

RFC 7962 : Alternative Network Deployments: Taxonomy, Characterization, Technologies, and Architectures

Stéphane Bortzmeyer
<stephane+blog@bortzmeyer.org>

Première rédaction de cet article le 17 septembre 2016

Date de publication du RFC : Août 2016

<https://www.bortzmeyer.org/7962.html>

On pourrait croire que la seule façon d'accéder à l'Internet est via un FAI commercial, géré hiérarchiquement (avec directeur, plein de sous-directeurs, etc), dont les utilisateurs paient pour bénéficier de l'accès (mais sans avoir leur mot à dire sur le fonctionnement du FAI), et disposant de grands moyens financiers et techniques. C'est certainement la vision dominante et elle arrange bien les gens des médias et des gouvernements, qui se retrouvent dans une situation connue, avec un petit nombre d'acteurs « professionnels ». Heureusement, l'Internet n'est pas comme cela : c'est une confédération de réseaux très variés, certains effectivement gérés comme indiqué plus haut, mais d'autres fonctionnant sur des modèles très différents, ayant fait des choix techniques, de gouvernance et de financement très différents et très variés. Cet excellent RFC décrit et classe les réseaux « alternatifs ».

Il a été écrit dans le cadre du groupe de recherche GAIA <<https://irtf.org/gaia>> ("*Global Access to the Internet for All*") de l'IRTF. GAIA vise à documenter ces déploiements « alternatifs » et à faciliter le partage d'expérience. Outre le simple rappel de l'existence de ces réseaux « alternatifs », son mérite est de proposer une taxonomie de ces réseaux (forcément imparfaite, vu leur variété) et de donner une idée de la variété des technologies qu'ils utilisent.

Ces techniques sont en effet souvent différentes de celles utilisées dans les réseaux « officiels » ("*mains-tream*"). Ces réseaux « alternatifs » visent en général des situations difficiles, comme la connexion de lieux lointains, où l'argent ne coule pas à flots. À part cela, ces réseaux n'ont rien en commun, ni leur organisation, ni leurs buts. Qu'est-ce qui motive leur création? (Au passage, le RFC fait comme si ces réseaux « alternatifs » étaient une création récente; certains sont au contraire aussi vieux que l'Internet.) Les raisons de ces projets sont elles aussi très diverses : absence pure et simple de FAI commercial, insatisfaction vis-à-vis des FAI officiels existants, désir d'essayer quelque chose d'autre...

Passons au difficile jeu des définitions. Le RFC (section 1.1) définit le réseau « officiel » ("*mains-tream*") ainsi :

- De grande taille, par exemple à l'échelle d'un pays,
- Gestion du réseau centralisée : tout part d'en haut,
- Gros investissements dans l'infrastructure,
- Les utilisateurs sont de purs consommateurs : ils n'ont absolument pas leur mot à dire, et, la plupart du temps, ils ne reçoivent aucune information, ils ne savent pas ce qui se passe dans le réseau qu'ils utilisent.

Et les réseaux « alternatifs », comment se définissent-ils (section 1.2)? C'est plus difficile car il en existe de nombreuses variantes :

- En général de petite taille, par exemple à l'échelle d'une région,
- La gestion du réseau n'est pas forcément centralisée,
- Les frais d'infrastructure peuvent être très répartis (les utilisateurs en paient parfois un bout, des infrastructures publiques peuvent être utilisées, etc),
- Les utilisateurs ne sont pas forcément de purs consommateurs, ils peuvent être partie prenante à la gouvernance du réseau, et/ou à son fonctionnement technique.

Ce problème des définitions est évidemment très présent dans tout le RFC. Par exemple, comment parler des pays qui ne sont pas les membres de l'OCDE (et encore, l'OCDE compte deux ou trois membres « intermédiaires »)? Le Tiers-Monde? Le Sud? Les pays pauvres? Les sous-développés? Les « en voie de développement »? La section 2 du RFC propose des définitions :

