, l'évaluation économique précise des composantes constitutives de la chaîne de valeur ou des fonctions de l'infrastructure numérique reste très complexe. Les chiffres publiés sont peu cohérents entre eux et d'une fiabilité incertaine. On peut procéder par touches afin de cerner les grandeurs en cause.

Au niveau mondial, une étude de 2022 pour la GSMA (Global System for Mobile Association) indiquait que 60 % du marché des infrastructures numériques était le fait des fournisseurs de contenus et d'applications (FCA), contre 15 % pour les fournisseurs d'accès Internet (FAI) que sont principalement les opérateurs de réseaux de télécommunications (cf. Figure 2). Une étude de 2010 évaluait la part des FAI à près de 50 %. Leur poids

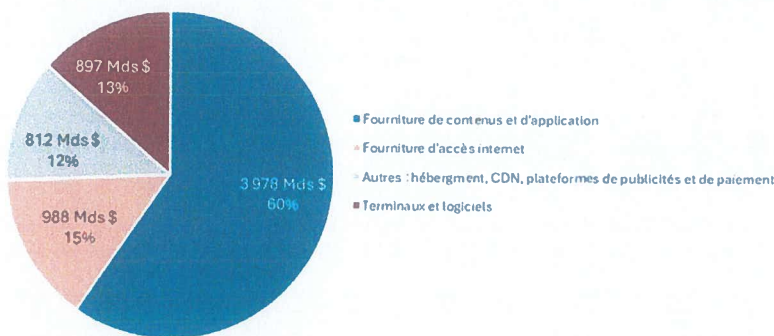


Figure 2 : Chiffres d'affaires mondiaux des fonctions de l'infrastructure numérique (Source : GSMA).

économique dans le total de l'infrastructure numérique aura donc été divisé par trois en un peu plus de 10 ans.

Au niveau national, le marché du *cloud computing* était estimé à 21 milliards d'euros en 2023 tandis que le marché de l'e-pub dépassait 9 milliards d'euros, celui du e-commerce atteignait 160 milliards, la vidéo à la demande par abonnement pointait à plus de 2 milliards, etc.

Sans surprise, la France connaît une dynamique identique à celle observée au niveau mondial : les réseaux de communications électroniques qui assurent l'indispensable connectivité pour la délivrance des services au niveau des ménages et des entreprises voient leur part économique se réduire très rapidement au bénéfice des fonctions situées en amont.

Les flux de trafic à l'interconnexion quantifient ce phénomène. Les flux entrants dans les réseaux des quatre principaux FAI qui émanent quasi-uniquement des FCA sont dix fois plus importants que les flux sortants émis par les clients des FAI en France.

Il appert que la dynamique de la croissance de l'écosystème est impulsée par l'amont avec une forte création de valeur par des services constamment renouvelés et innovants.

Cependant, techniquement, tous les maillons de la chaîne de valeur et les fonctions de l'infrastructure numériques sont solidaires entre eux. La qualité d'un service délivré aux consommateurs dépendra de la qualité de son maillon le plus faible.

La disponibilité pour les consommateurs d'un accès au réseau de haute qualité, fiable et sécurisé, disponible sur l'ensemble du territoire, constitue toujours le goulet d'étranglement de toute la chaîne de valeur située en amont. Les services peuvent présenter une connectivité différenciée en fonction des éléments de l'infrastructure qui ont été mobilisés pour les produire, les stocker et les transporter. Mais la qualité finale de tout service numérique, quel qu'il soit, reste totalement contingente de la qualité de la connectivité proposée par l'accès aux consommateurs finaux.

Les réseaux de communications électroniques continuent ainsi d'assurer cette fonction particulièrement critique pour toute la chaîne de valeur située en amont de ces réseaux même si leur poids économique au sein cette chaîne s'est considérablement réduit au cours des dernières années.

Économiquement, la solidarité entre les différentes fonctions de l'infrastructure numérique stipule une complémentarité qui implique de rechercher une répartition équitable des charges et des revenus entre les parties prenantes afin que le jeu coopératif soit gagnant-gagnant pour être stable.

