

RIPE NCC

Rapport sur l'état d'Internet: Europe Méditerranéenne

Juin 2021



Introduction

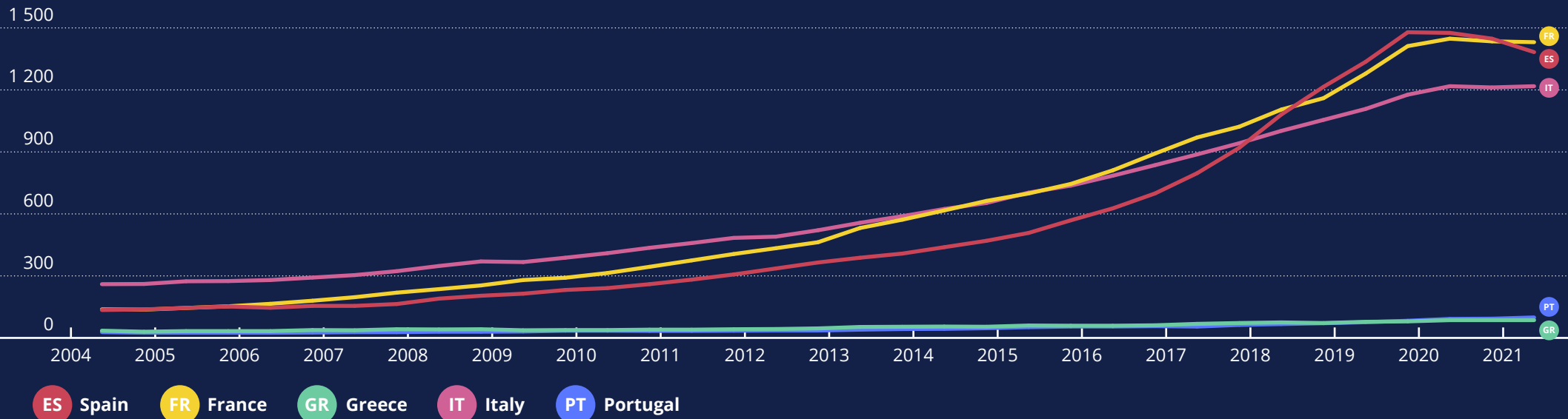
Internet est un réseau mondial de réseaux, mais les pays ont tous un rapport différent à Internet. Ce rapport donne un aperçu de l'état actuel d'Internet en Europe méditerranéenne. Nous proposons une analyse du paysage du marché de la région et de son état de développement, du routage Internet dans la région et son accès au système mondial de noms de domaine, ainsi qu'une étude des connexions à l'Internet mondial. Cette analyse s'appuie sur les observations des outils de mesure du RIPE NCC et quelques sources de données externes.

Nous mettons l'accent sur cinq pays différents de la région où agit RIPE NCC : Portugal, Espagne, France, Italie et Grèce. Nous présentons une analyse complète du développement Internet de la région et du potentiel de croissance future afin d'éclairer les discussions, apporter des informations techniques et faciliter l'échange de connaissances et de bonnes pratiques concernant les développements liés à Internet dans cette partie du monde. (Note : nous n'avons pas inclus les pays du long de la côte est de la mer Adriatique, ceux-ci ayant déjà été traités par le rapport national RIPE NCC pour l'Europe du Sud-Est en 2020.) Il s'agit du septième rapport national de ce type que le RIPE NCC produit dans le cadre d'un effort continu pour soutenir le développement d'Internet dans toute notre région de service en mettant nos données et nos idées à la disposition des communautés techniques et des décideurs locaux.

Points forts

- t Ces cinq pays affichent tous un niveau élevé de développement d'Internet, une saine concurrence sur le marché et une infrastructure Internet robuste et résiliente
- t Bien que la pénurie d'IPv4 soit moins un problème dans cette région que dans d'autres parties du monde, un déploiement supplémentaire d'IPv6 est nécessaire pour atteindre les objectifs de connectivité à l'échelle de l'UE et de croissance future
- t Le niveau de déploiement d'IPv6 varie considérablement dans la région. Plusieurs pays sont à l'avant-garde, là où d'autres accusent un retard considérable
- t Le routage est bien optimisé au sein des cinq pays, même s'il existe un certain nombre d'anomalies suffisamment importantes pour affecter les temps de réponse
- t Les cinq pays ont un nombre varié de routes les reliant au reste de l'Internet mondial

Image 1 :
Nombre de registres Internet locaux au fil du temps



Le marché de l'Europe méditerranéenne et l'opportunité de croissance

Le paysage du marché

Les pays inclus dans ce rapport couvrent un large éventail de tailles géographiques, de populations et de PIB. C'est pourquoi leurs paysages Internet diffèrent également les uns des autres. Cependant, dans le cadre de l'Union européenne (UE), les cinq pays ont des objectifs communs en matière de TIC, tels que les objectifs de l'UE en matière de large bande pour 2025.¹ Dans une large mesure, ils partagent également un cadre réglementaire commun : celui du marché intérieur de l'UE.

Ils ont une longue histoire de croissance et de développement d'Internet. Bien que les fournisseurs historiques maintiennent

une large empreinte, les marchés ont évolué pour être plutôt ouverts et compétitifs et offrir un niveau de choix assez large aux entreprises et aux consommateurs. Ces pays bénéficient d'infrastructures robustes et de taux élevés d'intégration d'Internet. Certains des fournisseurs de cette région sont des acteurs mondiaux, comme le groupe Orange en France, qui est très présent en Europe, au Moyen-Orient et en Afrique. Au moment de la rédaction, quatre des cinq pays ont lancé des réseaux 5G. Le Portugal n'en fait pas parti.²

Nombre de fournisseurs et autres organisations gérant leurs propres réseaux

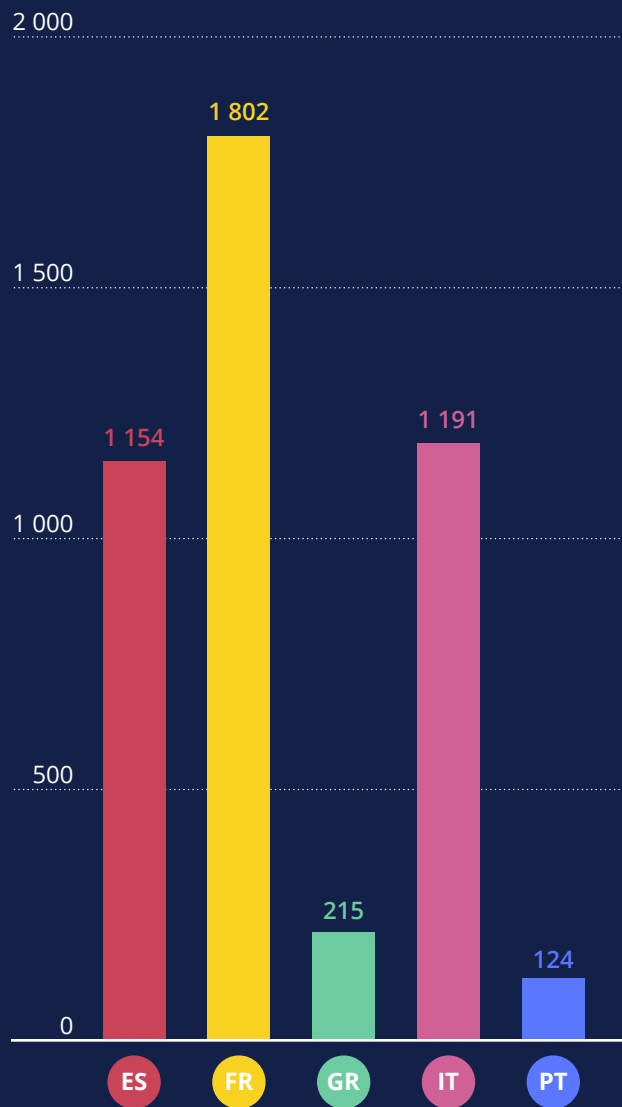
En qualité de registre Internet régional (Regional Internet Registry) pour l'Europe méditerranéenne, le RIPE NCC peut suivre le développement de l'Internet local au fil du temps grâce à la croissance du nombre de membres du RIPE NCC et des registres Internet locaux (LIR). Bien que la

croissance des trois plus grands pays (Espagne, France et Italie) soit plus évidente (et même plus élevée) sur l'image 1, les différences ne sont pas aussi saisissantes lorsqu'on examine la croissance en pourcentage (plutôt qu'en chiffres absolus) en Grèce et au Portugal, lesquels ont montré une augmentation significative du nombre de LIR.

Il est intéressant de noter que le nombre de LIR en Espagne, dont la croissance a été rapide entre 2016 et 2020, a commencé à baisser après 2020. Leur nombre reste toutefois comparable à ceux de la France et de l'Italie, bien que la population de l'Espagne soit nettement plus petite que ces deux pays. En général, un nombre plus élevé de réseaux signale souvent un marché plus diversifié, avec un plus grand nombre de fournisseurs de services exploitant leurs propres réseaux. Ce n'est toutefois pas systématique.

¹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-strategy-policy>
² Observatoire européen de la 5G

Image 2 :
Nombre de réseaux



Membres du RIPE NCC et registres Internet locaux (LIR)

Les membres du RIPE NCC comprennent des fournisseurs de services Internet, des fournisseurs d'hébergement de contenu, des agences gouvernementales, des établissements universitaires et d'autres organisations qui gèrent leurs propres réseaux dans la région de service du RIPE NCC en Europe, au Moyen-Orient et en Asie centrale. Le RIPE NCC distribue un espace d'adressage Internet à ces membres, qui peuvent en outre attribuer des adresses IP à leurs propres utilisateurs finaux (End Users). Il est possible pour les membres d'ouvrir plusieurs comptes : un registre Internet local (Local Internet Registry, LIR).

La majorité des membres du RIPE NCC ont longtemps été de grands fournisseurs de services et d'accès Internet. Plus récemment, cependant, nous avons constaté une augmentation significative du nombre d'autres types d'organisations nécessitant des adresses IP pour gérer leurs propres réseaux : fournisseurs d'hébergement, agences gouvernementales, universités, entreprises, etc. Cela a permis à davantage d'organisations d'exercer plus de contrôle sur leurs ressources d'adresses Internet et la manière dont elles acheminent leur trafic. Par conséquent, une augmentation du nombre de LIR ne se traduit pas nécessairement par une augmentation du nombre de fournisseurs d'accès Internet.

De plus, il est possible pour une même organisation de détenir plusieurs comptes LIR. Cette pratique est devenue une tendance importante après 2012, lorsque la quantité d'espace d'adressage IPv4 allouée a été restreinte car le pool d'adresses IPv4 restant est devenu de plus en plus petit (comme expliqué plus en détail dans la section IPv4 ci-dessous). En effet, nous voyons cela se produire en Europe méditerranéenne, en particulier en Espagne où 175 LIR ont fermé entre le début de 2020 et le moment de cette rédaction, dont 93 étaient des « comptes supplémentaires » (ceux appartenant à des membres ayant plus d'un compte chacun). Au cours de la même période, seuls 81 nouveaux LIR ont été ouverts en Espagne, créant

une tendance à la baisse en termes de croissance globale. Au total, l'Espagne a 242 comptes LIR « supplémentaires », la France 168, l'Italie 77, le Portugal 16 et la Grèce 5.

Croissance et diversité du réseau

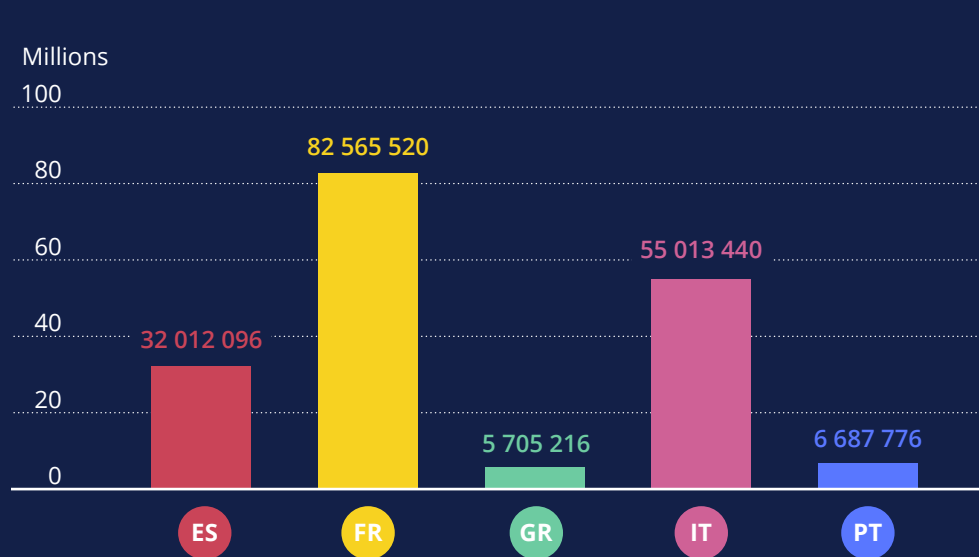
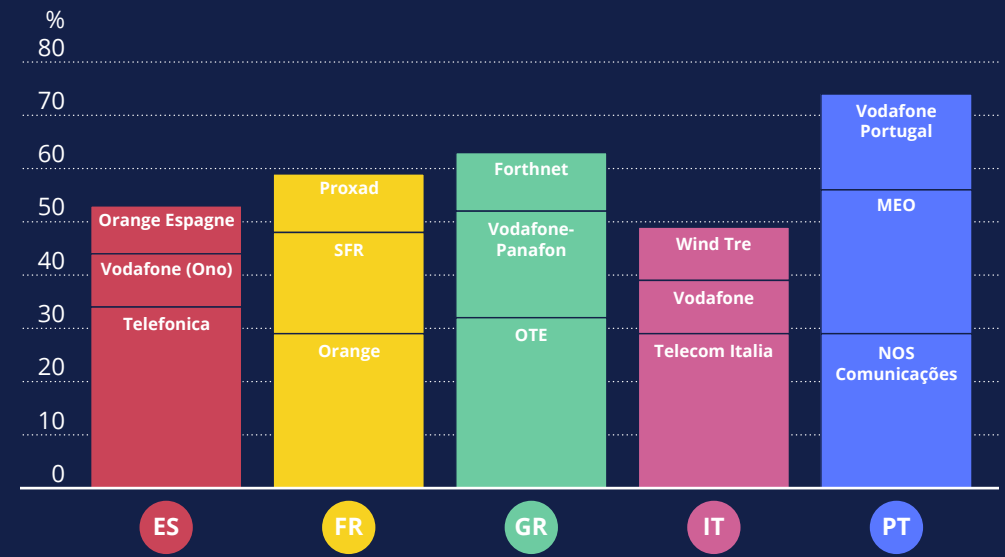
En général, un plus grand nombre de registres Internet locaux correspond à un plus grand nombre de réseaux exploités indépendamment appelés systèmes autonomes, dont chacun est représenté par un numéro de système autonome, dit ASN (Autonomous System Number). (Un système autonome est un groupe de réseaux IP qui fonctionnent selon une politique de routage unique et clairement définie. Il y a actuellement environ 70 000 ASN actifs sur Internet aujourd'hui.)

Le nombre de réseaux dans un pays donné est une indication de la maturité du marché. Plus la diversification est grande et plus il existe de possibilités d'interconnexion entre les réseaux, ce qui augmente la résilience.

Le RIPE NCC est responsable de l'allocation des ASN dans sa région. Cela nous donne un aperçu unique de la distribution et du déploiement de ces réseaux sur Internet. De nouveau, nous voyons les plus grands pays dominer ici, bien qu'avec des résultats légèrement différents de ceux que nous avons vus dans le nombre de LIR. L'Italie compte environ 90 % de la population française pour seulement 66 % du nombre de réseaux français. Tandis que la Grèce et le Portugal ont des populations comparables, la Grèce a également beaucoup plus de réseaux que le Portugal.