- Nord et Sud (« *global north* » et « *global south* ») sont utilisés pour parler, d'une part des pays riches (même si certains, comme l'Australie, sont au Sud) et des autres. Ce ne sont pas des termes parfaits mais aucun ne l'est.
- Fracture numérique : la différence d'accès à l'Internet entre les favorisés et les autres. Elle n'est pas seulement entre pays, elle peut aussi être à l'intérieur d'un pays.
- Zones « rurales » et « urbaines » : les définitions officielles vont varier selon les pays mais, en gros, il est plus difficile de convaincre les opérateurs à but lucratif de venir dans les zones à faible densité de population (zones « rurales »).
- « Réseau libre » (*Free Network*) : c'est un terme délicat, car politiquement chargé, mais notre RFC reprend la définition de la *Free Network Foundation* <<https://thefnf.org/>>. Dans un réseau libre, on peut utiliser le réseau librement (la liberté s'arrêtant évidemment là où commence la liberté des autres, donc pas le droit de faire des DoS par exemple), comprendre comment il marche (pas de secrets) et on peut soi-même fournir des services au-dessus de ce réseau.

Maintenant, les cas où on déploie ces réseaux « alternatifs » (section 3 du RFC). Il y aurait actuellement <<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>> 60 % de gens sur Terre sans connectivité Internet. Et la répartition est très inégale <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2016/01/13/090224b08405ea05/2_0/Rendered/PDF/World0developm0.pdf> (20 % sans connexion au « Nord », 69 % au « Sud »). Parmi les facteurs qui vont intervenir :

- La disponibilité de connexions internationales (ce n'est pas tout de se connecter entre soi, il faut aussi se relier au reste du monde), et de matériel,
- Les problèmes d'alimentation électrique,
- Le contexte légal. Ici, le RFC reprend telle quelle l'idéologie répandue à l'ISOC comme quoi la régulation, c'est mal, et qu'il faut tout privatiser.

Dans les zones rurales, on a vu que c'était souvent pire. Johnson, D., Pejovic, V., Belding, E., et G. van Stam, dans leur article « *Traffic Characterization and Internet Usage in Rural Africa* » (« *In Proceedings of the 20th International Conference Companion on World Wide Web* ») rapportent des latences <<https://www.bortzmeyer.org/latence.html>> mesurées à plusieurs secondes. Les problèmes des zones rurales sont souvent cruciaux : faible revenu monétaire, manque d'infrastructures de base comme l'électricité et les routes, densité de population réduite, manque de compétences (les techniciens compétents quittent rapidement ces zones pour aller en ville), etc.

La section 4 de notre RFC s'attaque ensuite au difficile problème de la classification de ces réseaux « alternatifs ». Sur quels critères faire cette classification? Les auteurs du RFC en trouvent cinq. D'abord, quelle organisation gère le réseau? Un groupe plus ou moins formel d'utilisateurs? Une collectivité publique? Une société privée? Un organisme de recherche ou d'enseignement? (En France, on aurait ajouté « Une association loi 1901? »)

Second critère de classification, le but de la création de ce réseau : fournir un accès qui n'existerait pas du tout autrement? Fournir une alternative bon marché? Expérimenter et tester? S'attaquer à d'autres problèmes de fracture numérique (comme la littératie numérique)? Fournir un accès d'urgence suite à une catastrophe? Ou bien un but plus politique, par exemple des mécanismes de gouvernance différents, une approche davantage « bien commun »? Ou fournir un accès libre et neutre (<https://www.bortzmeyer.org/neutralite.html>), contrairement à ce que font la quasi-totalité des FAI? (Ce dernier point est présenté de manière très modérée dans le RFC qui, globalement, évite de parler des choses qui fâchent, comme la politique.)

Bien sûr, un réseau alternatif peut avoir plusieurs de ces mobiles. Et ceux-ci peuvent être plus ou moins explicites, et ils évoluent dans le temps. Le réseau Redhook (<http://redhookwifi.org/>) avait commencé plutôt comme outil local (<http://www.scribd.com/doc/94601219/TidePools-Social-WiFi-T>) avant de devenir le seul réseau à fonctionner (<http://techpresident.com/news/23127/red-hook-mesh-network>) après Sandy.

Un autre critère, proche du premier, est celui du modèle de gouvernance : très ouvert, avec une participation active des utilisateurs, ou bien plus traditionnelle, avec une organisation centrale qui s'occupe de tout? (On peut avoir un réseau qui est la propriété d'un groupe d'utilisateurs mais qui, en pratique, est géré par une petite organisation structurée.)