CONVERGENCE : LE JEU COMPLEXE DU POSITIONNEMENT SUR LA CHAÎNE DE VALEUR DE LA VALEUR DE L'INFRASTRUCTURE NUMÉRIQUE

Au niveau des utilisateurs finaux, la convergence n'évoque pas les problématiques techniques d'interpénétration des métiers et des fonctions de l'infrastructure numérique. Pour les utilisateurs, la convergence s'exprime concrètement par des offres de services « clés en main » leur évitant la nécessité d'acquérir et d'assembler par eux-mêmes différentes applications, services, fonctions ou composantes de la chaîne de valeur pour satisfaire leurs besoins. Elle se traduit ainsi par un nombre d'interlocuteurs qui se réduit au fur et à mesure que les offreurs intègrent les fonctions de la chaîne de valeur de l'infrastructure numérique.

Ainsi pour les ménages, « convergence » signifie qu'un seul abonnement permet de cumuler l'accès fixe haut ou très haut débit, à un ou plusieurs accès mobiles avec ou sans terminaux inclus (*smartphone*, voire TV), l'accès à des services de vidéo à la demande, à la diffusion de la musique, à lecture de la presse, à la sauvegarde des données personnelles, à la domotique, etc.

Pour les entreprises, la convergence se traduit par la multiplication d'offres de type SaaS, PaaS, IaaS ou NaaS (cf. Figure 3).

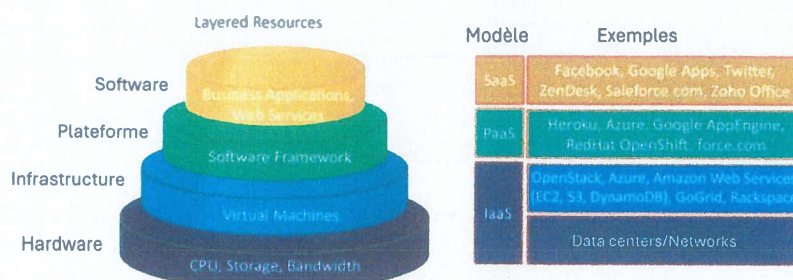


Figure 3 : SaaS, Paas, Iaas/Naas (Source : d'après "5G network slicing using SDN and NFV: A survey of taxonomy, architectures and future challenges", Alcardo Alex Barakabitze, Arslan Ahmad, Rashid Mijumbi, Andrew Hines).

Ces offres se généralisent grâce à l'intégration croissante des fonctions de l'infrastructure numérique aboutissant à une forme de recentralisation externalisée des systèmes d'information : le *cloud computing*. Celui-ci est dominé au niveau mondial par Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure et Google Cloud Platform. Selon l'Autorité de la concurrence, ces trois acteurs qualifiés d'*hyperscalers* captent respectivement 46, 17 et 17 % des dépenses en infrastructures et applications de *cloud* public en France.

Les acteurs de l'offre étaient présents sur un ou plusieurs maillons de la chaîne de valeur, jamais sur tous. Pour proposer des offres de convergence, les acteurs disposent alors de trois options, non exclusives l'une de l'autre, pour combler leurs « trous » au sein de la chaîne de valeur :

- acheter les prestations manquantes aux acteurs des autres maillons ;
- créer des partenariats avec d'autres acteurs positionnés sur des maillons complémentaires pour bâtir des offres communes ou concurrentes ;
- internaliser les fonctions des maillons manquants pour capter toute la valeur économique du maillon et, partant, de la convergence.

Il s'ensuit une évolution structurelle des positionnements sur la chaîne de valeur (cf. Figure 4) : les FCA descendent vers l'aval (flèche 1 sur la Figure 4) pour se situer au plus près des utilisateurs avec, pour les plus gros FCA, une présence directe chez les utilisateurs à travers les terminaux (Microsoft sur les PC et les consoles de jeux, Google avec le système d'exploitation Android, Apple avec les *iphones*, *ipads*, Amazon avec la liseuse Kindle, Meta avec les casques VR, etc.). Pour ces grands FCA, seule la boucle locale des réseaux de télécommunications échappe jusqu'à présent à leur stratégie d'intégration sur la totalité de la chaîne de la valeur du numérique et sur les fonctions de l'infrastructure numérique.

À l'opposé les FAI remontent vers l'amont en se positionnant dans le transit, l'hébergement, dans les plateformes de paiement, de publicité, éditoriale voire plus amont encore dans la production de contenus avec néanmoins le peu de succès que l'on sait, à l'instar d'Orange avec OCS ou plus encore d'ATT avec Time Warner (flèche 2 sur la Figure 4).