Il est intéressant de noter que la diversité des réseaux que nous voyons dans ces cinq pays ne se traduit pas directement par une concurrence accrue et des prix d'accès plus bas. En termes de prix du haut débit mobile, au moins, l'Italie est l'un des six pays les moins chers de l'UE, tandis que la France est l'un des 11 pays de l'UE considérés comme « relativement bon marché ». L'Espagne, la Grèce et le Portugal sont trois des sept pays de l'UE qui entrent dans la catégorie « relativement cher ». Aucun des cinq pays n'est considéré comme « cher » par les normes de l'UE.³

³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-connectivity>

**Image 3 :
Réserves d'IPv4**

**Image 4 :
Réserves d'IPv4 par organisation**


Espace d'adressage IPv4 en Europe méditerranéenne

Jusqu'en 2012, les membres du RIPE NCC pouvaient recevoir de plus grandes quantités d'espace d'adressage IPv4 en fonction de besoins démontrés. Lorsque le RIPE NCC a atteint le dernier /8 de l'espace d'adressage IPv4 en 2012, la communauté RIPE a institué une politique permettant aux nouveaux LIR de recevoir une petite allocation d'IPv4 (1024 adresses) afin d'aider la transition vers l'IPv6, le protocole de nouvelle génération qui inclut suffisamment d'adresses IP à long terme. En novembre 2019, le RIPE NCC a réalisé la dernière de ces allocations. Il y a désormais un système qui permet aux organisations qui n'ont jamais reçu IPv4 du RIPE NCC recevoir une allocation encore plus petite à partir d'un pool d'espace d'adressage récupéré (des comptes de membre sont parfois fermés et l'adresse l'espace est restitué au RIPE NCC).

En effet, aucun des cinq pays inclus dans ce rapport n'a continué à accumuler des quantités importantes d'espace d'adressage IPv4 après 2012. Jusqu'à cette époque, par ailleurs, la croissance de la quantité d'espace IPv4 au Portugal et en Grèce était très faible alors qu'il y avait une croissance modérée en Espagne, une croissance significative en Italie et le taux de croissance le plus élevé en France. Tout cela se reflète dans le parc IPv4 du pays à l'heure actuelle. Remarque : même au sein des pays dans lesquels un grand nombre d'organisations ont ouvert des comptes LIR supplémentaires pour recevoir d'autres allocations IPv4, les chiffres étaient si faibles qu'ils n'ont pas augmenté de manière significative les réserves globales d'IPv4 globales des pays en question.

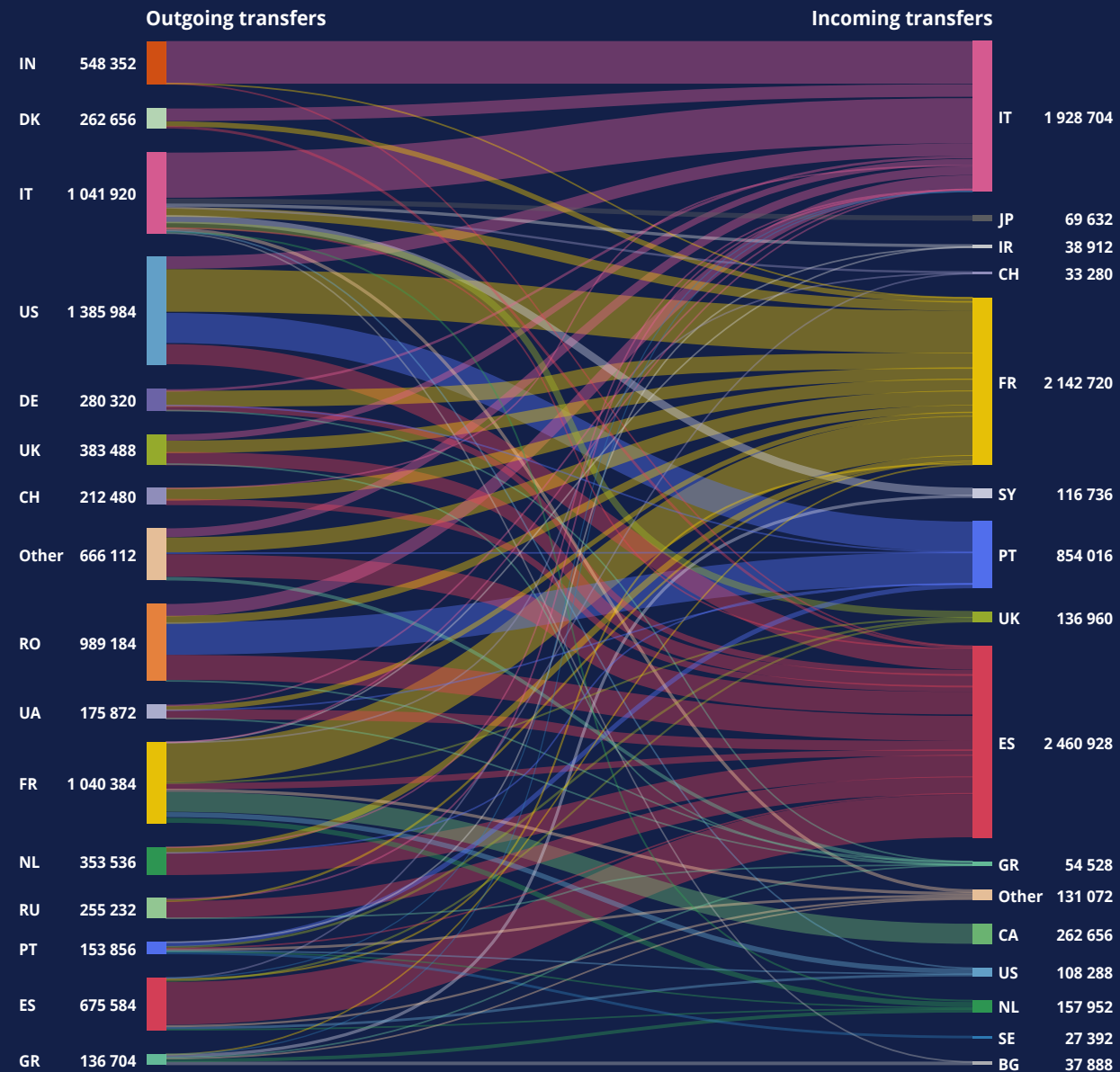
On note également un taux de consolidation IPv4 assez important : dans chacun des cinq pays, entre 50 et 75 %

des adresses IPv4 sont détenues par seulement trois organisations. Bien qu'il ait été difficile d'obtenir des données claires et cohérentes sur les parts de marché, nous pensons que ces résultats sont représentatifs dans la mesure où ces fournisseurs détiennent une part importante des marchés d'accès Internet dans ces pays. L'image 4 illustre les organisations avec les trois plus grandes quantités d'IPv4 dans chaque pays.

Marché secondaire IPv4

Pour répondre à la demande croissante d'espace d'adressage IPv4, un marché secondaire est apparu ces dernières années concernant l'achat et la vente d'IPv4 entre différentes organisations. Le RIPE NCC ne joue aucun rôle dans ces transactions financières, s'assurant seulement que la base de données RIPE Database, dont l'enregistrement de l'espace d'adressage s'accorde avec les membres du RIPE NCC, reste aussi précise que possible.

Image 5 :
Transferts d'IPv4 au sein, à l'intérieur et à l'extérieur de l'Europe méditerranéenne entre décembre 2016 et mai 2021



La demande d'IPv4 se poursuit. Malgré la diminution du nombre d'espaces disponibles, de nombreux fournisseurs et d'autres organisations se sont tournés vers le marché secondaire. L'image 5 montre les transferts IPv4 qui ont eu lieu au sein, à l'intérieur et à l'extérieur de chaque pays de la région depuis que le marché est devenu actif.

Nous pouvons voir un marché secondaire actif dans cette partie du monde avec des adresses IPv4 transférées à la fois vers et depuis chacun des cinq pays. Sans surprise, le marché est dominé par les trois plus grands pays que sont l'Espagne, la France et l'Italie, qui incluent tous un grand nombre de transferts nationaux (dans lesquels les adresses sont transférées entre deux parties d'un même pays). Les plus grandes organisations bénéficiaires ont été :

- t OVH SAS (France) : 917 504 adresses
- t Vodafone Portugal : 720 896 adresses
- t Vodafone Espagne : 646 144 adresses
- t Ciel Italie : 524 288 adresses
- t Orange Espagne : 489 216 adresses

Il convient de noter un transfert d'adresses /13 de l'Inde vers l'Italie (524 288 adresses) qui a eu lieu entre Reliance Communications Limited et Sky Italia en août 2018. Bien que la nature commerciale de cette transaction soit inconnue, Reliance Communications a déposé son bilan en février 2019.⁴ Cependant, la quantité d'IPv4 transférée dans chacun des cinq pays ne représente qu'une petite fraction de leurs avoirs totaux d'IPv4, de sorte qu'aucun ne dépend de manière significative du marché secondaire d'IPv4.

Intégration d'Internet et potentiel de croissance future

Les cinq pays inclus dans ce rapport ont des quantités relativement importantes d'espace IPv4 pour leurs populations. En France notamment, on constate le cas inhabituel où il y a plus d'adresses IPv4 que d'habitants, avec 1,2 adresse par habitant. Dans les autres pays, ce

⁴ <https://www.reuters.com/article/rcom-debt/rcom-goes-to-bankruptcy-court-to-resolve-debt-burden-idINKCN1PQ4WT?edition-redirect=in>

Image 6 :
Pourcentage de ménages ayant accès à Internet

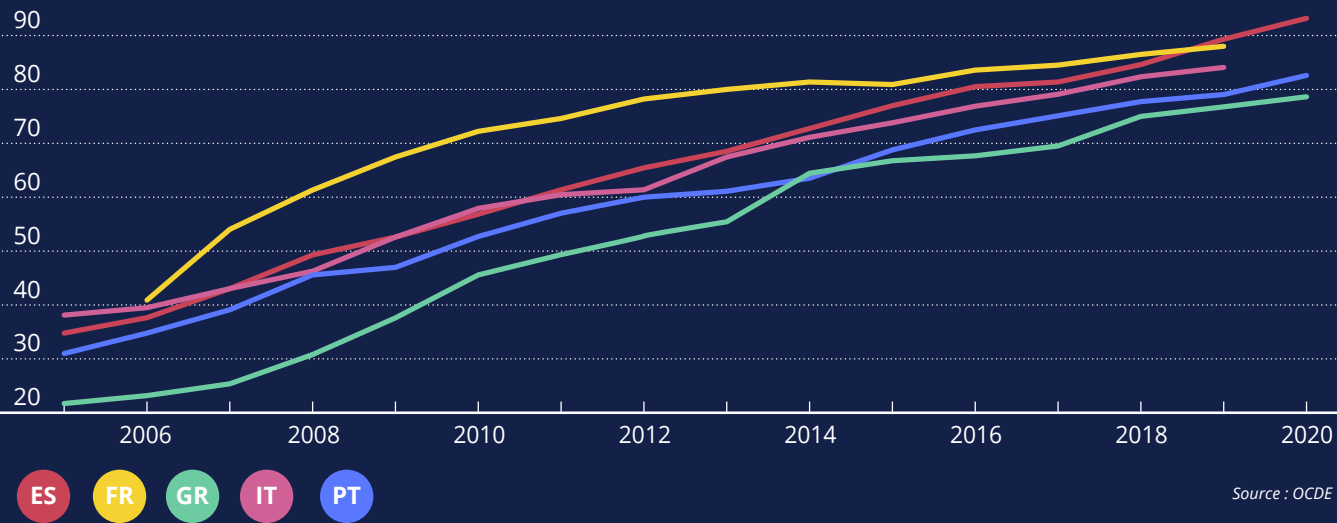
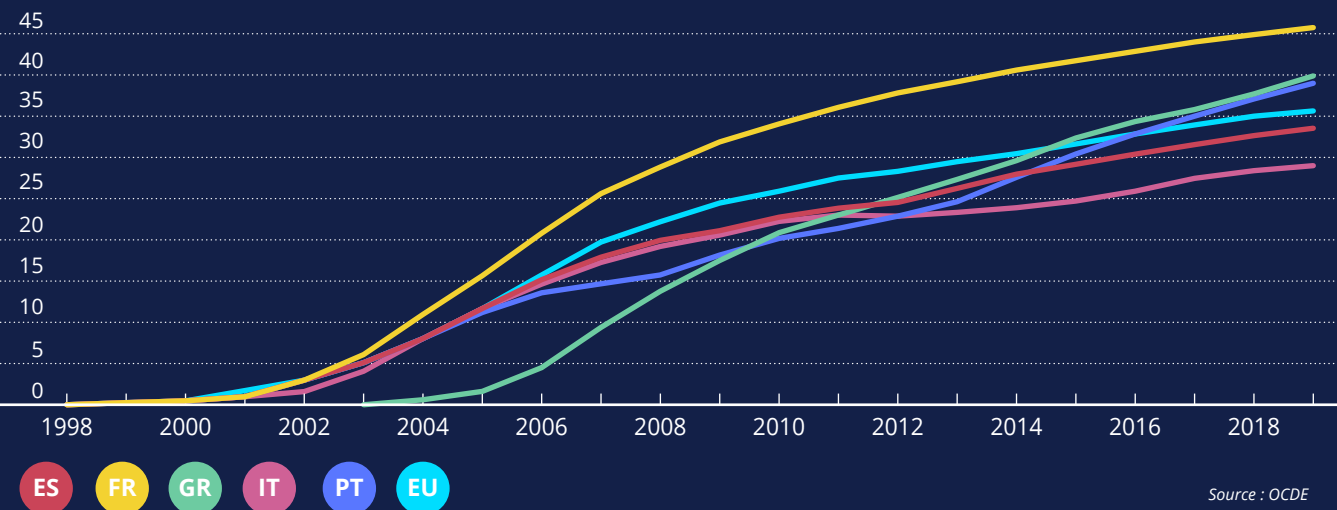


Image 7 :
Abonnements haut débit fixe pour 100 personnes au fil du temps



chiffre varie de 0,9 en Italie à 0,5 en Grèce, l'Espagne et le Portugal se situant entre les deux, chacun avec 0,7 adresse par habitant. C'est un à deux ordres de grandeur de plus d'adresses IPv4 par habitant que ce que nous avons vu dans d'autres pays de la région de service du RIPE NCC. Cela peut probablement être attribué au développement précoce d'Internet qui a eu lieu en Europe méditerranéenne par rapport à de nombreuses autres régions du monde.

Des ratios d'adresse/population aussi élevés dans toute la région doit, en théorie, permettre une couverture de connectivité de premier ordre pour les populations de ces pays. C'est ce que l'on constate sur la figure 6. Bien que le Portugal et la Grèce aient certains des taux d'accès à Internet les plus bas de l'UE, ces pourcentages restent très élevés à l'échelle mondiale. Nous constatons également que les cinq pays continuent d'améliorer leur connectivité.

Il est intéressant de noter que les tarifs des abonnements haut débit ne suivent pas le même schéma. L'Espagne obtient le score le plus élevé pour l'accès à Internet. La Grèce et le Portugal ont pourtant des taux d'abonnements haut débit par habitant plus élevés que l'Espagne (ou l'Italie). Cela s'explique probablement, au moins en partie, par le fait que l'Espagne et l'Italie ont le plus grand nombre d'abonnements mobiles par habitant, ce qui suggère que les habitants de ces pays dépendent davantage de leurs appareils mobiles pour la connectivité Internet que des abonnements à large bande fixe.