Autre critère, qui va plaire aux techniciens, quelles sont les techniques employées dans ce réseau? Wi-Fi traditionnel? Wi-Fi modifié pour les longues distances (WiLD)? WiMAX? Espaces blancs de la télévision (cf. RFC 7545¹)? Satellite comme dans le projet RIFE (<https://rife-project.eu/>)? Voir des fibres optiques terrestres?

Enfin, dernier critère de classification, le contexte : zone rurale ou urbaine, Nord ou Sud.

Avec ces critères, on peut maintenant procéder à la classification (section 5 du RFC). Notre RFC distingue (un peu arbitrairement) six catégories, caractérisées par les réponses à ces cinq critères. Première catégorie, les réseaux d'un groupe local ("*community networks*"). Géré par un groupe de citoyens proches, ils ont typiquement un fonctionnement très ouvert et participatif. Leur croissance est en général non planifiée et non organisée : les premiers membres se connectent puis d'autres volontaires les rejoignent. Le mécanisme de décision est la plupart du temps très décentralisé. En général, ils utilisent le Wi-Fi et chaque membre contribue donc à la croissance du réseau « physique » sous-jacent. Plusieurs exemples de tels réseaux sont décrits dans l'article de Braem, B., Baig Vinas, R., Kaplan, A., Neumann, A., Vilata i Balaguer, I., Tatum, B., Matson, M., Blondia, C., Barz, C., Rogge, H., Freitag, F., Navarro, L., Bonicioli, J., Papatthaniou, S., et P. Etschich, « "*A case for research with and on community networks*" » (<http://www.sigcomm.org/sites/default/files/ccr/papers/2013/July/2500098-2500108.pdf>) », et une analyse technique détaillée d'un réseau d'un groupe local figure dans Vega, D., Baig, R., Cerda-Alabern, L., Medina, E., Meseguer, R., et L. Navarro, « "*A technological overview of the guifi.net community network*" » (<http://people.ac.upc.edu/leandro/docs/analysis.pdf>) ».

Seconde catégorie, les WISP ("*Wireless Internet Service Providers*"). Cette fois, le réseau est géré par une société traditionnelle, mais il est « alternatif » par le public visé (typiquement des régions rurales mal desservies, où l'infrastructure est minimale, et où les FAI traditionnels ne vont pas). C'est par exemple le cas de la société Airjaldi (<https://airjaldi.com/>) en Inde, ou d'EveryLayer (<http://www.everylayer.com/>).

1. Pour voir le RFC de numéro NNN, <https://www.ietf.org/rfc/rfcNNN.txt>, par exemple <https://www.ietf.org/rfc/rfc7545.txt>

Troisième catégorie de réseaux alternatifs, l'infrastructure partagée ("*Shared Infrastructure model*"). L'infrastructure du réseau est partagée entre un opérateur traditionnel et les utilisateurs. C'est le cas lorsque les utilisateurs détiennent le matériel (par exemple "*femtocell*") mais que la gestion est assurée par un FAI. Les utilisateurs sont payés, soit directement par le FAI qui leur loue l'infrastructure, soit indirectement par l'accès à l'Internet qu'ils obtiennent via ce FAI. Dans pas mal de régions rurales dans le monde, la 3G a été déployée ainsi, via les "*femtocells*". Prévues à l'origine pour fournir une meilleure couverture dans les bâtiments, cette technologie peut aussi être utilisée pour fournir des accès aux téléphones mobiles sans que l'opérateur ait eu à supporter de gros investissements.

Un exemple d'infrastructure partagée est le projet TUCAN3G <<http://www.ict-tucan3g.eu/>>, en utilisant WiLD Ce projet est décrit par Simo-Reigadas, J., Morgado, E., Municio, E., Prieto-Egido, I., et A. Martinez-Fernandez dans « "*Assessing IEEE 802.11 and IEEE 802.16 as backhaul technologies for rural 3G femtocells in rural areas of developing countries*" <http://www.ict-tucan3g.eu/documents/conferences/eucnc2014_b.pdf> » et par Simo-Reigadas, J., Municio, E., Morgado, E., Castro, E., Martinez-Fernandez, A., Solorzano, L., et I. Prieto-Egido dans « "*Sharing low-cost wireless infrastructures with telecommunications operators to bring 3G services to rural communities*" <<http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2015.09.006>> ».

