

## Comment construire un Internet low-tech ?

L'accès à Internet sans fil est en hausse tant dans les sociétés de consommation modernes que dans les pays en développement.

Dans les pays riches, cependant, l'accent est mis sur la connectivité permanente et sur des vitesses d'accès de plus en plus élevées. Dans les pays pauvres, en revanche, la connectivité est assurée par des réseaux beaucoup plus techniques et souvent asynchrones.

Alors que l'approche high-tech pousse de plus en plus les coûts et la consommation d'énergie d'Internet, les alternatives low-tech aboutissent à des réseaux beaucoup moins chers et très écoénergétiques qui se combinent bien avec la production d'énergie renouvelable et résistent aux perturbations.

Si nous voulons qu'Internet continue de fonctionner dans des circonstances où l'accès à l'énergie est plus limité, nous pouvons tirer des leçons importantes des technologies de réseau alternatifs. Mieux encore, il n'est pas nécessaire d'attendre que les gouvernements ou les entreprises décident : nous pouvons construire notre propre infrastructure de communication résiliente si nous coopérons les uns avec les autres. Ceci est démontré par plusieurs réseaux communautaires en Europe, dont le plus grand compte déjà plus de 35 000 utilisateurs.



Image : Un nœud dans le [réseau écossais Tegola](#) .

Plus de la moitié de la population mondiale n'a pas accès au Web « mondial ». Jusqu'à présent, Internet est principalement un phénomène urbain, notamment dans les pays « en développement ». Les entreprises de télécommunication hésitent généralement à étendre leur réseau à l'extérieur des villes en raison de la combinaison de coûts d'infrastructure élevés, de

faible densité de population, de capacité limitée à payer pour les services et d'une infrastructure électrique peu fiable ou inexistante. Même dans les régions éloignées des pays « développés », la connectivité Internet n'est pas toujours disponible.

Des entreprises Internet telles que Facebook et Google font régulièrement les manchettes avec des plans pour connecter ces régions éloignées à Internet. **Facebook** tente d'y parvenir avec des drones, tandis que **Google** compte sur les ballons à haute altitude. Il existe des défis technologiques majeurs, mais la principale objection à ces plans est leur **caractère commercial**. Évidemment, Google et Facebook veulent connecter plus de gens à Internet parce que cela augmenterait leurs revenus. Facebook reçoit surtout beaucoup de critiques car son réseau fait la promotion de son propre site en particulier et bloque la plupart des autres applications internet. [ 1 ]

Pendant ce temps, plusieurs groupes de recherche et les amateurs de réseaux ont développé et mis en œuvre des technologies de réseau alternatifs beaucoup moins cher pour résoudre ces problèmes. Bien que ces réseaux de faible technologie aient fait leurs preuves, ils ont reçu beaucoup moins d'attention. Contrairement aux projets des sociétés Internet, ils sont mis en place par de petites organisations ou par les utilisateurs eux-mêmes. Cela garantit un réseau ouvert qui profite aux utilisateurs au lieu d'une poignée de sociétés. En même temps, ces réseaux low-tech sont très économes en énergie.

## Réseaux longue distance basés sur WiFi

La plupart des réseaux low-tech sont basés sur le WiFi, la même technologie qui permet l'accès mobile à Internet dans la plupart des foyers occidentaux. Comme nous le savons, le partage de ces appareils pourrait fournir un accès mobile gratuit dans les villes densément peuplées. Mais la technologie peut être également utile dans les zones faiblement peuplées. Bien que la norme WiFi ait été développée pour la communication de données à courte distance (avec une portée typique d'environ 30 mètres), sa portée peut être étendue grâce à des modifications de la **couche MAC** (Media Access Control) dans le protocole réseau, à l'aide d'amplificateurs et des antennes directionnelles. [ 2 ]

Bien que la norme WiFi ait été développée pour la communication de données à courte distance, sa portée peut être étendue pour couvrir des distances de plus de **100 kilomètres**.