Image 8:
Abonnements mobiles pour 100 personnes au fil du temps

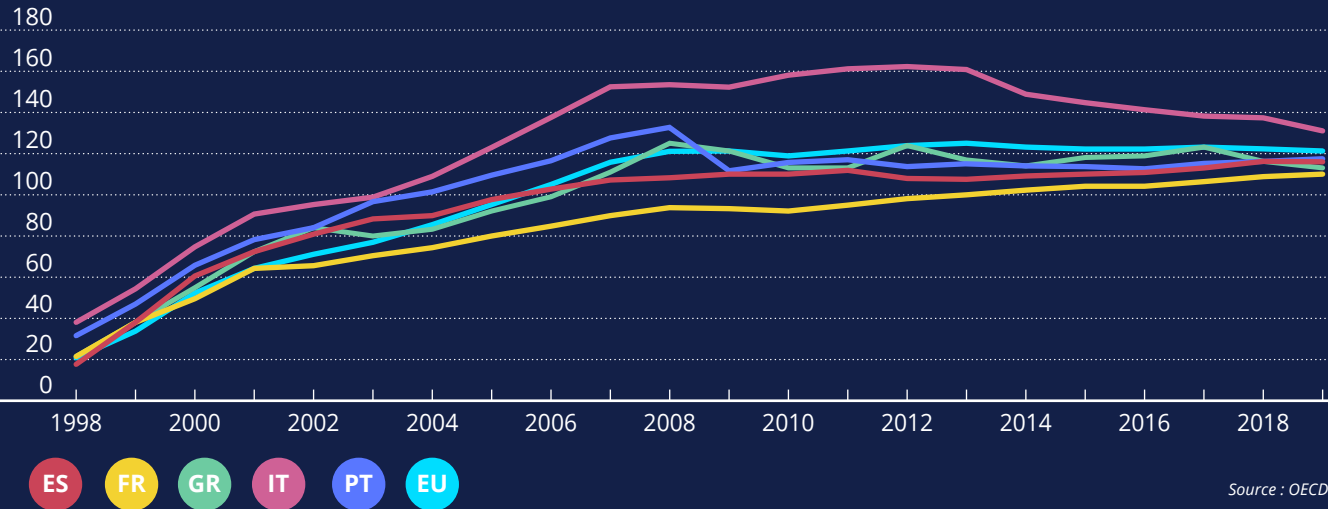
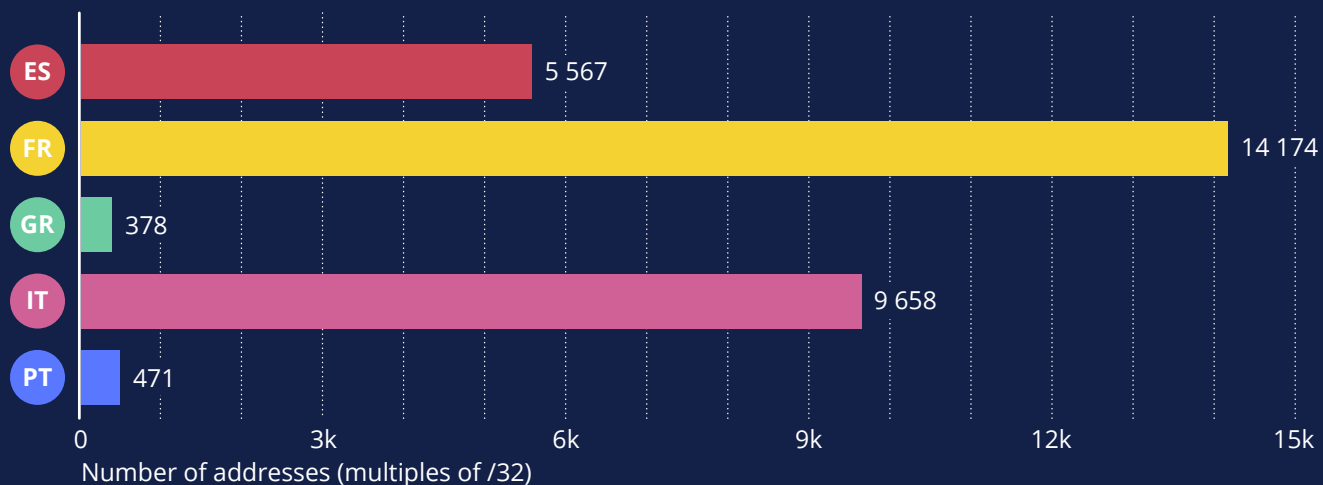


Image 9 :
Réserves d'IPv6



En particulier, le nombre considérablement plus élevé d'abonnements mobiles en Italie pourrait être partiellement attribué à ses tarifs de débit mobile haut débit relativement bas (comme mentionné précédemment). Les cinq pays ont des taux d'abonnement mobiles élevés, en moyenne plus d'un abonnement par personne, même si la plupart se situent dans la partie inférieure de la moyenne de l'UE. Nous constatons une légère baisse en Italie ces dernières années, signalant peut-être une saturation du marché. Nous voyons également le Portugal se démarquer en termes de croissance du haut débit au cours des 7 à 8 dernières années. Cela peut être dû, au moins en partie, à un effort concerté de la part de son régulateur et des principaux opérateurs qui ont investi dans des infrastructures partagées dans un effort commun pour étendre la couverture.⁵

Bien que les cinq pays disposent d'un espace d'adressage IPv4 important, les taux élevés d'abonnements mobiles signifient que les opérateurs mobiles en particulier s'appuient probablement sur des techniques de partage d'adresses pour servir leur nombre croissant de clients. Les solutions de contournement techniques qui permettent à plusieurs utilisateurs de partager une seule adresse IP, telles que la traduction d'adresses réseau de classe opérateur (carrier-grade network address translation, CGN), sont largement utilisées dans la connectivité de haut débit mobile. Cependant, les technologies de partage d'adresses présentent des inconvénients bien documentés et le déploiement d'IPv6 demeure la seule stratégie durable pour s'adapter à la croissance future et atteindre l'objectif de l'UE : équiper chaque foyer européen d'une connexion à 100 Mbps d'ici 2025,⁶ sans compter la prise en charge des technologies émergentes telles que la 5G, l'Internet des objets et plus encore.

IPv6 en Europe méditerranéenne

En ce qui concerne les avoirs IPv6, les cinq pays présentent un schéma similaire à ce que nous avons vu avec IPv4. La France domine la région, suivie de l'Italie et de l'Espagne, le Portugal et la Grèce ne détenant qu'une fraction de l'espace dont disposent ces grands pays.

⁵ Document d'information de l'UIT : Partage et co-déploiement des infrastructures en Europe : bonnes pratiques basées sur une régulation collaborative

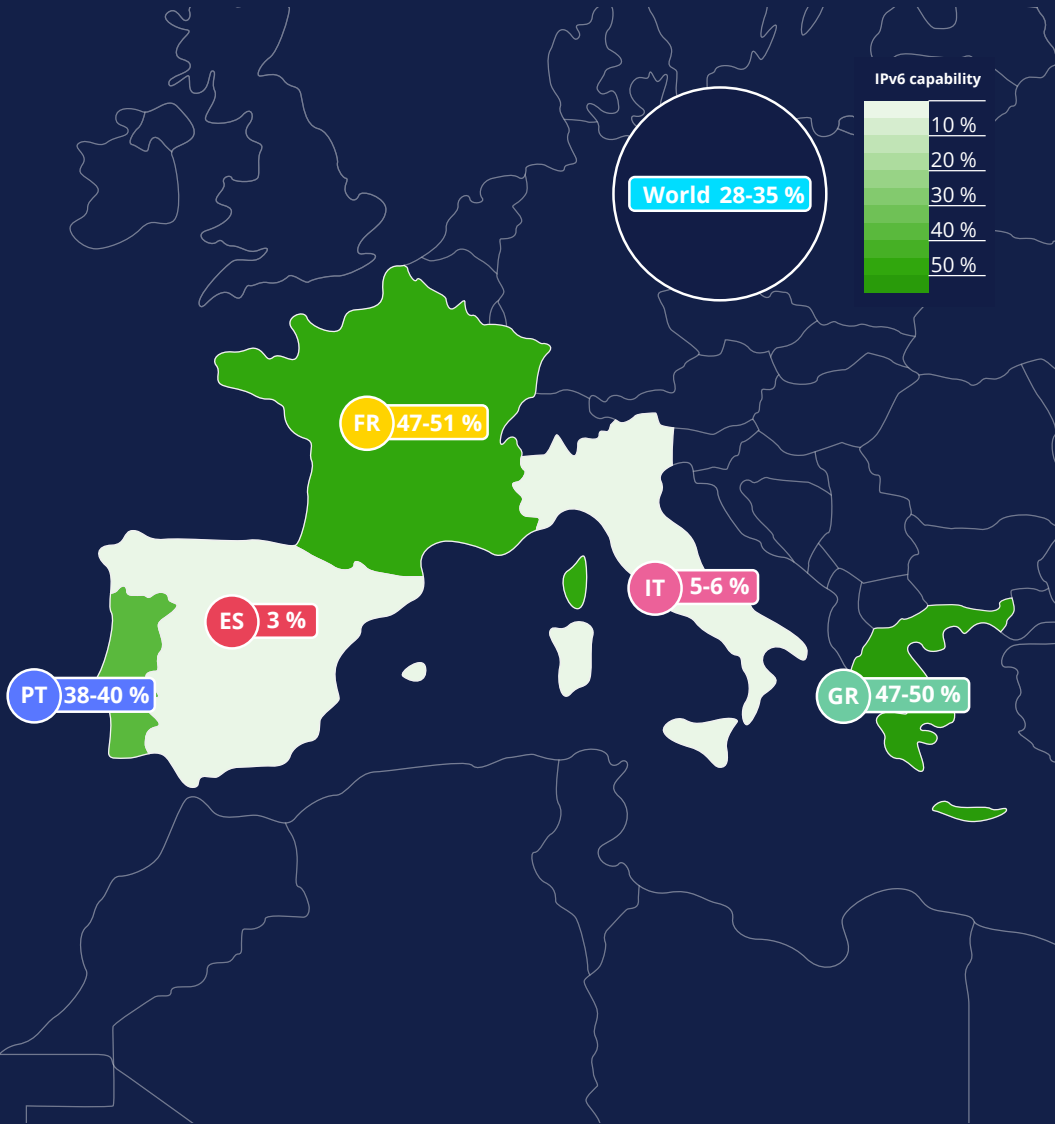
⁶ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-strategy-policy>

Image 10 :
Réerves d'IPv6 par organisation



En termes de distribution au sein des pays, la figure 10 illustre les organisations avec les trois plus grandes quantités d'IPv6 dans chaque pays. En France comme en Italie, un seul fournisseur représente une grande partie (respectivement 58 % et 42 %) des adresses IPv6, alors que nous observons une répartition beaucoup plus homogène au Portugal et en Grèce. Contrairement à l'IPv4, les adresses IPv6 sont largement disponibles (bien que des allocations importantes soient basées sur des besoins démontrés). La thésaurisation n'est donc pas un facteur ici. Les organisations détiennent de grandes quantités d'espace d'adressage IPv6, mais cela ne signifie pas pour autant qu'elles ont réellement déployé l'IPv6 et que les adresses sont utilisées. Certains réseaux peuvent contenir une grande quantité d'espace d'adressage sans l'utiliser (ayant peut-être présenté des plans de croissance future lors de demandes d'allocations importantes), tandis que d'autres peuvent avoir déployé l'IPv6 sur des réseaux entiers et être en mesure de servir l'ensemble de leur clientèle avec une allocation relativement petite. C'est le cas par exemple de Sky Italia, qui ne détient que 1,33 % des adresses IPv6 enregistrées en Italie, mais a déjà réalisé plus de 90 % de déploiement au sein de son réseau.

Image 11 :
Taux de déploiement de l'IPv6



Sources : Akamai : <https://www.akamai.com/us/en/resources/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-ipv6-adoption-visualization.jsp>, APNIC : <https://stats.labs.apnic.net/ipv6>, Facebook : <https://www.facebook.com/ipv6>, Google : <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption>.

Dans la mesure où des allocations IPv6 plus importantes sont faites en fonction des besoins, nous pourrions nous attendre à ce que les taux de déploiement reflètent approximativement les différentes quantités d'espace d'adressage IPv6 que nous voyons dans chaque pays, mais ce n'est pas le cas. Par exemple, l'Italie détient 68 % de la quantité d'espace d'adressage IPv6 qu'a la France, mais son taux de déploiement n'est qu'une petite fraction de celui de la France (5-6 % contre 47-51 %, respectivement). La situation est similaire pour l'Espagne. (Nous incluons une plage de données comme source, car les organisations ont des méthodes de mesure différentes qui donnent des chiffres légèrement disparates.)

Tournons-nous vers l'enquête RIPE NCC 2019 pour tenter de mieux comprendre la situation.⁷ Cette enquête a interrogé plus de 4 000 opérateurs de réseaux et autres membres de la communauté technique, pour un total de 674 répondants au Portugal, en Espagne, en France, en Italie et en Grèce.

Alors que seulement 40 % des personnes interrogées au Portugal, en France et en Grèce ont indiqué qu'elles pensent que leurs organisations auront besoin de plus d'IPv4 dans les 2-3 prochaines années, c'est le cas pour 54 % en Espagne et en Italie (ce qui correspond à la moyenne totale des tous les répondants au sondage de 53 %). Interrogés sur l'état actuel du déploiement IPv6 de leurs réseaux, 25 % des personnes interrogées au Portugal, en France et en Grèce ont déclaré qu'ils étaient entièrement déployés, contre seulement 8 % pour la même question en Espagne et en Italie (la moyenne totale de tous les répondants était de 22 %). En outre, 32 % des personnes

interrogées en Espagne et en Italie ont déclaré qu'elles n'avaient pas l'intention de déployer l'IPv6, contre une moyenne de 23 % pour l'ensemble des personnes interrogées. En examinant pourquoi les personnes interrogées en Espagne et en Italie n'avaient pas encore déployé l'IPv6, les principales raisons invoquées étaient un manque de besoin ou d'exigence métier, un manque de connaissances ou d'expertise et un manque de temps. Cependant, en plus des 8 % de personnes interrogées en Espagne et en Italie ayant déclaré qu'elles étaient entièrement déployées, 47 % ont déclaré avoir un plan, tester actuellement l'IPv6 ou en commencer le déploiement. Nous verrons peut-être une amélioration du déploiement IPv6 dans ces pays dans les années à venir, par conséquent.

Les gouvernements, les régulateurs, les points d'échange Internet (Internet exchange points, IXP) et les groupes d'opérateurs de réseaux locaux (NOG) ont tous un rôle à jouer dans le déploiement de l'IPv6. En France, par exemple, le régulateur des télécommunications, l'Arcep, a activement encouragé le déploiement d'IPv6 en lançant un groupe de travail sur l'IPv6 en 2019 et en publiant des rapports du régulateur sur son adoption. En Grèce, où l'on observe également un niveau élevé de déploiement d'IPv6, GR-IX, le principal IXP du pays, a également été très actif pour encourager ses membres à déployer IPv6. La communauté technique locale, par le biais de GRNOG, est également extrêmement active pour soutenir les opérateurs de réseaux du pays dans leurs propres déploiements de l'IPv6. Ces facteurs peuvent contribuer de manière significative au développement global d'Internet d'un pays et à la capacité de passer au protocole de prochaine génération.

⁷ Sondage RIPE CNC 2019 : <https://www.ripe.net/survey>

2. Connectivité nationale et internationale

Connectivité domestique entre les réseaux

Pour comprendre les relations qui existent entre les différents réseaux, nous pouvons étudier les interconnexions au sein de chacun des pays à l'aide des données du service d'informations de routage (Routing Information Service, RIS) du RIPE NCC, qui utilise un ensemble de collecteurs de routes répartis à l'échelle mondiale pour collecter et stocker les données de routage Internet. Cela nous montre les chemins disponibles qui existent entre les réseaux (par opposition aux chemins réels empruntés).