Autre catégorie possible, les approches « foule de volontaires » ("*Crowdshared approaches*") où des utilisateurs qui ne se connaissent pas forcément mettent la main au portefeuille pour participer à un projet commun, qui sera géré par une société ou par eux-mêmes. Typiquement, les utilisateurs mettent à la disposition de tous une partie de leur capacité réseau, et l'entité qui gère le réseau est une simple coordination, elle ne possède rien. C'est ce que promeut le mouvement "*OpenWireless*" <<https://openwireless.org/>>. Parmi les exemples, on peut citer des sociétés comme FON, les projets municipaux comme décrit dans l'article de Heer, T., Hummen, R., Viol, N., Wirtz, H., Gotz, S., et K. Wehrle, « "*Collaborative municipal Wi-Fi networks- challenges and opportunities*" <<https://www.comsys.rwth-aachen.de/fileadmin/papers/2010/2010-heer-percomws-collaborative-municipal.pdf>> », ou les réseaux Wi-Fi de Sathiaselan, A., Crowcroft, J., Goulden, M., Greiffenhagen, C., Mortier, R., Fairhurst, G., et D. McAuley, « "*Public Access WiFi Service (PAWS)*" <<http://www.cl.cam.ac.uk/~as2330/paws.html>> ».

Il y a aussi des réseaux montés par des coopératives en milieu rural, ce qui forme la cinquième catégorie identifiée. Ce genre de coopératives fournissant un service local est courant et ancien. Le RFC cite l'exemple des États-Unis où l'électricité en milieu rural est souvent fournie ainsi, et ce depuis les années 1930. Ces coopératives peuvent même passer leurs propres fibres optiques (« "*CO-MO'S D.I.Y. model for building broadband*" <<http://remagazine.coop/co-mo-broadband/>> »). Des partenariats sont possibles avec ceux qui fournissent d'autres services que l'Internet, comme l'électricité dans l'exemple ci-dessus. Deux exemples sont donnés dans l'article de Mitchell « "*Broadband at the Speed of Light : How Three Communities Built Next-Generation Networks*" <<http://ilsr.org/wp-content/uploads/2012/04/muni-bb-speed-light.pdf>> » ou dans le guide « "*Broadband Guide for Electric Utilities*" <http://www.doit.state.nm.us/broadband/reports/NMBBP_FiberGuide_ElectricUtilities.pdf> ».

Enfin, dernière catégorie de réseau alternatif, ceux créés à des fins de recherche. Par exemple, le réseau est créé par une université pour explorer une technique et/ou des usages (comme Bernardi, B., Buneman, P., et M. Marina, « "*Tegola tiered mesh network testbed in rural Scotland*" <http://homepages.inf.ed.ac.uk/mmarina/papers/mobicom_winsdr08.pdf> »).

Après cette catégorisation des réseaux alternatifs, penchons-nous sur les technologies utilisées (section 6 du RFC). Le cas de réseaux filaires est rare mais existe (comme à Lowenstedt <<http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/germany/10871150/German-villagers-set-up-their-own-wireless-network.html>> ou dans certains endroits de Guifi.net <<http://guifi.net/en/>>). La plupart du temps, les

réseaux alternatifs utilisent l'hertzien. Les normes techniques en œuvre sont en général celles du groupe IEEE 802.

La plus connue est évidemment Wi-Fi (802.11). Mais on trouve aussi du GSM (une norme ETSI) par exemple dans un village mexicain <<http://timesofindia.indiatimes.com/world/rest-of-world/Ignored-by-big-companies-Mexican-village-creates-its-own-mobile-service/articleshow/22094736.cms>> ou dans le projet Village Base Station <http://kurti.sh/pubs/vbts_nsdr10.pdf>. Il y a même du GSM en logiciel libre, dans les projets OpenBTS <<http://openbts.org/>> ou OpenBSC <<http://openbsc.osmocom.org/trac/>>. Ces projets sont en train de migrer vers des technologies plus rapides (mais, ce que le RFC oublie de dire, bien moins libres, notamment car pourries de brevets) comme la 4G.