Les acteurs des CDN se placent en aval des serveurs dans les réseaux des FAI (CDN internes ou *on-net* CDN en anglais) et intègrent en amont le transit dans leurs offres (flèche 3 sur la Figure 4). Les acteurs du transit descendent vers l'aval pour proposer la fonction de CDN pour se situer ainsi plus près des FAI afin d'accroître leur attractivité auprès des FCA (flèche 4 sur la Figure 4).

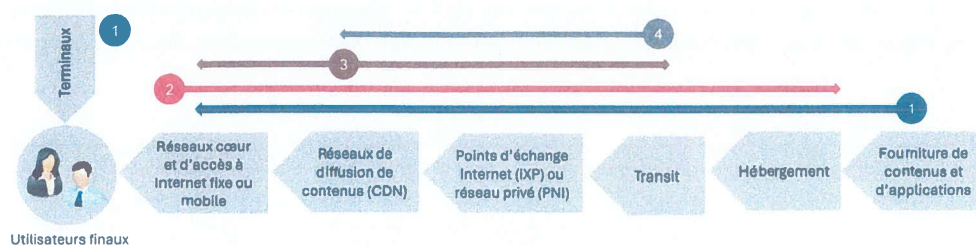


Figure 4 : Le repositionnement des acteurs sur l'infrastructure numérique (Source : Tera Consultants et Arcep).

CONVERGENCE : TELCOS VERSUS GAFAM

Comme le montre la Figure 4 ci-dessus les acteurs les plus actifs de la convergence sont les opérateurs de télécommunications qui remontent la chaîne de valeur et les acteurs dominant la fourniture de contenus et d'applications qui descendent vers l'aval de cette chaîne. Ces derniers étant ce qu'il est convenu d'appeler les GAFAM (Google-Apple-Facebook-Amazon-Microsoft).

Une comparaison de quelques fondamentaux économiques de ces deux catégories d'acteurs permet d'appréhender les sous-jacents des modèles d'affaires et d'en inférer leurs forces et faiblesses respectives.

Le Tableau 2 ci-dessous compare, pour 2023, la moyenne des chiffres d'affaires, la dette nette, l'EBITDA, le bénéfice net, et l'EBITDA/CA de 8 opérateurs majeurs de télécommunications (TELCOS) avec la moyenne de ces indicateurs pour les GAFAM. En synthèse, les GAFAM sont bien plus gros, bien moins endettés et beaucoup, beaucoup plus bénéficiaires que les TELCOS.

Tableau 2 : Comparaison de 8 opérateurs de télécommunications avec les GAFAM en 2023 (Source : Janus Henderson, rapports des sociétés).

Indicateurs ^c	TELCOS ^a	GAFAM ^b	GAFAM/TELCOS
Chiffre d'affaires	79 Mds €	293 Mds €	3,7
Dette nette	95 Mds €	42 Mds €	0,4
EBITDA	25 Mds €	85 Mds €	3,4
Bénéfice net	9 Mds €	85 Mds €	9,4
EBITDA/CA	32 %	34 %	1,1

^a TELCOS = ATT, Verizon, Comcast, Charter, Deutch Telekom, Telefonica, Vodafone, Orange.
^b GAFAM = Alphabet, Apple, Microsoft, Amazon, Meta.
^c Taux de change : 1 US\$ = 0,91 €.

Plus précisément, les GAFAM affichent un chiffre d'affaires en moyenne 3,7 fois supérieur aux TELCOS, un EBITDA 3,4 fois supérieur, ce qui révèle un *ratio* de la rentabilité d'exploitation (EBITDA/CA) des deux catégories d'acteurs globalement identique. En revanche, le bénéfice net des GAFAM est en moyenne plus de 9 fois supérieur à celui des TELCOS s'expliquant pour partie par une dette des GAFAM plus de deux fois inférieure à celle des TELCOS.

La moyenne masque une certaine disparité des situations individuelles. La Figure 4 détaille les indicateurs économiques précédents de chacune des 8 TELCOS de l'échantillon. Il est alors intéressant de repérer deux blocs distincts : les opérateurs ancrés sur le marché des États-Unis, les opérateurs dont le marché d'origine principal se situe en Europe. Les premiers affichent des chiffres d'affaires 2 fois plus importants et sont 4 fois plus endettés que les seconds.