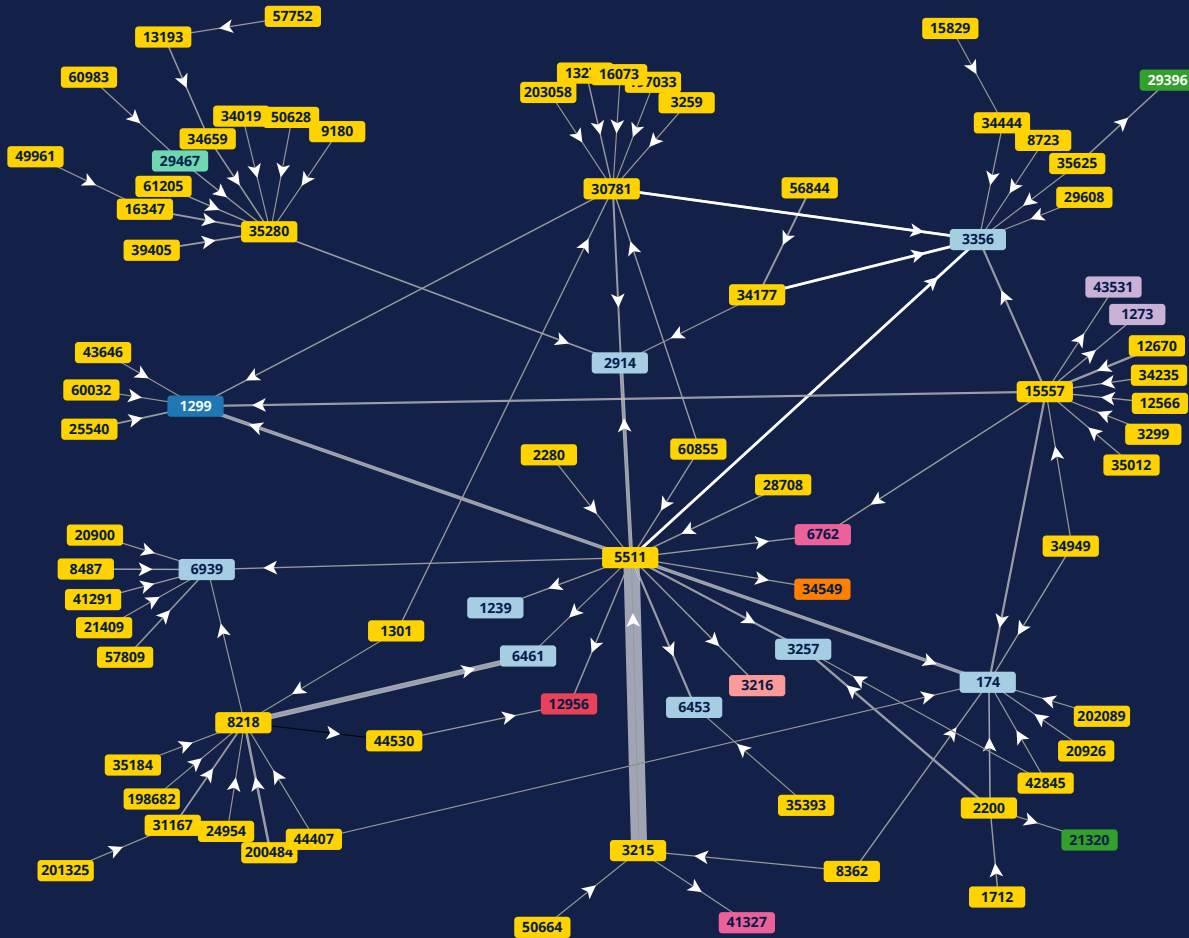
Pour chaque pays, nous traçons la manière dont les routes se propagent d'un réseau à l'autre (les flèches indiquent le sens du flux BGP opposé au flux de trafic) jusqu'au point où le chemin atteint un réseau étranger. Pour chaque chemin, nous écartons les premiers sauts qui détaillent la façon dont les routes se propagent à travers les réseaux internationaux ; nous nous concentrons sur le routage à l'intérieur de chaque pays et les connexions avec le monde extérieur. Les nœuds de chaque image sont codés par couleur selon le pays où le réseau (ASN) est enregistré, et la largeur des lignes est déterminée par le nombre de chemins dans lesquels on perçoit la connexion entre les différents ASN. La position des différents réseaux ne correspond à aucun type de disposition géographique. Ces chiffres ne sont qu'une représentation visuelle des interconnexions entre les réseaux dans chaque pays.

En raison de la nature du protocole BGP (Border Gateway Protocol) et des processus de collecte de routes RIS, notre point de vue se limite aux routes suivies par le trafic

international. Nous n'observons des relations d'appairage entre deux fournisseurs de services d'un même pays qu'à partir du moment où l'un ou les deux partenaires annoncent les routes de l'autre à un tiers propageant cette même route. Par ailleurs, nous ne voyons aucun peering aux IXP régionaux où l'intention consiste à maintenir le trafic local au sein du pays ou de la région. Néanmoins, la représentation graphique des connexions que nous pouvons détecter fournit des informations précieuses sur la connectivité domestique.

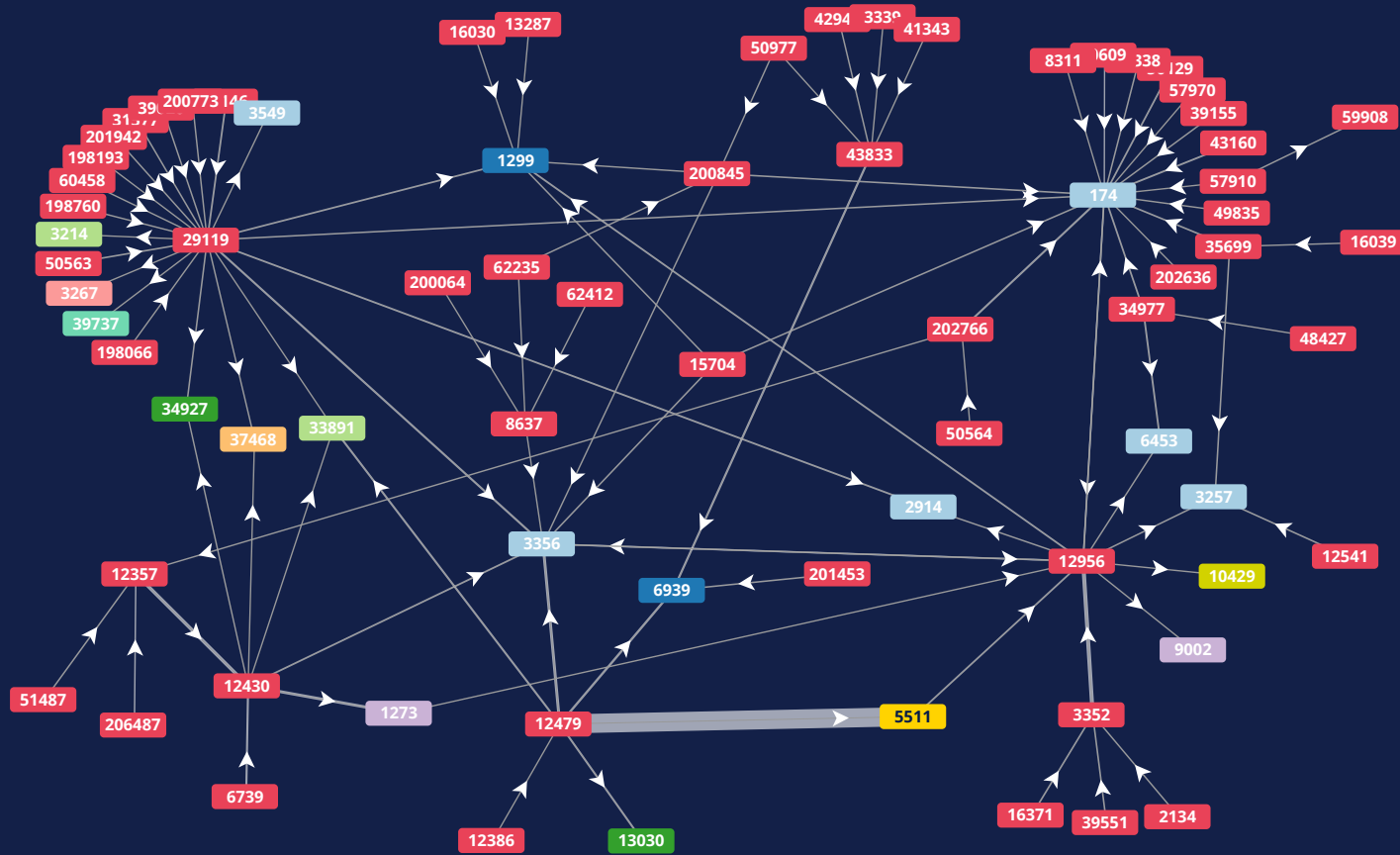
Avec plus d'un millier d'ASN enregistrés en Espagne, en France et en Italie, et de un à deux cents au Portugal et en Grèce, il est malheureusement impossible de visualiser toutes les connexions entre chaque réseau au sein de ces pays. Pour obtenir une représentation des modèles de haut niveau, cependant, nous avons restreint les chiffres suivants pour inclure les 100 segments les plus fréquemment observés dans les chemins BGP.

Image 12 :
Connectivité entre réseaux en France



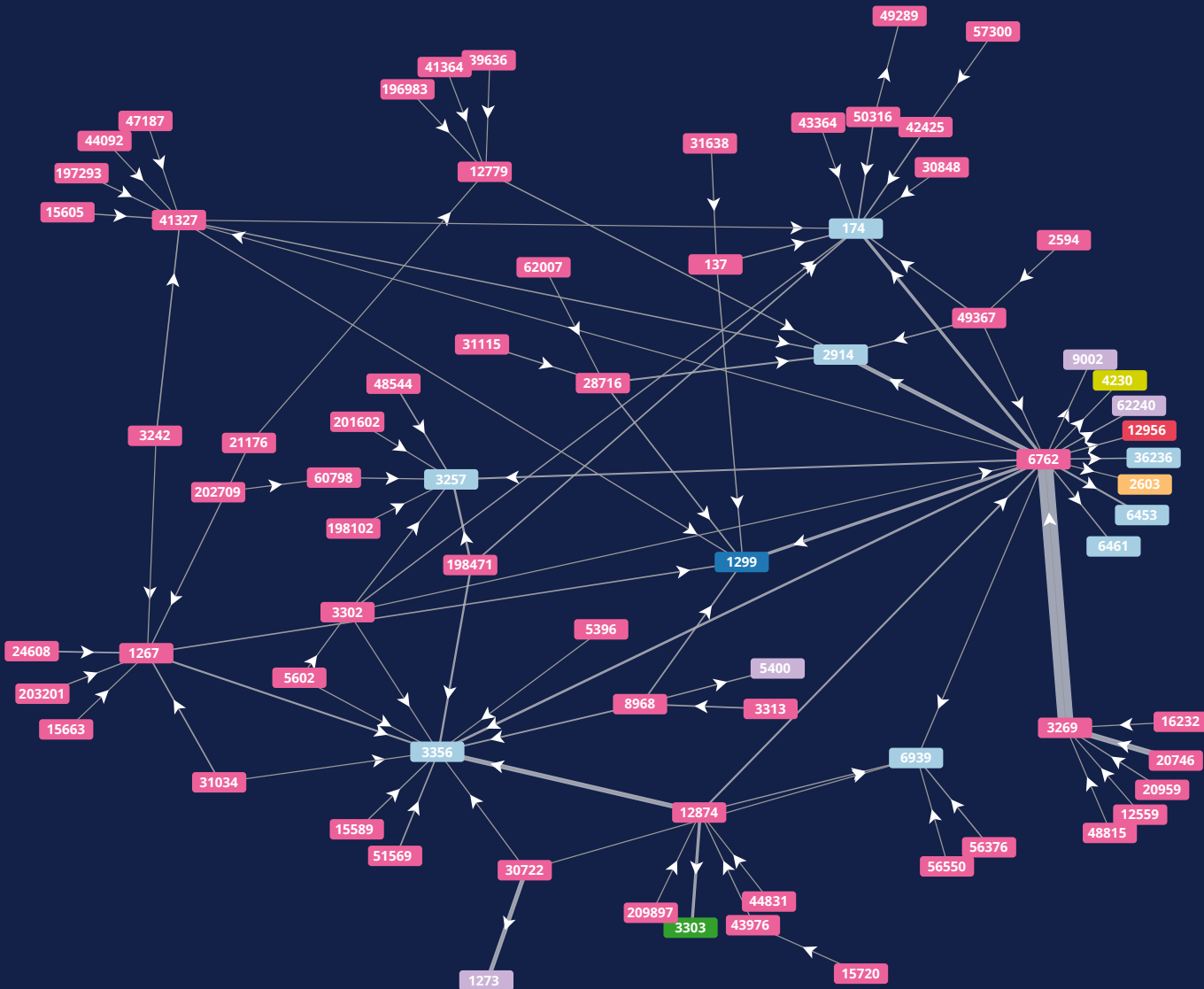
En France, nous observons neuf clusters autour de différents réseaux, indiquant le rôle important qu'ils jouent dans la connectivité domestique du pays en connectant un certain nombre d'autres réseaux au reste de l'Internet. Cinq d'entre eux sont enregistrés auprès d'organismes français : Acorus (AS35280), Jaguar Network SAS (AS30781), Zayo France (AS8218), SFR (AS15557) et OpenTransit (AS5511). Les quatre autres sont des prestataires internationaux ayant leur siège hors de France : Telia (AS1299), Hurricane Electric (AS6939), Level3 (AS3356) et Cogent (AS174). On voit aussi clairement comment le réseau domestique d'Orange (AS3215) s'appuie sur OpenTransit (le backbone international d'Orange) pour sa connectivité principale.

Image 13 :
Connectivité entre réseaux en Espagne



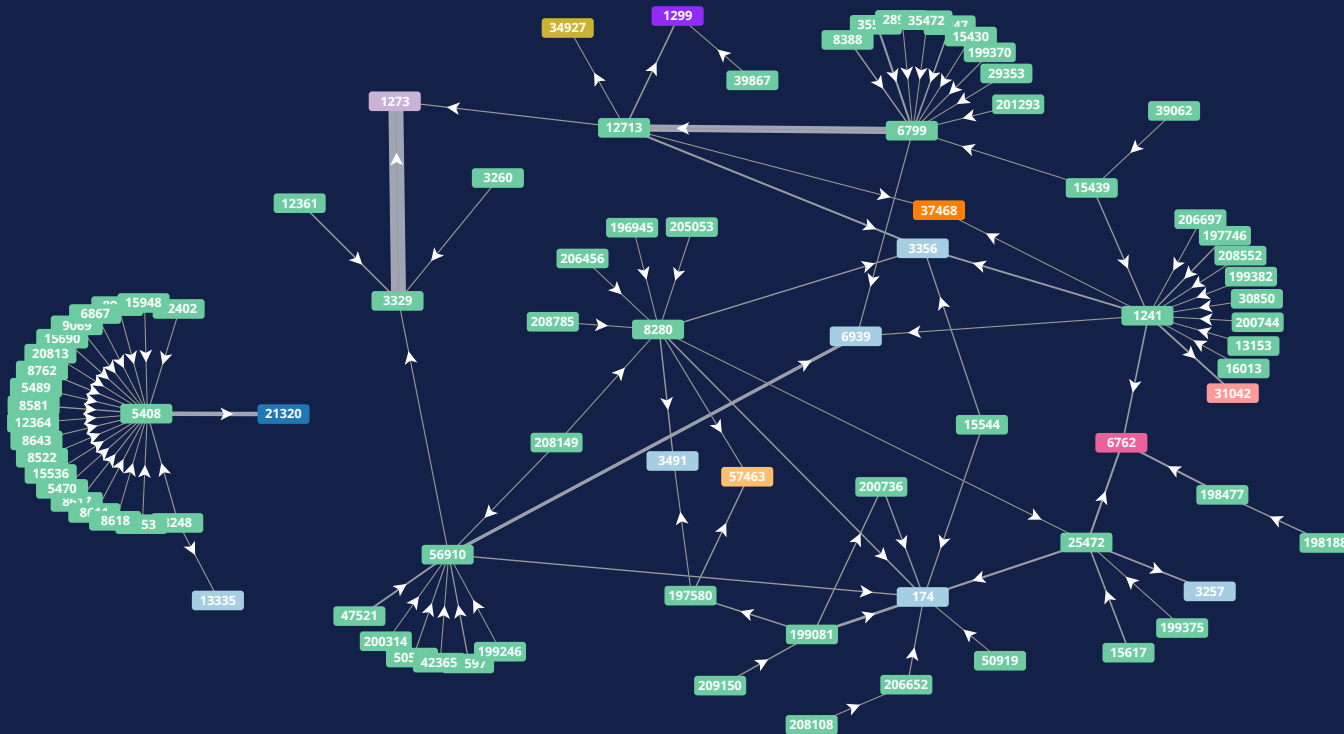
La connectivité intérieure de l'Espagne est dominée par deux réseaux : ServiHosting Networks (AS29119) et Cogent basé aux États-Unis (AS174). De nombreux réseaux espagnols reçoivent une connectivité via ces fournisseurs. Nous remarquons également des clusters moins proéminents mais toujours importants autour de Vodafone España (AS12430), Producmia (AS43833) et Telefónica Global Solutions (AS12956), qui est l'upstream de Telefónica de España (AS3352) et des réseaux qu'elle dessert. Similaire à la situation en France, nous pouvons également voir la manière dont Orange España (AS12479) s'appuie principalement sur OpenTransit (AS5511) pour sa connectivité internationale.

Image 14 :
Connectivité entre réseaux en Italie



En Italie, nous voyons Telecom Italia Sparkle (AS6762) desservir de nombreuses connexions internationales. Ce réseau est également le principal fournisseur upstream du réseau domestique de Telecom Italia (AS3269). De plus petits clusters autour des opérateurs internationaux Level3 (AS3356), GTT (AS3257), Cogent (AS174), NTT (AS2914), Telia (AS1299) et Hurricane Electric (6939) se distinguent également, en plus des réseaux italiens Wind (AS1267), Fiber Telecom (AS41327), IT.Gate (AS12779) et Fastweb (AS12874).