La plus longue liaison Wi-Fi non amplifiée est une connexion point à point sans fil de **384 km** entre Pico El Águila et Platillón au Venezuela, établie il y a quelques années. [ 3,4 ] Toutefois, les réseaux interurbains basés sur le réseau Wi-Fi consistent généralement en une combinaison de liaisons point à point plus courtes, chacune d'une longueur comprise entre quelques kilomètres et une centaine de kilomètres au maximum. Ceux-ci sont combinés pour créer de plus grands réseaux multi-sauts. Les liaisons point à point, qui forment l'épine dorsale d'un réseau WiFi à longue portée, sont combinées avec des antennes omnidirectionnelles qui distribuent le signal aux ménages individuels (ou institutions publiques) d'une communauté.



*Un relais avec trois liaisons point à point et trois antennes sectorielles. [Tegola](#)*

Les liaisons WiFi longue distance nécessitent une ligne de vue pour établir une connexion - en ce sens, la technologie ressemble au télégraphe au 18<sup>ème</sup> siècle. [ 5 ]

S'il n'y a pas de ligne de vue entre deux points, un troisième relais est nécessaire pour voir les deux points, et le signal est envoyé au relais intermédiaire en premier. Selon le terrain et les obstacles particuliers, plus de moyens peuvent être nécessaires. [ 6 ]

Les liaisons point à point comprennent généralement deux antennes directionnelles, l'une concentrée sur le nœud suivant et l'autre sur le nœud précédent du réseau. Les nœuds peuvent avoir plusieurs antennes avec une antenne par liaison point-à-point fixe pour chaque voisin. [ 7 ] Cela permet aux protocoles de routage de maillage de sélectionner dynamiquement les liens à choisir pour le routage parmi ceux disponibles. [ 8 ]

Les liaisons WiFi longue distance nécessitent une ligne de vue pour établir une connexion - en ce sens, la technologie ressemble au télégraphe au 18<sup>ème</sup> siècle.

Les nœuds de distribution sont généralement constitués d'une antenne sectorielle (une petite version de ce que vous voyez sur les antennes de téléphonie mobile) ou d'un routeur WiFi classique, ainsi que d'un certain nombre de récepteurs dans la communauté. [ 6 ] Pour la communication WiFi à courte distance, il n'y a pas d'exigence de ligne de vue entre l'émetteur et le récepteur. [ 9 ]

Afin de permettre aux utilisateurs d'accéder à l'internet dans le monde entier, un réseau WiFi longue portée devrait être connecté au backbone principal d'Internet en utilisant au moins un «

backhaul » ou un « nœud de passerelle ». Cela peut être une connexion à distance ou à large bande (DSL, fibre ou satellite). Si un tel lien n'est pas établi, les utilisateurs pourront toujours communiquer entre eux et consulter les sites Web configurés sur des serveurs locaux, mais ils ne pourront pas accéder à Internet. [ 10 ]



Le WiFi longue portée offre une bande passante élevée (jusqu'à 54 Mbps) combinée à de très faibles coûts d'investissement. Parce que la norme WiFi bénéficie d'une large acceptation et a des volumes de production énormes, les antennes sur étagère et les cartes sans fil peuvent être achetées pour très peu d'argent. [ 11 ] Alternativement, les composants peuvent être assemblés à partir de matériaux mis au rebut, tels que les anciens routeurs, les antennes paraboliques et les ordinateurs portables. Les protocoles comme **WiLDNet** fonctionnent sur un processeur de 266 Mhz avec seulement 128 Mo de mémoire, donc un vieux ordinateur fera l'affaire. [ 7 ]

Les nœuds WiFi sont légers et n'ont pas besoin de tours coûteuses, ce qui réduit encore les coûts en capital et minimise l'impact des structures à construire. [ 7 ] Plus récemment, les unités simples qui combinent l'antenne, la carte sans fil et le processeur sont devenues disponibles. L'installation est très facile. Pour construire un relais, il suffit de connecter ces unités avec des câbles Ethernet qui transportent à la fois le signal et la puissance. [ 6 ] Les unités peuvent être montées dans des tours ou sur des mâts minces, étant donné qu'elles offrent peu de prise au vent. [ 3 ] Les exemples de fournisseurs de composants WiFi à longue portée sont [Ubiquity](#) , [Alvarion](#) et [MikroTik](#) , et [simpleWiFi](#) .