S'agissant du chiffre d'affaires, cette disparité rappelle une évidence : les TELCOS demeurent une activité territoriale et non « globale ». Le revenu d'un opérateur dépend de la taille et du pouvoir d'achat de la population couverte par ses réseaux. Par exemple, les réseaux de Vodafone couvrent près de 1 milliard d'individus ayant un PIB annuel moyen de 17 000 euros. Les plus de 300 millions de clients de Vodafone génèrent ainsi un revenu mensuel par client (ARPU) d'environ 10 euros, soit un chiffre d'affaires annuel de 37 milliards d'euros. ATT couvre une population d'environ 300 millions d'individus avec un PIB annuel moyen de plus de 74 000 euros. Les 150 millions de clients génèrent un ARPU mensuel d'environ 62 €.

Au total, le chiffre d'affaires d'ATT s'avère 3 fois supérieur à celui de Vodafone. La taille bien plus modeste des opérateurs européens s'explique ainsi par les caractéristiques démographiques et économiques des zones couvertes par leurs réseaux. Le cas de Deutsche Telekom, opérateur d'origine européenne est à cet égard symptomatique : son implantation aux États-Unis et en Europe lui confère les fondamentaux économiques d'un opérateur plus américain qu'européen, aussi bien en termes de chiffre d'affaires que d'endettement.

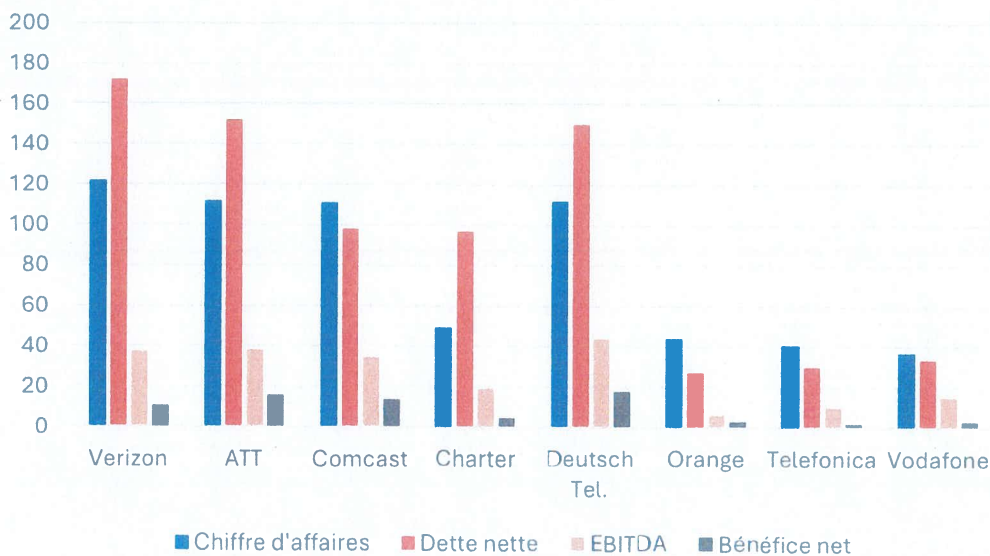


Figure 5 : Indicateurs économiques de 8 TELCOS en 2023-2024
(Source : Janus Henderson et rapports d'activité des sociétés).

Contrairement aux TELCOS, et grâce à l'interconnexion et l'interopérabilité généralisée des réseaux avec le protocole Internet, les GAFAM évoluent sur un espace de marché immédiatement mondial et non pas territorial. La très grande supériorité relative du chiffre d'affaires des GAFAM relaté ci-dessus en est la manifestation (*cf.* Tableau 2). En conséquence, à base géographique comparable, le revenu par utilisateur d'un FCA est bien moindre que celui retiré par une TELCO de ses abonnés. Par exemple, META capte un revenu moyen de 5-6 euros par utilisateur en Europe à comparer à un ARPU de 19 euros par abonné mobile ou de 38 euros par abonné fixe haut débit d'Orange en France.

Mais la contrepartie de l'ARPU d'une TELCO se trouve aujourd'hui dans le très gros investissement par client afin d'assurer un accès haut-très haut débit de qualité, un investissement sans commune mesure avec celui d'un FCA. Par exemple, selon les données de l'ARCEP, les TELCOS ont investi en France en moyenne près de 200 €/an par client fixe et mobile au cours des dix dernières années. Par comparaison, l'investissement annuel d'Alphabet par internaute français peut être évalué sur la même période à moins de 4 euros.