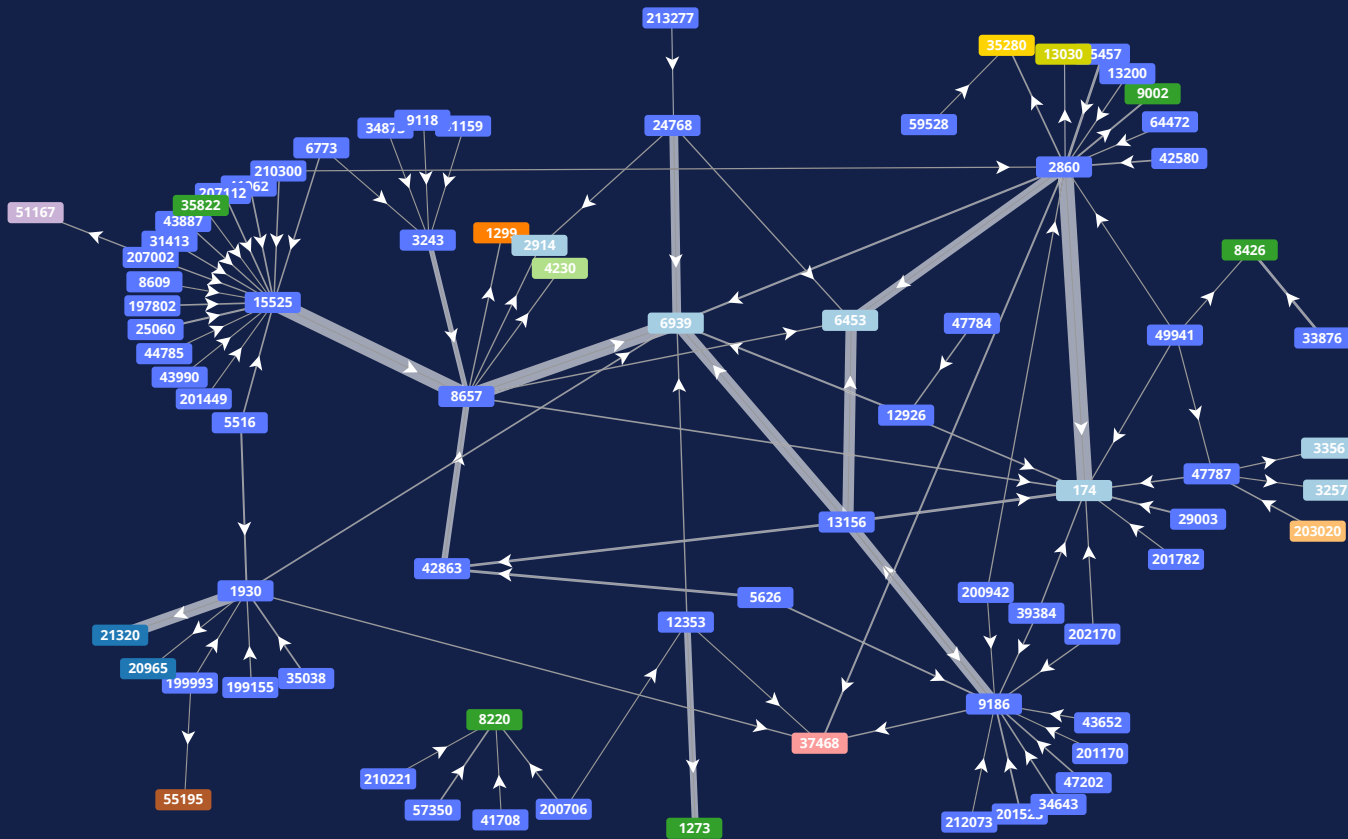
Image 15 :
Connectivité entre réseaux en Grèce



Le rôle de GRNET, le réseau national de recherche et d'éducation (NREN), se démarque en Grèce où l'on voit comment GRNET (AS5408) relie de nombreux réseaux universitaires au monde extérieur via GÉANT (AS21320), le réseau de recherche européen basé aux Pays-Bas.

Nous voyons également des clusters autour de Forthnet (AS1241), OTE (AS6799) et Lambda Hellix (AS56910). Lambda Hellix obtient la connectivité de Hurricane Electric (AS6939) et Vodafone-Panafon (AS3329), qui à son tour s'appuie sur Vodafone GlobalNet (AS1273) pour la connectivité externe. À noter également le cluster autour de Cogent (AS174), qui est considéré comme un fournisseur direct upstream de plusieurs réseaux grecs.

Image 16 :
Connectivité entre réseaux au Portugal



Au Portugal, la position prééminente de Hurricane Electric (AS6939) se démarque également. Le réseau connecte une fraction substantielle des réseaux portugais au reste d'Internet, à la fois directement et indirectement, la plupart des connexions indirectes passant par MEO Internacional (AS8657) et NOWO Communications (AS13156). MEO Internacional, à son tour, est l'upstream exclusif pour les autres parties de MEO : MEO Residencial (AS3243), MEO Empresas (AS15525) et MEO Movel (AS42863). Cela illustre la manière dont une seule organisation peut utiliser plusieurs ASN pour structurer ses réseaux.

Parmi les autres acteurs majeurs de la connexion du Portugal au reste d'Internet, citons : NOS Comunicações (AS2860), avec Cogent (AS174) et Tata Communications (AS6453) comme upstream principaux ; ONI Telecom (AS9186), recevant le transit de NOWO Communications (AS13156) ; et RCCN (AS1930), NREN qui repose principalement sur GÉANT (AS21320) pour la connectivité externe, bien que certains chemins soient également visibles via Hurricane Electric (AS6939). Enfin, nous apercevons la manière dont Cogent (AS174) fournit le transit à NOS Comunicações (AS2860) et à ses clients, mais aussi directement à d'autres réseaux portugais.

Une visualisation de la connectivité Internet, comme nous le voyons sur ces images, devrait ressembler à un Web profondément interconnecté, avec une large distribution de chemins et d'interconnexions sans point ou goulot d'étranglement évident. En effet, les cinq pays inclus dans ce rapport affichent un niveau élevé d'interconnectivité entre leurs réseaux nationaux, peignant un diaporama local mature et développé qui offre un bon niveau de redondance et de résilience.

Image 17 :
Connectivité internationale de la France

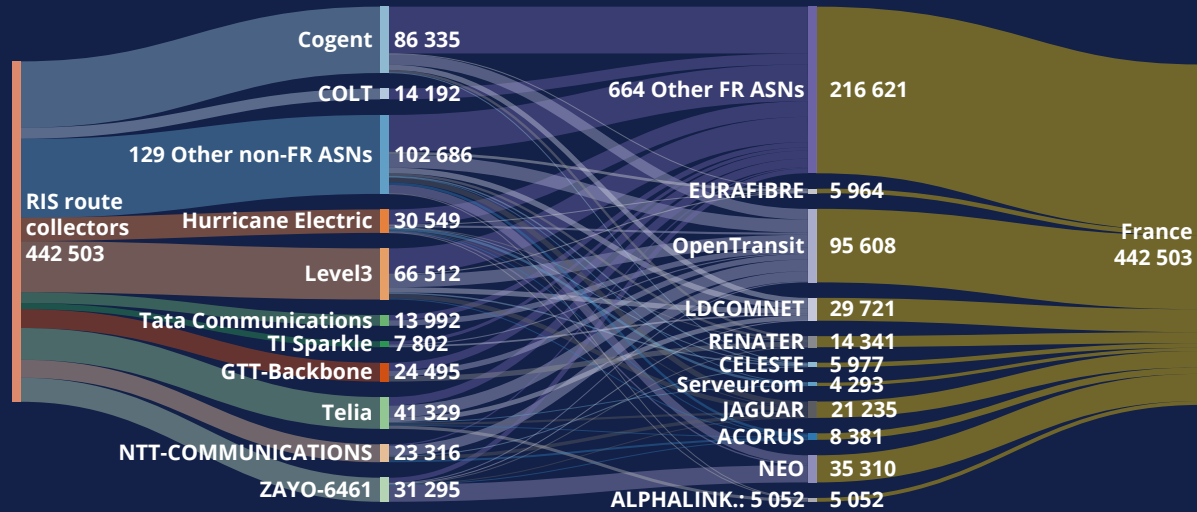
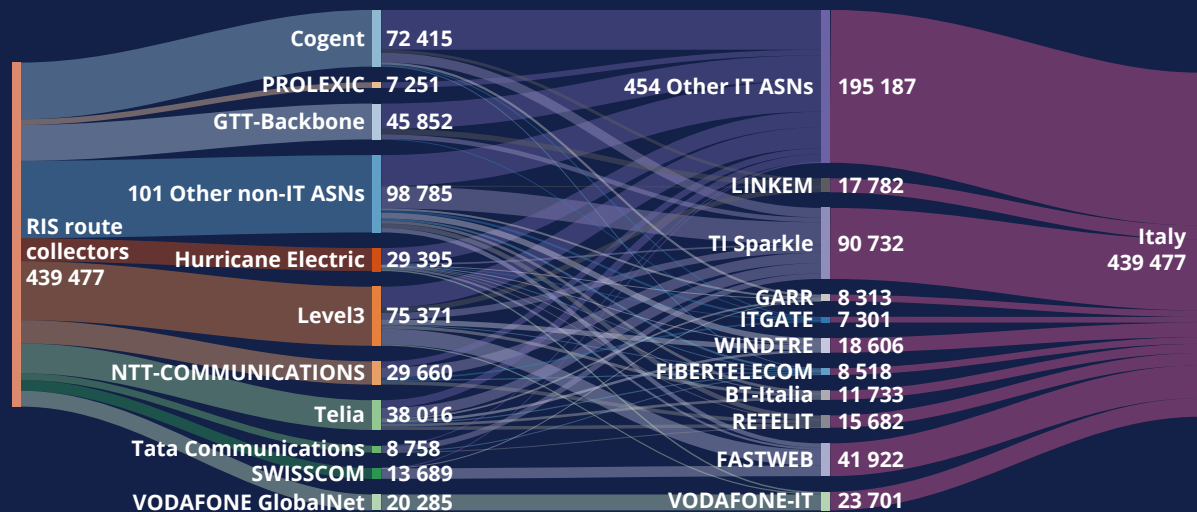


Image 18 :
Connectivité internationale de l'Italie



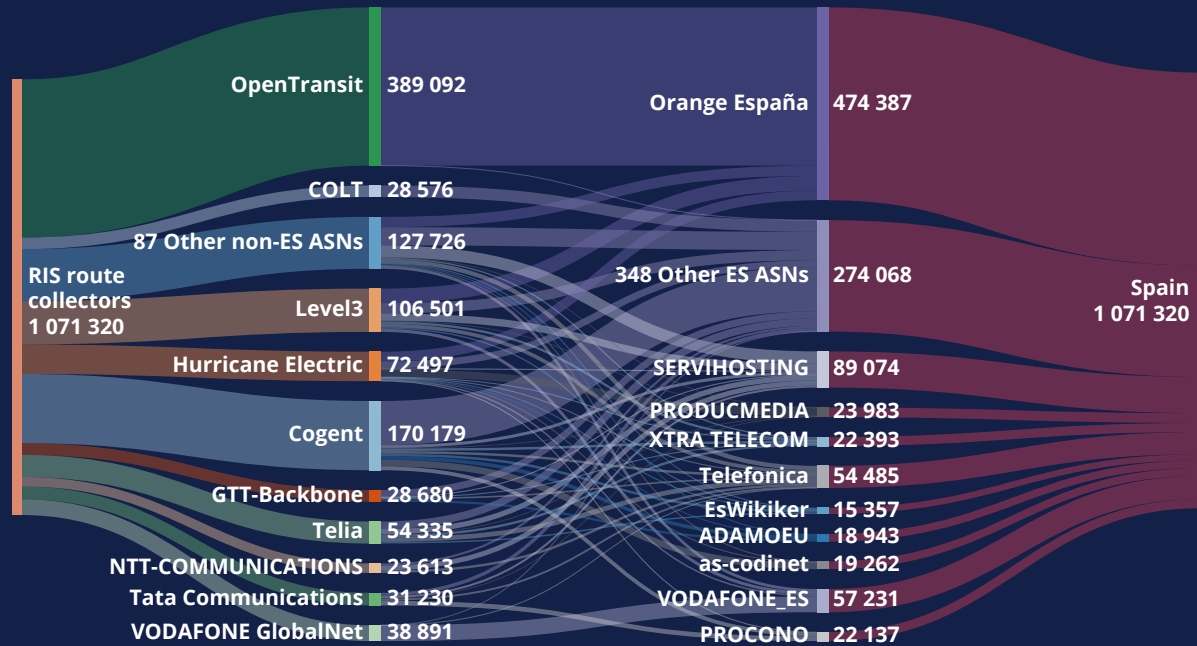
Connectivité internationale

En élargissant notre point de vue, nous regardons maintenant au-delà de la connectivité domestique pour s'intéresser à la manière dont l'Europe méditerranéenne se connecte au reste du monde. Pour enquêter sur ce sujet, nous nous tournons à nouveau vers le service RIS (Routing Information Service) du RIPE NCC. Nous examinons les routes collectées par RIS pour les réseaux IP dans chaque pays et identifions le dernier réseau étranger et le premier réseau domestique rencontrés pour ces chemins. Cela nous donne un aperçu des opérateurs qui fournissent une connectivité internationale dans chaque pays.

En France, on remarque OpenTransit, le backbone international d'Orange, dans un grand nombre de chemins se connectant aux réseaux français. Cependant, nous voyons aussi comment de grands acteurs internationaux comme Cogent, Level3, Telia et d'autres desservent directement des centaines d'autres réseaux français sans passer par l'opérateur historique ou une poignée de grands fournisseurs nationaux. C'est le signe d'un marché ouvert et concurrentiel.

L'Italie présente un schéma similaire, avec de nombreux réseaux différents desservis par différents fournisseurs upstream, ainsi qu'un choix diversifié de grands fournisseurs upstream desservant directement les réseaux nationaux italiens.

Image 19 :
Connectivité internationale de l'Espagne



En Espagne, la connexion provenant d'Orange España par le biais d'OpenTransit (le backbone d'Orange) domine la connectivité internationale. Cependant, tandis qu'il existe une relation claire entre ces deux instances, la taille relative n'est pas représentative de la part de marché réelle. La représentation surdimensionnée de l'image 19 est probablement due au fait qu'Orange España a annoncé son espace d'adressage en fragments plus petits, créant un plus grand nombre de préfixes dans la table de routage et, par conséquent, plus de chemins malgré le fait que Telefónica détient plus d'espace d'adressage IPv4 annoncé par rapport à Orange España.