Le WiFi à longue portée utilise le spectre sans licence et offre une bande passante élevée, des coûts d'investissement réduits, une installation facile et une faible consommation d'énergie.

Le WiFi longue portée a également de faibles coûts d'exploitation en raison des faibles besoins en énergie. Une installation sur un mât composée de deux liens longue distance et d'une ou deux cartes sans fil pour la distribution locale consomme environ 30 watts. [ 6,12 ] Dans plusieurs réseaux de faible technologie, les nœuds sont entièrement alimentés par des panneaux solaires et des batteries. Un autre avantage important du WiFi à longue portée est qu'il utilise des fréquences sans licence (2,4 et 5 GHz, s'agissant d'une bande de fréquences collectives), évitant ainsi les négociations avec les opérateurs télécoms et le gouvernement. Cela ajoute à l'avantage de coût et permet essentiellement à quiconque de démarrer un réseau longue distance basé sur WiFi. [ 9 ]

## **Réseaux WiFi longue portée dans les pays pauvres**

Les premiers réseaux WiFi longue portée ont été mis en place il y a dix ou quinze ans. Dans les pays pauvres, deux types principaux ont été construits. Le premier vise à fournir un accès Internet aux habitants des villages reculés. Un exemple est le réseau Akshaya en Inde, qui couvre l'ensemble de l'État du Kerala et est l'un des plus grands réseaux sans fil au monde.

L'infrastructure est construite autour d'environ 2 500 « centres d'accès à l'informatique », ouverts à la population locale - la propriété directe des ordinateurs est minime dans la région. [ 13 ]

Un autre exemple, également en Inde, concerne les **réseaux AirJaldi** qui fournissent un accès Internet à environ 20 000 utilisateurs dans six États, tous situés dans des régions éloignées et sur des terrains difficiles. La plupart des nœuds de ce réseau fonctionnent à l'énergie solaire et la distance entre eux peut aller jusqu'à 50 km ou plus. [ 14 ] Dans certains pays africains, les réseaux WiFi locaux distribuent l'accès à Internet depuis une passerelle satellite. [ 15,16 ]



*Un nœud dans le réseau AirJaldi. Image : AirJaldi.*

Un deuxième type de réseau WiFi longue distance dans les pays pauvres vise à fournir de la télémédecine aux communautés isolées. Dans les régions reculées, les soins de santé sont souvent assurés par des postes de santé peu équipés et fréquentés par des techniciens de santé à peine formés. [ 17 ] Les réseaux WiFi longue portée peuvent relier les hôpitaux urbains à ces postes de santé périphériques, permettant aux médecins de soutenir à distance des infirmiers en utilisant des transferts de fichiers haute résolution et des outils de communication en temps réel basés sur la voix et la vidéo.

Un exemple est le lien entre Cabo Pantoja et Iquitos dans la province de Loreto au Pérou, qui a été créée en 2007. Le réseau de 450 km se compose de 17 tours distantes de 16 à 50 km. La ligne relie 15 avant-postes médicaux dans des villages éloignés avec l'hôpital principal d'Iquitos et vise à un diagnostic à distance des patients. [ 17,18 ] Tout l'équipement est alimenté par des panneaux solaires. [ 18,19 ] D'autres exemples réussis de **réseaux de télémédecine** WiFi à longue portée ont été construits en Inde, au Malawi et au Ghana. [ 20,21 ]