Ces quelques éléments d'analyse fournissent des pistes pour expliquer des divergences de fond entre le modèle économique des TELCOS et celui GAFAM observé dans le Tableau 2 *supra*.

CONVERGENCE : ESQUISSE DE PERSPECTIVES

Dans le mouvement d'intégration que représente la convergence active, les GAFAM n'ont aujourd'hui aucune incitation pour intégrer la boucle locale des réseaux de communication et devenir des TELCOS à part entière : cela pour au moins deux raisons :

- La connectivité est un service bien moins différenciable que les services de contenus et d'application. La concurrence entretenue entre TELCOS par la régulation, parfois sur des fondements plus idéologiques qu'économiques, se traduit à court-moyen terme par des taux de retour sur capitaux investis bien moindres dans l'activité des TELCOS que dans celle des GAFAM.
- Les règles de la neutralité de l'Internet garantissent un accès indiscriminé de tous les flux internet arrivant sur les réseaux des TELCOS leur interdisant *de jure* de tirer avantage du monopole d'accès aux clients que confère la boucle locale ("bottleneck monopoly"). Or le modèle économique des GAFAM se fonde sur une logique inverse de concurrence en silo avec constitution de "Walled garden", c'est-à-dire la création d'écosystèmes fermés au maximum pour contrôler l'ensemble de la chaîne de services. Cette « fermeture » concentre désormais l'attention de toutes les autorités de concurrence à travers le monde qui y voient un obstacle à l'innovation et à la concurrence.

L'Open Ran, le *edge computing*, etc., les mutations techniques en cours tendant à la virtualisation des réseaux offrent l'opportunité pour ces acteurs de s'approcher toujours plus au plus près de l'utilisateur final pour parachever leur intégration dans l'infrastructure numérique tout en laissant aux TELCOS le minimum de valeur associée aux services en les cantonnant dans un rôle d'« utilities », terme à comprendre dans le rôle de « service public » servant à jouer les utilités.

Les TELCOS ont jusqu'à présent échoué à s'extraire de leur métier de base. Les tentatives d'entrée dans les services *via* des protocoles particuliers (WAP ou I-mode par exemple), les diversifications dans les offres de contenu et d'applications ont été globalement des échecs (*cf.* la fusion ATT-Time Warner par exemple ou plus proche de nous les lancements peu probants de services par Orange comme Voilà, Alapage, Mappy, OCS, Orange Bank, etc.).

Le lien direct des TELCOS avec les utilisateurs finaux des services reste leur principal atout. Portant si la virtualisation des réseaux est porteuse de risques vis-à-vis des FCA, elle est tout autant porteuse de nouvelles opportunités pour les TELCOS. Le *slicing* 5G associant le SDN (réseau défini par logiciel) et la NFV (virtualisation des fonctions réseau) permettra à terme des offres différenciées de connectivité sur les réseaux public ou hybride qui seront beaucoup plus flexibles et bien moins coûteuses que les solutions actuelles.

La société Ericsson évoque ainsi la possibilité de distinguer au sein d'un même réseau 400 cas d'usage distincts relevant de 10 segments industriels différents. Toutes les sources assurent que le surcroît de revenu pour les TELCOS se chiffreraient dans les 5-10 ans à plusieurs centaines de milliards de dollars américains au niveau mondial.

Derrière cette prolifération, encore très potentielle, de connectivités différenciées se profile la perspective d'offres de services managés permettant aux TELCOS de plus grandes marges de manœuvre dans la négociation avec les tiers pour l'accès à leurs réseaux. Il reste que les autorités de régulation vont veiller à ce que l'Internet dit « ouvert » reste une composante essentielle de la bande passante disponible dans les réseaux. Car, paradoxalement, les acteurs disposant des plus grosses ressources pour négocier au mieux un accès aux services managés des TELCOS sont... les grands FCA.

De surcroît, la complexité croissante dans la gestion optimisée des différents flux transitant sur les infrastructures offrant des connectivités aux caractéristiques fortement différenciées va impliquer un recours impératif aux outils de l'intelligence artificielle : domaine où les GAFAM ne sont pas en reste.

Chasser le GAFAM par la porte, il peut revenir par la fenêtre...