Image 20 :
Connectivité internationale du Portugal

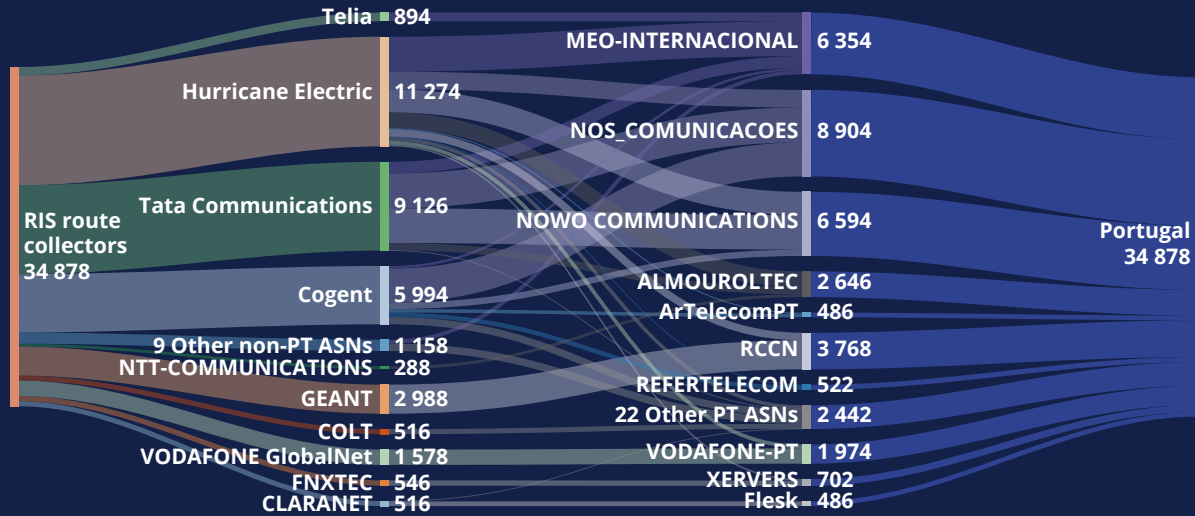
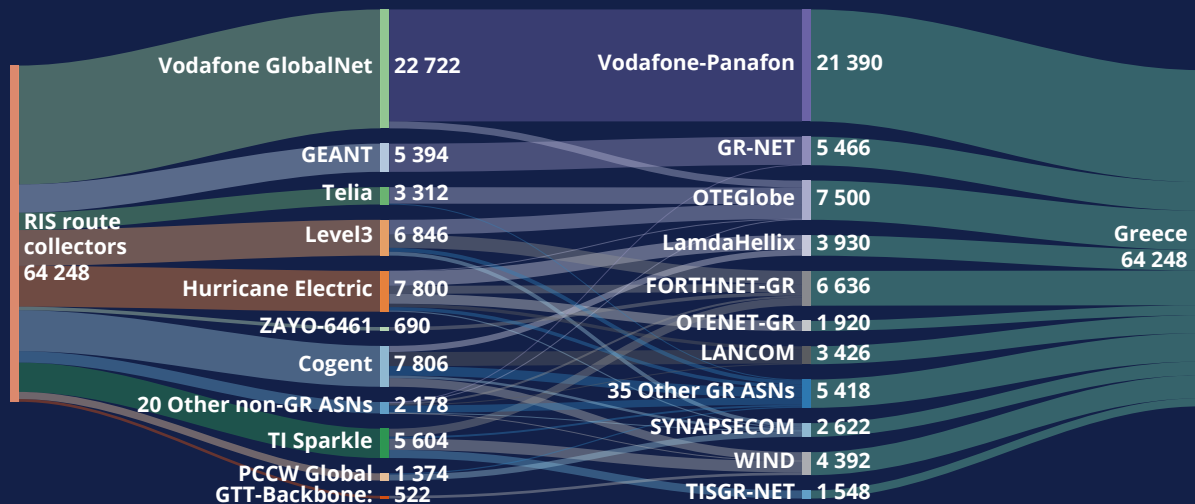


Image 21 :
Connectivité internationale de la Grèce



Au Portugal et en Grèce, la situation est différente. Comme indiqué précédemment, l'ordre de grandeur des réseaux pour ces deux pays est moindre. En conséquence, les principaux fournisseurs au Portugal et en Grèce jouent leur rôle au sein d'une fraction beaucoup plus importante de chemins de routage à destination et en provenance du pays. En Grèce, nous voyons un autre cas de surreprésentation de Vodafone-Panafon en termes de part de marché réelle, car ce dernier détient un plus grand nombre de préfixes annoncés, même si OTE a plus d'espace d'adressage total. Vodafone GlobalNet représente le seul fournisseur upstream de Vodafone-Panafon tout en disposant probablement de divers peerings avec d'autres grands réseaux. Selon l'endroit où le transfert du trafic a lieu entre le Vodafone « local » et « mondial » (c'est-à-dire la distance jusqu'au réseau domestique), des connexions résilientes à l'Internet mondial peuvent continuer d'exister.

En général, plus nous apercevons un nombre important d'itinéraires disponibles à l'intérieur et à l'extérieur d'un pays, mieux c'est. En effet, le fait de s'appuyer sur un petit nombre de fournisseurs nationaux dominants pour fournir la grande majorité des connexions à destination et en provenance d'un pays est en faveur de goulots d'étranglement et de points de défaillance uniques, ce qui a un impact négatif sur la stabilité Internet dudit pays, quel que soit le nombre de connexions upstream possédées. En Europe méditerranéenne, les visualisations de la connectivité internationale des pays brossent un tableau positif. En France, en Espagne et en Italie, nous constatons un niveau particulièrement important de diversité dans les connexions internationales. Si ce niveau est légèrement moins élevé au Portugal et en Grèce, l'environnement d'interconnexion demeure relativement développé et diversifié dans ces deux pays.

3. Système de noms de domaine, chemins de trafic et sécurité de routage

Connexion au système de noms de domaine

Étudions maintenant la manière dont le trafic est acheminé vers, depuis et au sein de la région. Nous examinons les instances locales K-root interrogées à partir de requêtes provenant des différents pays.

K-root et DNS

K-root est l'un des 13 serveurs racine au monde qui forment le noyau du système de noms de domaine (DNS) traduisant les URL lisibles par l'homme (telles que <https://www.ripe.net>) en adresses IP. Le RIPE NCC exploite le serveur de noms K-root. Une constellation distribuée à l'échelle mondiale de ces serveurs racine se compose d'« instances » locales qui sont des répliques exactes. Cette configuration ajoute de la résilience et se traduit par des temps de réponse plus rapides pour les clients DNS et, en fin de compte, les utilisateurs finaux (End Users).

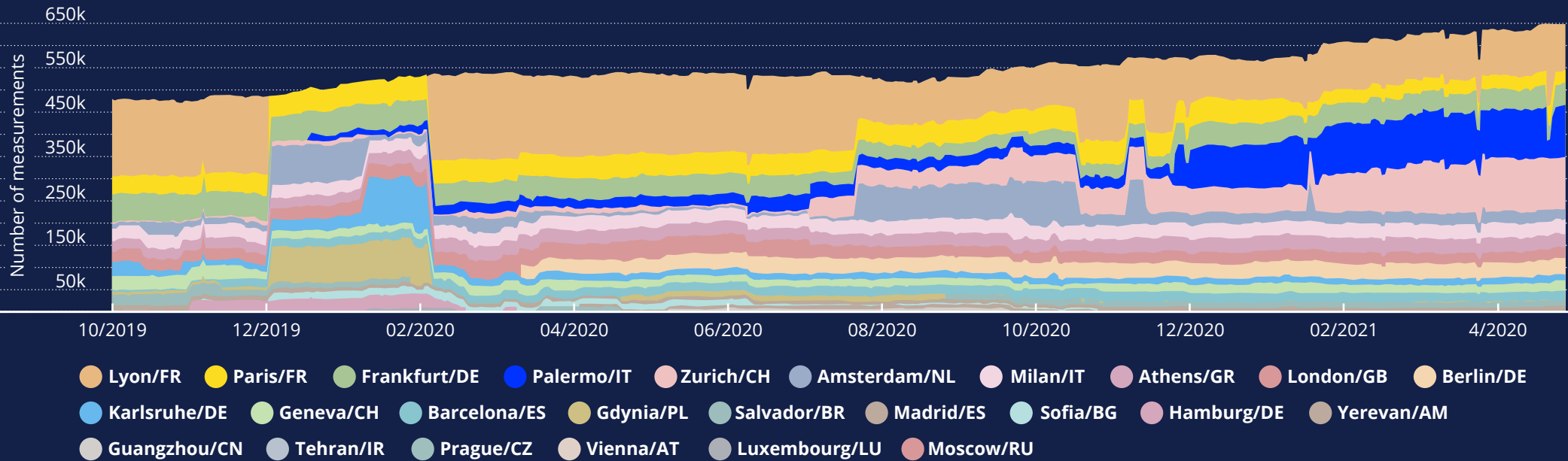
Ces mesures reposent sur la plate-forme de mesure RIPE Atlas du RIPE NCC qui utilise un réseau mondial de sondes pour mesurer la connectivité et l'accessibilité d'Internet (consultez la section sur RIPE Atlas à la fin du rapport pour plus d'informations sur la manière d'y participer). Remarque : K-root n'est que l'un des 13 serveurs racine au monde. Chaque client du système de noms de domaine (DNS) prend ses propres décisions quant au serveur racine à utiliser. Si le temps de réponse à K-root est plutôt lent, il est très probable que les clients optent pour des alternatives plus rapides parmi les autres serveurs racine.

Même ainsi, limiter nos mesures au K-root et aux choix que différentes sondes RIPE Atlas de la région font vis-à-vis de l'instance K-root à interroger donne un aperçu dont le système de routage considère les différentes options et décide les réseaux et les emplacements fournissant les meilleurs résultats.

Border Gateway Protocol et Anycast

Le serveur de noms K-root, comme de nombreux autres serveurs DNS, utilise la technologie Anycast : chaque instance individuelle de K-root est connectée à Internet de manière indépendante par le biais d'un point d'échange Internet local ou un nombre quelconque de réseaux upstream disponibles à son emplacement. Chaque instance communique à l'aide du protocole BGP (Border Gateway Protocol) conçu pour sélectionner le meilleur chemin parmi toutes les options disponibles. Initialement, le critère le plus important ici est la longueur du chemin, et le système choisira le chemin avec le plus petit nombre de réseaux intermédiaires. Cependant, les opérateurs de réseau peuvent passer outre le processus de prise de décision BGP, pour des raisons de coûts ou de propriété la plupart du temps. Il n'est pas rare que les réseaux privilégient des routes qui peuvent être plus longues mais moins coûteuses en raison d'arrangements de peering via un point d'échange Internet ou une société mère.

Image 22 :
Emplacements K-root atteints depuis l'Europe méditerranéenne (IPv4)

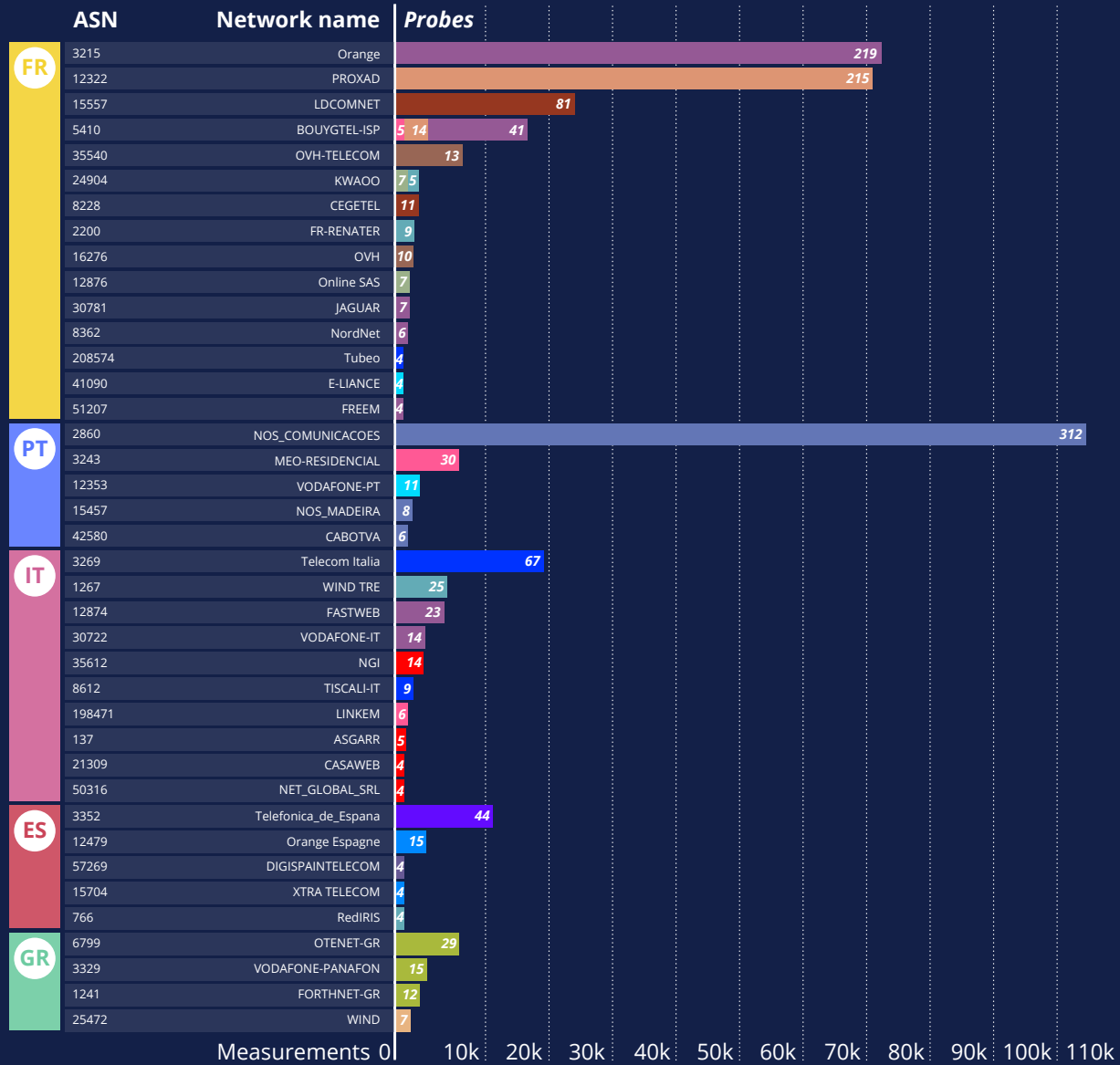


Il existe huit instances K-root hébergées dans cette région : Madrid, Barcelone, Lyon, Paris, Prato (juste à l'extérieur de Florence), Milan, Palerme et Athènes. L'image 22 illustre les instances K-root atteintes par les sondes RIPE Atlas dans les cinq pays d'Europe méditerranéenne d'octobre 2019 à mai 2021. Sur les 10 premières instances atteintes, la moitié étaient situées dans la région, tandis que l'autre moitié était située un peu plus loin, mais toujours en Europe et notamment à Francfort, Amsterdam, Londres, Zurich et Berlin. Nous constatons que sept des huit instances K-root de la région sont atteintes, à l'exception de l'instance de Prato, en Italie. Un petit nombre de requêtes distantes ont atteint des instances K-root du Brésil, d'Arménie, de Chine et d'Iran, lesquelles représentent des choix sous-optimaux qui entraîneront des temps de réponse plus longs.

L'image 22 illustre également à quel point le système de noms de domaine est dynamique, car nous pouvons voir plusieurs changements survenir. De début décembre 2019 à début février 2020, l'instance K-root à Lyon était indisponible car le réseau hôte a été renuméroté. Grâce à la technologie d'anycasting, aucun impact sur les performances du service de nom racine n'est déploré, car le protocole Border Gateway Protocol a automatiquement trouvé des alternatives disponibles à Amsterdam, Karlsruhe et Gdynia, qui sont toutes suffisamment proches pour maintenir des temps d'aller-retour idéaux. Une fois les travaux terminés sur le réseau hôte à Lyon, l'instance K-root qui y était hébergée a été réactivée et les requêtes DNS ont repris automatiquement. Ces types d'événements illustrent la résilience et la flexibilité du système de serveur racine.

Nous avons également examiné les instances K-root interrogées par les sondes RIPE Atlas dans les différents pays en l'espace d'une journée. Au Portugal, qui n'héberge pas d'instance K-root, nous avons vu la majorité des sondes atteindre l'instance de Zurich, tandis que d'autres ont atteint Amsterdam, Londres et Genève. La majorité des sondes en Espagne a atteint les instances de Barcelone ou de Madrid, un plus petit nombre atteignant Karlsruhe en Allemagne. En France, nous avons vu plus de sondes atteindre l'instance K-root à Lyon que toute autre instance. Fait intéressant, cependant : bien plus de sondes ont atteint l'instance de Palerme que celle située à Paris. Près de la moitié des sondes en Italie ont atteint des instances à Milan ou à Palerme, mais la majorité des autres sondes a été envoyée à Francfort, un plus petit nombre atteignant

Image 23 :
Emplacements K-root atteints à partir de différents réseaux dans toute l'Europe méditerranéenne (IPv4)



- Zurich/CH
- Lyon/FR
- Palermo/IT
- Berlin/DE
- Frankfurt/DE
- Athens/GR
- Barcelona/ES
- Geneva/CH
- Amsterdam/NL
- Salvador/BR
- Milan/IT
- Karlsruhe/DE
- London/GB
- Paris/FR
- Sofia/BG
- Madrid/ES

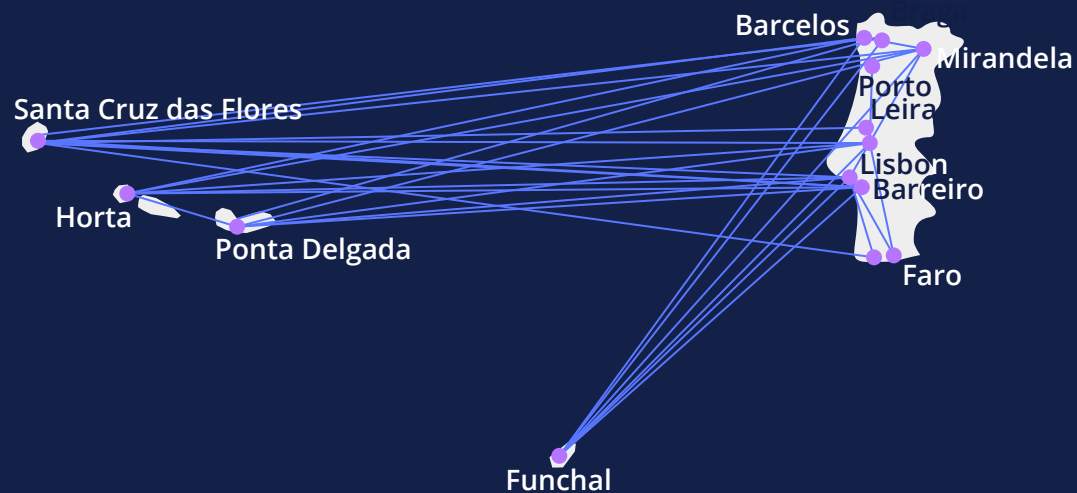
Genève et Amsterdam. Enfin, nous avons remarqué la meilleure optimisation en Grèce où la grande majorité des sondes a atteint l'instance K-root à Athènes. De manière générale, les temps d'aller-retour étaient raisonnables pour l'ensemble de la région, à l'exception d'une poignée de sondes en France atteignant une instance à Salvador, au Brésil, ce qui a entraîné des temps de réponse plus longs, ainsi que le cas d'une sonde en Espagne mettant un temps inhabituellement long pour atteindre Madrid, peut-être en raison d'une congestion du réseau ou d'un routage sous-optimal, bien que la raison exacte reste inconnue.