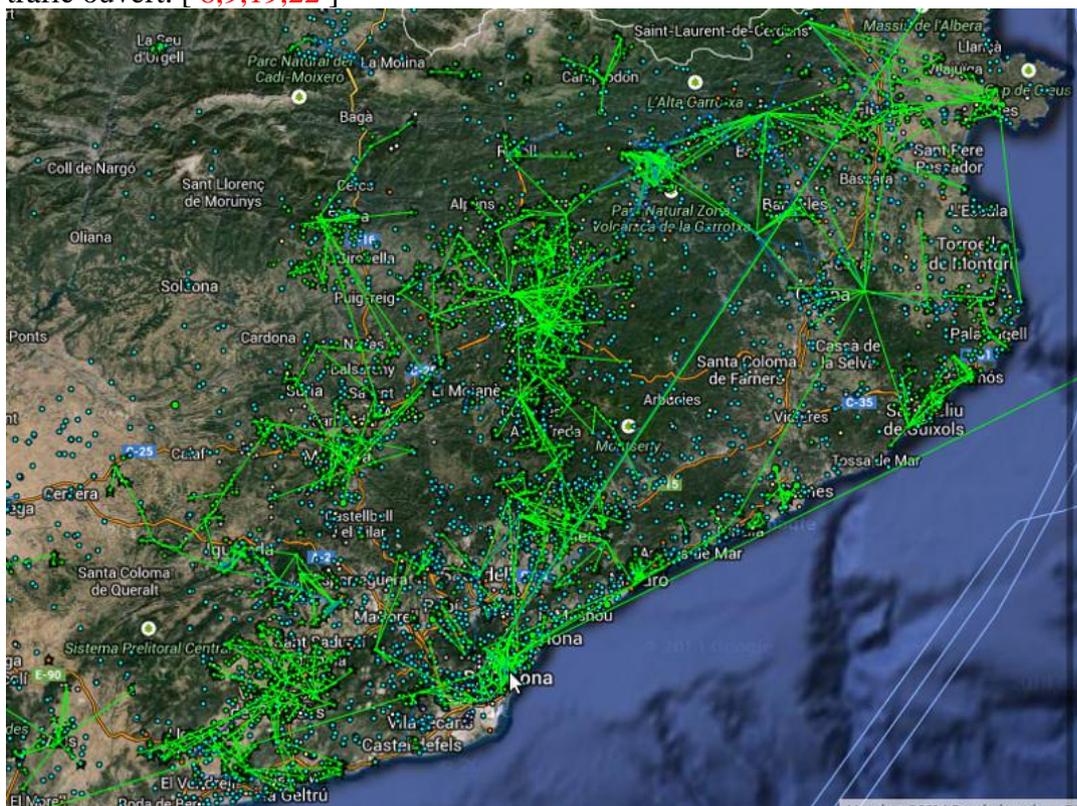
## **Réseaux communautaires WiFi en Europe**

Les réseaux de basse technologie dans les pays pauvres sont mis en place par des ONG, des gouvernements, des universités ou des entreprises. En revanche, la plupart des réseaux interurbains basés sur le WiFi dans les régions éloignées des pays riches sont des « réseaux communautaires » : les utilisateurs eux-mêmes construisent, possèdent, alimentent et

entretiennent l'infrastructure. Similaire à l'approche sans fil partagée dans les villes, le partage réciproque des ressources constitue la base de ces réseaux : les participants peuvent établir leur propre nœud et se connecter au réseau (gratuitement), à condition que leur nœud permette également le trafic des autres membres. Chaque nœud agit comme un périphérique de routage WiFi qui fournit des services de transfert IP et une liaison de données à tous les utilisateurs et nœuds qui y sont connectés. [ 8,22 ]

Dans un réseau communautaire, les utilisateurs construisent, possèdent, alimentent et entretiennent eux-mêmes l'infrastructure.