On a signalé plus haut que certains réseaux peuvent utiliser les espaces blancs laissés par la télévision, découvrant les fréquences utilisables via une base de données (RFC 7545) ou bien en regardant le trafic existant pour voir si l'espace est vraiment blanc.

Le Wi-Fi est limité en portée, et certains réseaux utilisent des techniques plus adaptées aux longues distances comme WiMAX (IEEE 802.16) ou bien 802.22, qui utilise justement ces espaces blancs.

Et dans les couches au-dessus de ces couches 1 et 2, quelles techniques utilisent les réseaux alternatifs? La section 7 du RFC décrit rapidement les divers choix. D'abord, la couche 3. La plupart des réseaux n'utilisent qu'IPv4 et, ne pouvant pas obtenir suffisamment d'adresses IP des RIR sans gros efforts, se limitent aux adresses IP privées du RFC 1918. (Avant l'épuisement des adresses IPv4 <<https://www.bortzmeyer.org/epuisement-adresses-ipv4.html>>, obtenir des adresses des RIR était plus simple que beaucoup de gens ne le croyaient, mais il fallait quand même se taper une bureaucratie complexe et des règles difficiles.)

Pour la plupart des réseaux alternatifs, IPv6 était déjà normalisé depuis longtemps lorsqu'ils ont démarré leur projet. Mais peu l'utilisent (ninux.org <<http://ninux.org/>> est une exception), probablement essentiellement par ignorance. (Le questionnaire « *Questionnaire based Examination of Community Networks* » <<https://www.computer.org/csdl/proceedings/wimob/2013/9999/00/06673333.pdf>> » incluait des questions sur IPv6).

Pour le routage, les choix dépendent souvent de la structure du réseau alternatif. Certains sont de type "mesh", avec peu ou pas d'autorité centrale, d'autres sont plus structurés. Il y a donc des protocoles de routage traditionnels comme OSPF (le RFC cite aussi BGP, ce qui me surprend pour un réseau alternatif).

Mais il y a aussi des protocoles prévus pour des réseaux moins structurés, comme ceux utilisés dans les MANET. On peut trouver de l'OLSR (RFC 3626), parfois dans des versions modifiées (ce qui est le cas de <<http://olsr.org/>>), ou parfois sa récente version 2 (RFC 7181). D'autres réseaux utilisent du BATMAN. Le RFC cite l'excellent Babel (RFC 8966) mais n'indique pas s'il est très employé sur le terrain (il semble moins connu, dans un milieu où l'information circule mal).

Et la couche au-dessus, la couche transport? L'un des problèmes que doit traiter cette couche est celui de la congestion : il faut assurer le partage de la capacité réseau entre plusieurs acteurs. Dans les réseaux alternatifs, pas forcément gérés centralement, et aux frontières pas toujours nettement délimitées, le défi est encore plus important. Il peut donc être intéressant d'enourager des protocoles « raisonnables » (RFC 6297), qui cèdent le pas systématiquement aux autres protocoles, afin que les activités non-critiques ne rentrent pas en compétition avec le trafic « important ».

Enfin, les utilisateurs ne s'intéressent typiquement qu'à une seule chose, les services, et il est donc utile de se demander ce que ces réseaux alternatifs proposent. Il y a bien sûr tous les services de base, notamment le Web. Certains services très répandus (vidéo haute définition, par exemple), peuvent être très coûteux pour les ressources souvent limitées du réseau alternatif. Leur utilisation peut donc être restreinte. Et il y a aussi des services spécifiques des réseaux alternatifs : des VPN comme IC-VPN <<https://wiki.freifunk.net/IC-VPN>>, des portails d'intérêt local comme Tidepools <<http://tidepools.co/>>, des télévisions ou radios locales, des systèmes de relais de VoIP pour permettre des appels bon marché, des réseaux de capteurs permettant de la "*citizen science*," etc.

Voilà, c'est terminé, cet article était long mais le RFC est plus long encore, et il se termine par une impressionnante bibliographie dont je n'ai cité que quelques extraits : plein de choses passionnantes à lire.