Nous pouvons également examiner les instances K-root interrogées par des sondes dans différents réseaux, par opposition à différents pays. Puisque nous avons des sondes RIPE Atlas dans des centaines de réseaux au sein de cette région, un graphique incluant chaque réseau serait illisible. En guise de compromis, nous avons inclus des réseaux ayant au moins quatre sondes actives.

Traditionnellement, le processus de prise de décision BGP garantirait qu'une fois qu'un chemin particulier a été identifié comme étant la meilleure option, une cohérence a lieu entre tous les routeurs qui font partie de ce réseau particulier. L'image 23 sur laquelle les sondes de la majorité des réseaux finissent par interroger la même instance K-root l'illustre bien. Cependant, il existe de nombreux cas dans lesquels nous voyons des réseaux privilégiant une instance K-root plus éloignée que l'option (géographique) la plus proche, comme NOS Comunicações au Portugal privilégiant l'instance K-root de Zurich par rapport à l'instance de Madrid ou de Barcelone. Dans la plupart des cas, cela est dû aux accords d'appairage ou à d'autres relations qui existent entre les réseaux, y compris avec leurs fournisseurs en amont. Nous voyons, à titre d'exemple, le réseau OVH Télécom atteindre une instance K-root à Salvador, au Brésil, où OVH est présent. Nous remarquons à nouveau l'optimisation de la Grèce dont toutes les sondes atteignent une instance K-root à Athènes ou à proximité de Sofia.

Il convient de noter que le chemin le plus court (du point de vue du routage) pour un réseau en Europe méditerranéenne vers un serveur racine pourrait très bien passer par Francfort ou Zurich si le réseau est appairé à l'un des échanges dans ces

Image 24 :
Chemins entre l'origine et la destination au Portugal (IPv4)



emplacements. Les petits opérateurs ont généralement moins de contrôle sur leur routage et seront plus affectés par les politiques de routage de leurs fournisseurs upstream, à moins qu'ils n'aient leurs propres accords de peering et décisions de routage individuelles. Pour la plupart, les distances supplémentaires que nous voyons ici n'affecteront pas de manière significative les temps de réponse, même s'il est généralement préférable d'utiliser des IXP locaux. Il convient également de rappeler que ces résultats concernent uniquement le K-root et que les clients DNS de la région atteignent probablement d'autres serveurs racine pouvant apporter de meilleurs temps de réponse.

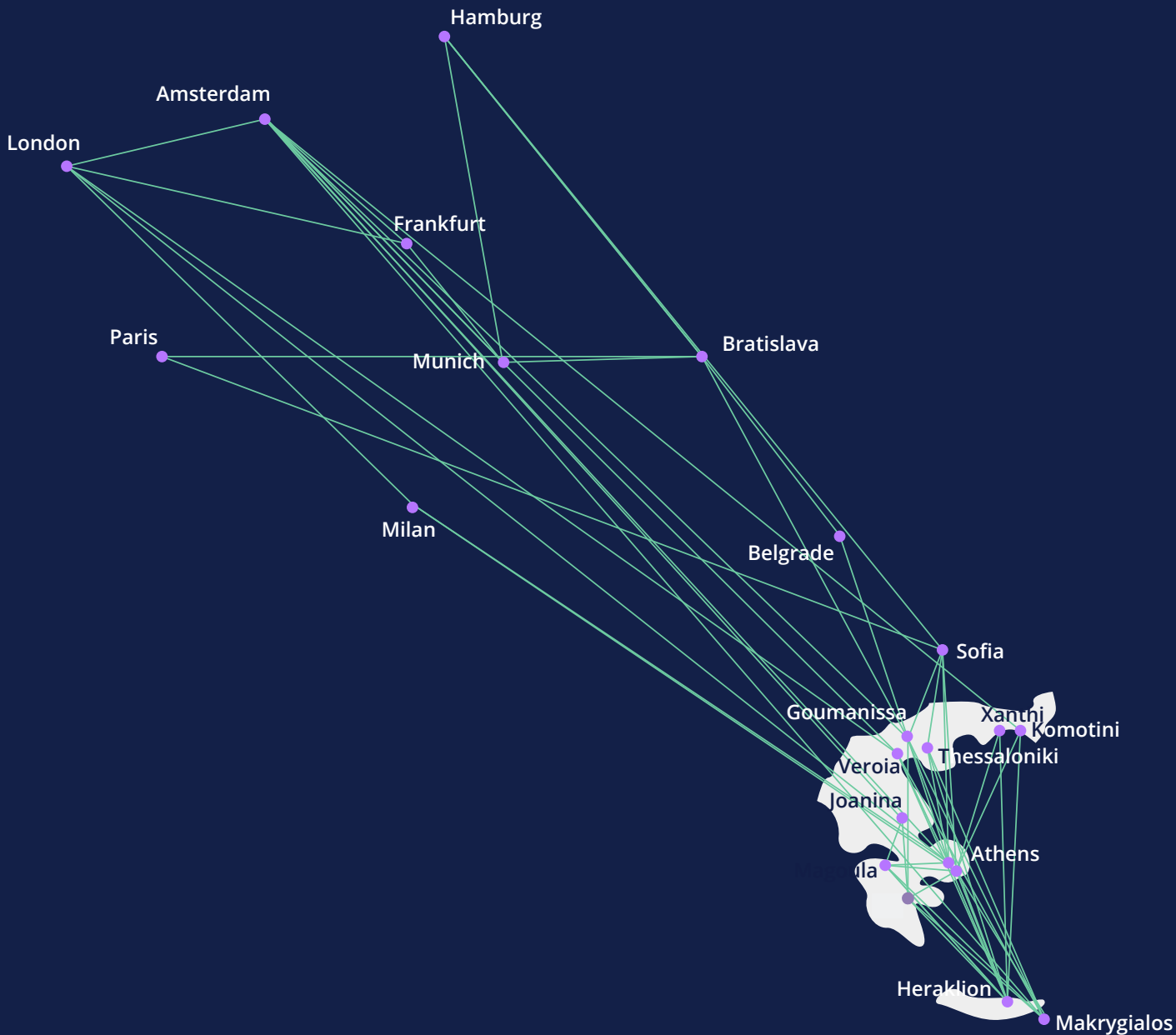
Notons également que ces résultats, considérés représentatifs de manière générale, n'offrent qu'un instantané des mesures effectuées sur une seule journée de mai 2021. Compte tenu de la nature dynamique de BGP, les résultats peuvent être en évolution constante en raison de changements subtils de routage.

Échange de trafic régional

Encore une fois, en utilisant les données du réseau de mesure RIPE Atlas, nous pouvons étudier la manière dont certains des réseaux des cinq pays échangent du trafic entre eux et obtenir une indication de l'endroit où ces échanges ont lieu. Pour cette expérience, nous avons réalisé des traceroute de chaque sonde RIPE Atlas vers toutes les autres sondes du pays, pour chacun des cinq pays. Ces mesures divulguant les adresses IP des routeurs impliqués, nous avons utilisé RIPE IPmap pour géolocaliser ces ressources réseau par la suite. Cette solution donne un aperçu des chemins disponibles pour le trafic, bien qu'elle ne mesure pas directement le trafic.

Acheminer des paquets sur une longue distance jusqu'à un point d'échange, pour ensuite les faire revenir vers une destination proche de l'origine, est appelé « tromboning ». Plus un chemin s'éloigne de l'origine/la destination, moins il est efficace. De plus, ces détours augmentent généralement les coûts pour le gestionnaire de réseau et, surtout, la distance supplémentaire parcourue augmente inutilement les risques de perturbations. Cela crée également des dépendances supplémentaires vis-à-vis des fournisseurs externes pouvant avoir des implications réglementaires.

Image 25 :
Chemins entre l'origine et la destination en Grèce (IPv4)



Dans les cinq pays, nous observons la majorité des chemins demeurer sur le territoire d'un pays. Le rôle des IXP locaux est visible. Au Portugal, aucune localisation étrangère n'est détectée. Pour les autres pays, un sous-ensemble de chemins passent hors du pays avant de revenir à l'intérieur. Francfort, Amsterdam et Londres hébergent les principaux IXP et sont des choix compréhensibles pour l'échange de trafic, bien qu'ils ne soient pas nécessairement les meilleurs en terme de performances. Cela est particulièrement vrai pour les distances plus longues, comme cela se produit avec le trafic local en Grèce qui s'échange à des endroits plus éloignés, plutôt que de s'appuyer davantage sur GR-IX, l'échange Internet grec.

La France est un cas encore plus extrême. Paris et Marseille (qui hébergent tous deux d'importants IXP) sont des points d'échange très fréquentés, mais certains chemins observés sont vraiment sous-optimaux, s'étendant jusqu'à San Francisco à l'ouest et Kiev et Moscou à l'est. Cela augmente considérablement les temps d'aller-retour, bien que leur importance pour les internautes français dépende de la quantité de trafic circulant sur ces chemins : un point que nous ne pouvons mesurer. Nous pouvons seulement déterminer l'itinéraire qu'un trafic emprunterait si un appareil dans un réseau voulait atteindre un appareil d'un autre réseau au sein du même pays.

Image 26 :
Chemins entre l'origine et la destination en France (IPv4)

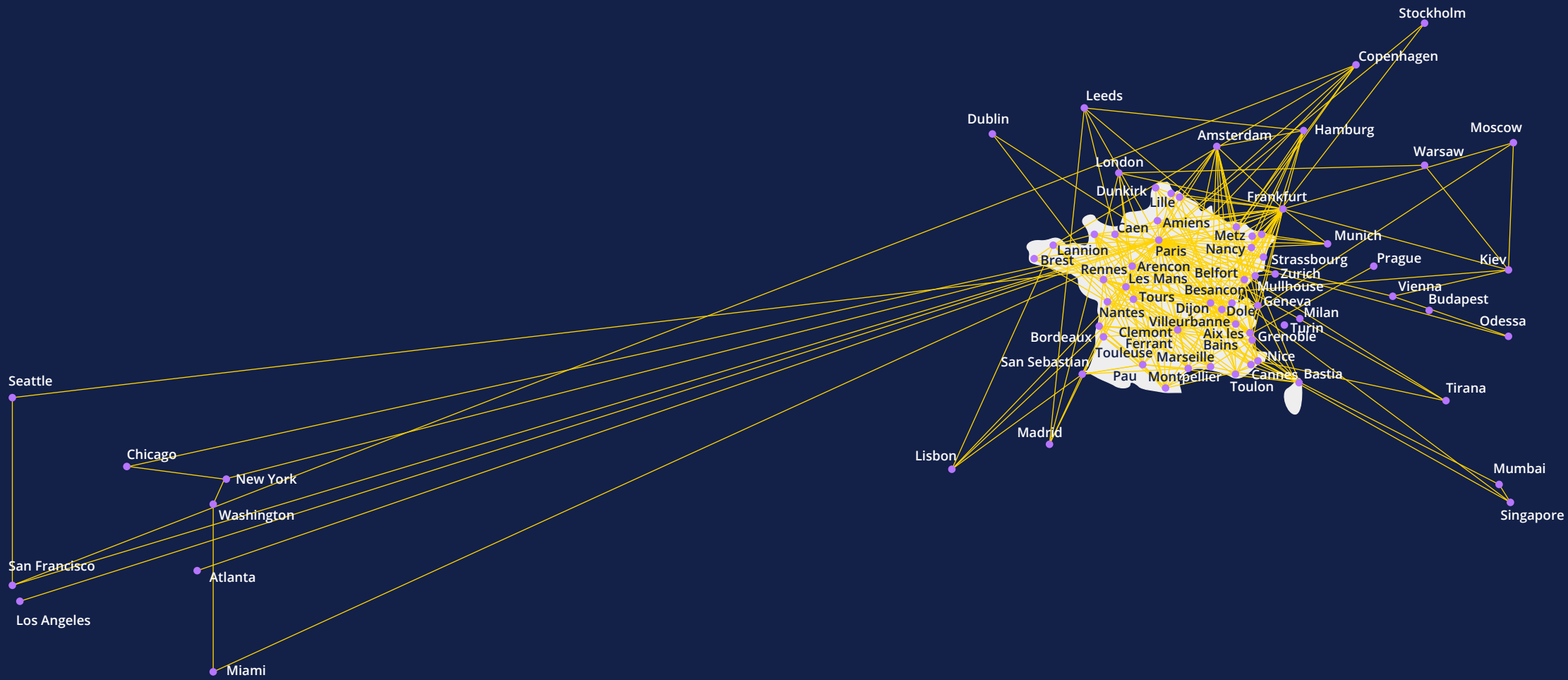


Image 27 :
Chemins entre l'origine et la destination en Espagne (IPv4)

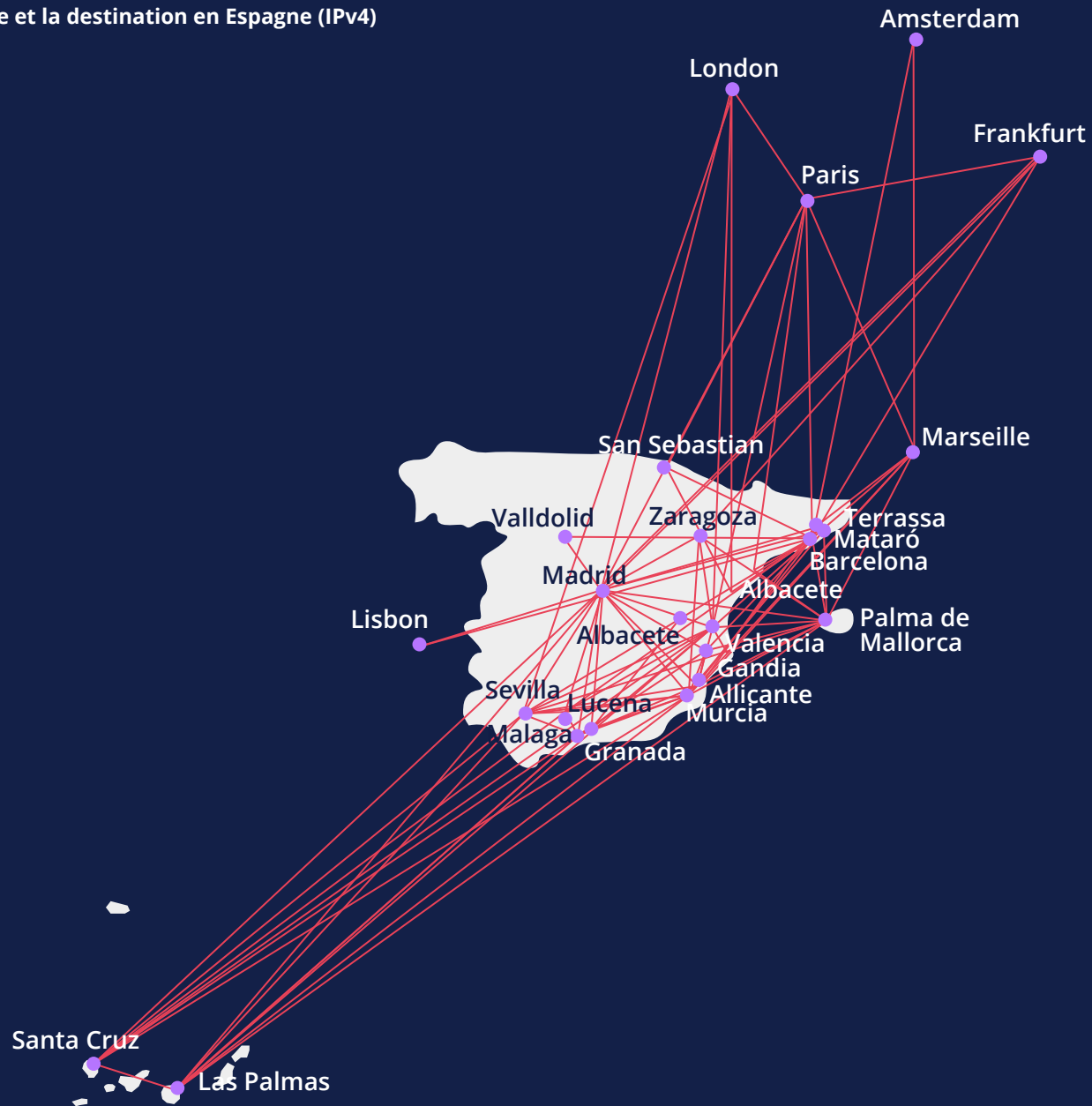


Image 28 :
Chemins entre l'origine et la destination en Italie (IPv4)