Par conséquent, avec chaque nouvel utilisateur, le réseau devient plus grand. Il n'y a pas de planification globale a priori. Un réseau communautaire se développe à partir de la base, en fonction des besoins de ses utilisateurs, à mesure que des nœuds et des liens sont ajoutés ou mis à niveau selon les modèles de la demande. La seule considération est de connecter un nœud d'un nouveau participant à un participant existant. Lorsqu'un nœud est opérationnel, il le découvre « voisin », lui attribue une adresse IP unique, puis établit les itinéraires les plus appropriés au reste du réseau, en tenant compte de la qualité des liens. Les réseaux communautaires sont ouverts à la participation de tous, parfois selon un accord d'échange de trafic ouvert. [ 8,9,19,22 ]



*Liens sans fil dans le réseau espagnol Guifi. [Crédit](#)*

Malgré le manque de statistiques fiables, les réseaux communautaires semblent plutôt performants, et il existe plusieurs grands réseaux en Europe, tels que [Guifi.net](#) (Espagne), [Athens Wireless Metropolitan Network](#) (Grèce), [FunkFeuer](#) (Autriche) et [Freifunk](#) (Allemagne). [ 8,22,23,24 ] Le réseau espagnol est le plus grand réseau interurbain basé sur le WiFi dans le monde avec plus de 50 000 kilomètres de liaisons, bien qu'une petite partie

soit basée sur des liaisons par fibre optique. La plus grande partie est située dans les Pyrénées catalanes, l'une des régions les moins peuplées d'Espagne. Le réseau a été lancé en 2004 et compte maintenant près de 30 000 nœuds, contre 17 000 en 2012. [ 8,22 ]

[Guifi.net](http://Guifi.net) fournit un accès internet aux particuliers, entreprises, administrations et universités. En principe, le réseau est installé, alimenté et entretenu par ses utilisateurs, bien que des équipes de bénévoles et même des installateurs commerciaux soient présents pour aider. Certains nœuds et mises à niveau de backbone ont été financés avec succès par des bénéficiaires indirects du réseau. [ 8,22 ]

## Performance des réseaux de faible technologie

*Alors, qu'en est-il de la performance des réseaux low-tech ? Que peut-on faire avec eux ?*

La bande passante disponible par utilisateur peut varier énormément, en fonction de la bande passante du (des) nœud (s) de la passerelle et du nombre d'utilisateurs, entre autres facteurs. Les réseaux WiFi longue distance destinés à la télémédecine dans les pays pauvres ont peu d'utilisateurs et un bon backhaul, ce qui se traduit par une bande passante élevée (+ 40 Mbps). Cela leur donne une performance similaire à celle des connexions par fibre dans le monde développé. Une étude de (une petite partie) du réseau communautaire Guifi.net, qui compte des dizaines de nœuds de passerelle et des milliers d'utilisateurs, a montré un débit moyen de 2 Mbps, ce qui est comparable à une connexion DSL relativement lente. Le débit réel par utilisateur varie de 700 kbps à 8 Mbps. [ 25 ]

La bande passante disponible par utilisateur peut varier énormément, en fonction de la bande passante du (des) nœud (s) de la passerelle et du nombre d'utilisateurs, parmi d'autres facteurs

Cependant, les réseaux de faible technologie qui distribuent l'accès à Internet à une large base d'utilisateurs dans les pays en développement peuvent avoir une bande passante beaucoup plus limitée par utilisateur. Par exemple, un campus universitaire du Kerala (Inde) utilise une connexion Internet de 750 kbps partagée par 3 000 membres du corps professoral et des étudiants opérant à partir de 400 machines, où presque toutes les machines sont utilisées pendant les heures de pointe.

Par conséquent, la bande passante moyenne la plus défavorable disponible par machine est d'environ 1,9 kbps, ce qui est lent même par rapport à une connexion commutée (56 kbps). Et cela peut être considéré comme une très bonne connectivité par rapport aux milieux ruraux typiques dans les pays pauvres. [26] Pour aggraver les choses, ces réseaux doivent souvent faire face à une alimentation électrique intermittente.