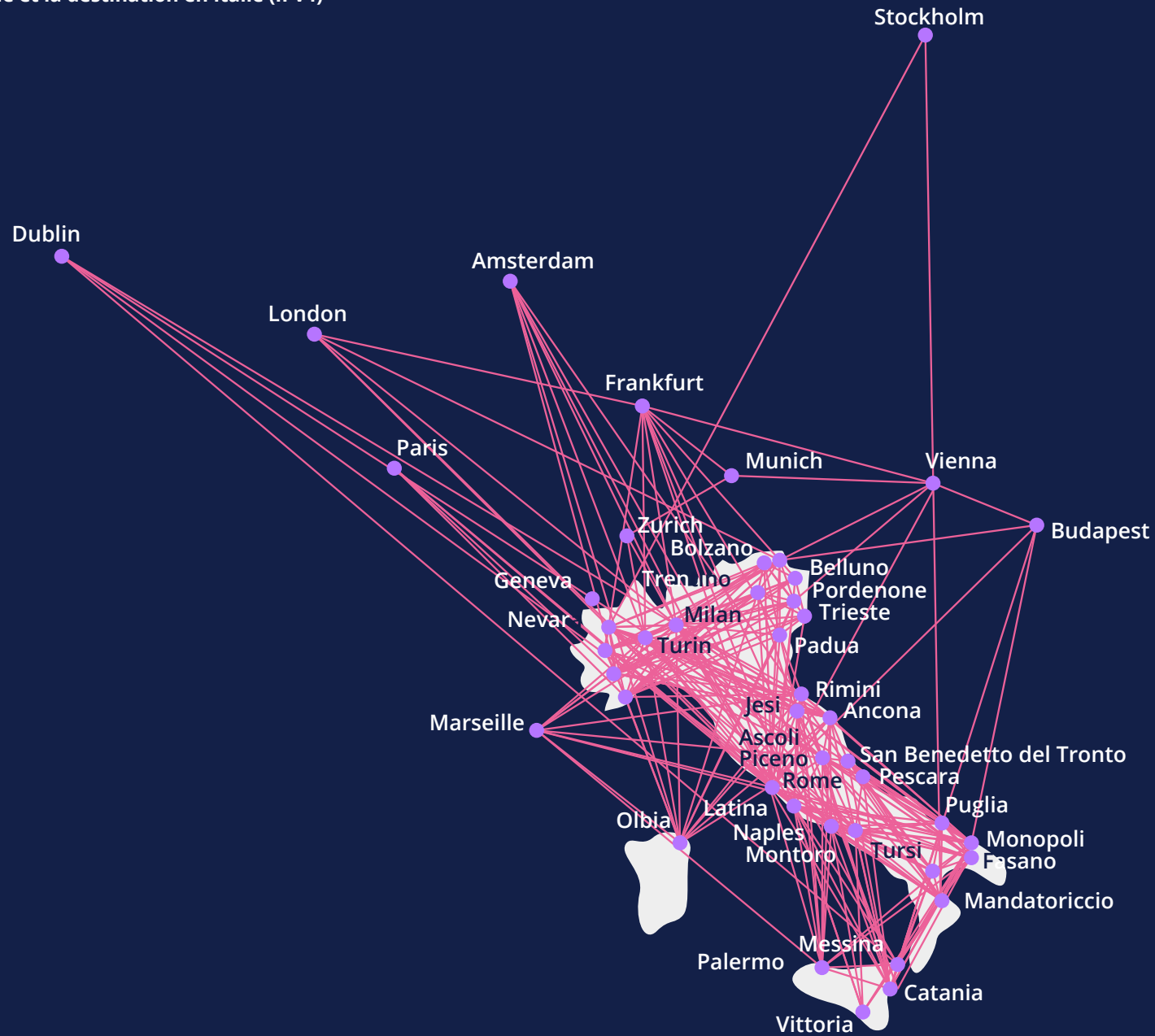
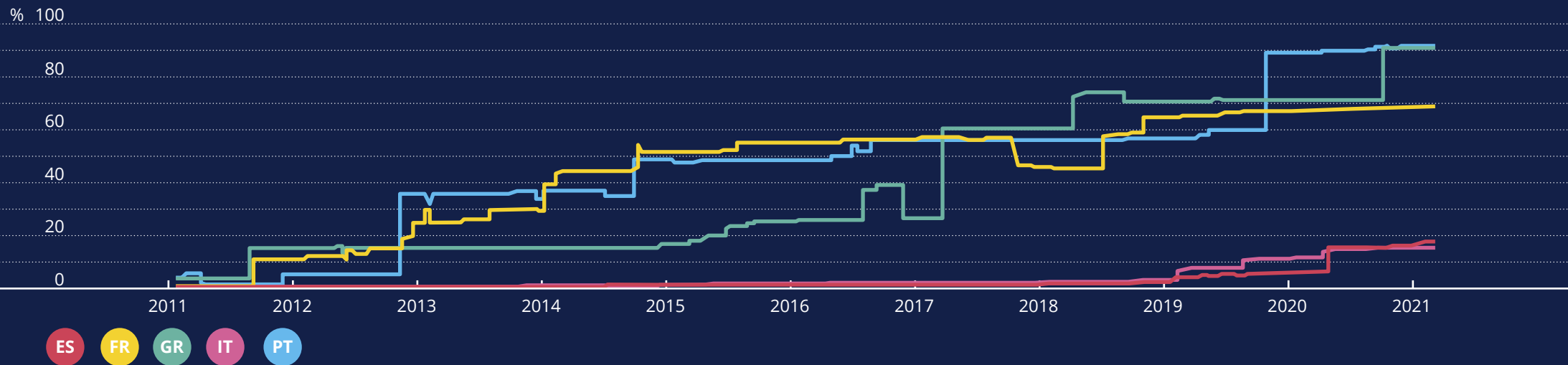


Image 29 :
Espace d'adressage IPv4 couvert par la RPKI



Sécurité de routage

Au-delà de l'examen des différentes routes disponibles pour le trafic provenant de la région, nous pouvons également étudier la sécurité du routage dans les cinq pays en examinant l'efficacité avec laquelle l'espace d'adressage IP est protégé par la RPKI (Resource Public Key Infrastructure) : un cadre de sécurité qui aide les opérateurs de réseau à prendre des décisions de routage plus sûres.

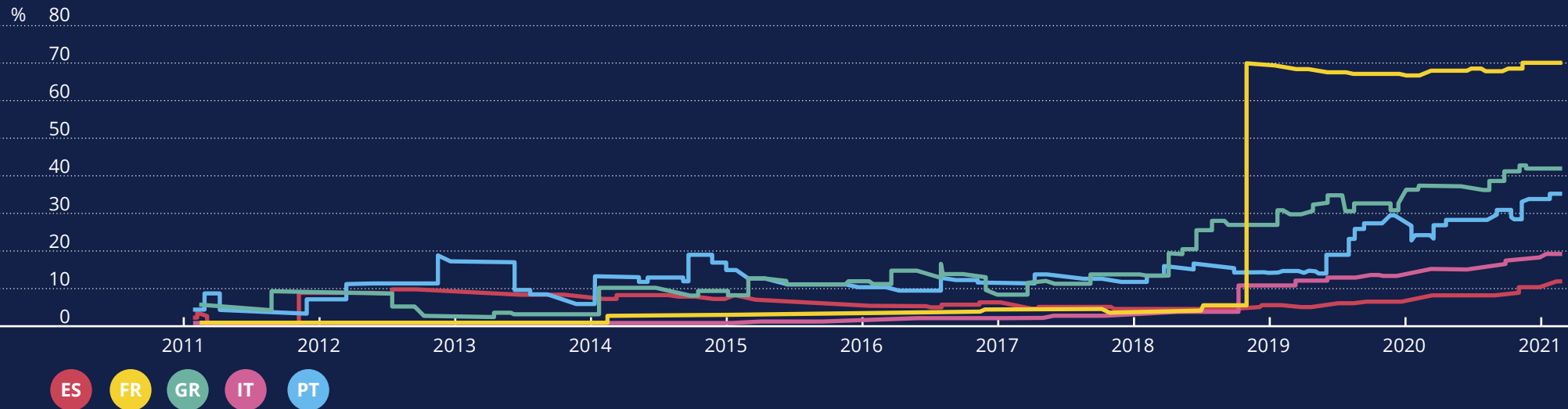
La RPKI utilise des certificats numériques appelés ROA (Route Origin Authorisations) pour prouver le droit d'un détenteur de ressources d'annoncer des préfixes IP (c'est-à-dire certifiant que les ressources ont été allouées ou attribuées au détenteur de la ressource par un registre Internet régional (Regional

Internet Registry). Cela permet d'éviter l'erreur de routage la plus courante sur Internet : l'annonce accidentelle d'un préfixe IP par quelqu'un qui n'est pas le titulaire légitime de cet espace d'adressage. En utilisant l'outil RIPEstat du RIPE NCC (qui fournit toutes les informations disponibles sur l'espace d'adressage IP, les ASN et les informations connexes pour les noms d'hôte et les pays), nous pouvons déterminer le pourcentage de l'espace d'adressage IPv4 d'un pays couvert par les ROA.

Au Portugal et en Grèce, plus de 90 % de l'espace d'adressage IPv4 enregistré auprès d'organisations dans ces pays est couvert par des ROA. Dans le cas de la Grèce, nous savons que le GR-IX encourage fortement ses membres à adopter la RPKI. La plupart des fournisseurs

du pays, même les plus petits, sont présents chez l'IXP. Cela pourrait expliquer le taux d'adoption élevé aperçu pour le pays. Le graphique illustre diverses augmentations importantes pour l'ensemble des pays qui se produisent lorsqu'un seul grand fournisseur adopte la RPKI et crée des ROA pour son espace d'adressage. Le dernier exemple est celui de Vodafone-Panafon en Grèce qui, en créant des ROA, a fait grimper le pourcentage à plus de 90 %.

Image 30 :
Espace d'adressage IPv6 couvert par la RPKI



Concernant l'espace d'adressage IPv6, les pourcentages couverts par les ROA sont nettement inférieurs. La France est la seule exception, avec environ 70 % de couverture. Cela est largement dû à un seul grand fournisseur, Orange, qui a créé un ROA pour sa large allocation d'espace d'adresses IPv6 /19.

Les gouvernements, les régulateurs, les IXP et les grands fournisseurs de services peuvent tous aider à encourager les petits acteurs à certifier leurs ressources de numéros Internet. Ils peuvent également encourager les meilleures pratiques opérationnelles actuelles concernant la sécurité du routage afin de mieux protéger Internet et réduire les risques pour les mauvais acteurs de détourner des ressources et d'attaquer le système de routage.

Conclusion

L'Europe méditerranéenne a une longue histoire de développement d'Internet qui se reflète aujourd'hui dans les marchés ouverts et compétitifs de la région, ses infrastructures sophistiquées, ses communautés techniques qualifiées et ses taux d'intégration élevés. Les entreprises et les citoyens ont accès à une large gamme de services numériques, en sus d'une connectivité haut débit fixe et mobile largement abordable offerte par une gamme de fournisseurs de toutes tailles. Les flux de trafic entre les fournisseurs ont lieu par le biais de plusieurs points d'échange, résultat de la collaboration entre les régulateurs et les opérateurs qui mettent l'accent sur les infrastructures partagées et un accès ouvert.

Les réseaux domestiques de chacun des cinq pays sont fortement interconnectés pour offrir un bon niveau de résilience et de redondance. De même, chaque pays est connecté au reste de l'Internet mondial par un grand nombre de routes diverses vers et hors du pays : une stabilité supplémentaire qui réduit le potentiel de perturbations et de pannes.

Le routage est généralement optimisé pour des temps de réponse rapides, bien qu'il existe un certain nombre de cas où des points d'échange plus éloignés semblent être privilégiés par rapport aux options nationales, ce qui augmente inutilement les coûts, les dépendances étrangères et le risque de perturbation.

Les pays d'Europe méditerranéenne bénéficient de taux d'intégration d'Internet élevés et d'importantes quantités d'espace d'adressage IPv4. Cependant, la poursuite du déploiement d'IPv6 sera cruciale pour connecter les millions de foyers restants qui doivent encore l'être

dans le cadre des objectifs de connectivité de l'UE pour 2025 et au-delà. Un soutien au déploiement de la 5G et le développement de l'IoT et d'autres technologies émergentes sera également nécessaire.

Il convient de noter que l'ensemble des observations de ce rapport reposent sur des chemins actifs. Nous ne pouvons connaître le monde « caché » de redondances existant qui prendrait automatiquement le relais en cas de perturbation. Quelle que soit la redondance, le système serait encore plus résistant.



À propos de RIPE NCC

Le RIPE NCC sert de registre Internet régional (Regional Internet Registry) pour l'Europe, le Moyen-Orient et certaines parties de l'Asie centrale. En tant que tel, nous attribuons et enregistrons des blocs de ressources numériques Internet aux fournisseurs de services Internet (FAI) et à d'autres organisations.

Le RIPE NCC est une organisation à but non lucratif qui œuvre pour soutenir la communauté ouverte RIPE et le développement d'Internet en général.

Source d'informations

Les informations présentées dans ce rapport et l'analyse fournie sont tirées de plusieurs ressources clés :

Registre RIPE

Cet enregistrement contient toutes les ressources numériques Internet (adresses IP et numéros AS) et les détenteurs de ressources enregistrés par le RIPE NCC. L'enregistrement public de ces informations se fait dans la base de données RIPE Database accessible à partir de <https://www.ripe.net>

Atlas RIPE

RIPE Atlas est la principale plate-forme de mesure Internet du RIPE NCC. Il s'agit d'un réseau mondial de milliers de sondes qui mesurent activement la connectivité Internet. Tout le monde peut accéder à ces données à l'aide des cartes de trafic Internet, des visualisations de données en streaming et d'une API. Les utilisateurs de RIPE Atlas peuvent également effectuer des mesures personnalisées pour obtenir des informations précieuses sur leurs propres réseaux. <https://atlas.ripe.net>

Routing Information Service (RIS)

Le service Routing Information Service (RIS) collecte et stocke des données de routage Internet à partir d'emplacements dans le monde entier depuis 2001.

<https://www.ripe.net/ris>

Les données obtenues via RIPE Atlas et RIS sont à la base de nombreux outils que nous proposons. Nous cherchons toujours plus de moyens de connecter davantage de sondes RIPE Atlas et d'opérateurs de réseau disposés à héberger des collecteurs RIS. Merci de consulter les sites Web RIPE Atlas et RIS pour en apprendre plus.

Autres outils et services de RIPE NCC

- t RIPEstat : <https://stat.ripe.net/>
- t RIPE IPmap : <https://ipmap.ripe.net/>
- t K-root : <https://www.ripe.net/analyse/dns/k-root>

Sources de données externes

Nous tenons à remercier Michalis Oikonomakos, directeur de GR-IX et membre du conseil d'administration d'Euro-IX et de GRNOG pour avoir apporté des informations générales incluses dans ce rapport sur le paysage Internet en Grèce.