(Photo : Un nœud dans le réseau communautaire espagnol Guifi).

Dans ces circonstances, même les applications Internet les plus courantes ont des performances médiocres ou ne fonctionnent pas du tout. Le modèle de communication d'Internet repose sur un ensemble d'hypothèses de réseau, appelé le protocoles TCP / IP. Ceux-ci comprennent l'existence d'un chemin de bout en bout bidirectionnel entre la source (par exemple le serveur d'un site Web) et la destination (l'ordinateur de l'utilisateur), de courts délais aller-retour et de faibles taux d'erreur.

Beaucoup de réseaux de basse technologie dans les pays pauvres ne se conforment pas à ces hypothèses. Ils sont caractérisés par une connectivité intermittente ou « partitionnement de réseau » - l'absence d'un chemin de bout en bout entre la source et la destination - des retards longs et variables, et des taux d'erreur élevés. [ 21,27,28 ]

## Réseaux à tolérance de retard

Néanmoins, même dans de telles conditions, Internet pourrait parfaitement fonctionner. Les problèmes techniques peuvent être résolus en s'éloignant du modèle permanent des réseaux traditionnels et en concevant des réseaux basés sur la communication asynchrone et la connectivité intermittente. Ces "réseaux tolérants aux retards" (DTN) ont leurs propres protocoles spécialisés superposés aux protocoles inférieurs et n'utilisent pas TCP. Ils permettent de surmonter les problèmes de connectivité intermittente et de longs délais en utilisant la commutation de messages en différé.

Les informations sont transférées d'un emplacement de stockage sur un nœud à un emplacement de stockage sur un autre nœud, le long d'un chemin qui atteint *éventuellement* sa destination. Contrairement aux routeurs Internet traditionnels, qui stockent uniquement les paquets entrants pendant quelques millisecondes sur les puces à mémoire, les nœuds d'un réseau tolérant au retard ont un stockage persistant (tels que les disques durs) qui peut contenir des informations indéfiniment. [ 27,28 ]

Les réseaux à tolérance de retard se combinent bien avec l'énergie renouvelable : les panneaux solaires ou les éoliennes ne peuvent alimenter les nœuds du réseau que lorsque le soleil brille ou que le vent souffle, éliminant ainsi le besoin de stockage d'énergie.

**Les réseaux à tolérance de retard** ne nécessitent pas de chemin de bout en bout entre la source et la destination. Les données sont simplement transférées d'un nœud à un autre. Si le nœud suivant est indisponible en raison de retards importants ou d'une coupure de courant, les données sont stockées sur le disque dur jusqu'à ce que le nœud redevienne disponible. Même si les données peuvent prendre beaucoup de temps à se déplacer de la source à la destination, un réseau à tolérance de retard assure l'arrivée de ces données.

Les réseaux tolérants aux retards **diminuent** encore les **coûts** en capital et la **consommation d'énergie**, ce qui permet l'utilisation la plus efficace des ressources rares. Ils continuent à travailler avec un approvisionnement énergétique intermittent et ils se combinent bien avec des sources d'énergie renouvelables : les panneaux solaires ou les éoliennes pourraient alimenter les nœuds du réseau uniquement lorsque le soleil brille ou que le vent souffle, éliminant ainsi le besoin de stockage d'énergie.

## Mules de données

Le réseautage tolérant les retards peut prendre des formes surprenantes, en particulier lorsqu'il profite de certains moyens de communication non traditionnels, tels que les « mules de données ». [ 11,29 ] Dans de tels réseaux, les technologies de transport conventionnelles - **autobus, voitures, motocyclettes, trains, bateaux, avions** - sont utilisées pour transporter les messages d'un endroit à un autre de manière stockée et retransmise.

Les exemples sont DakNet et KioskNet, qui utilisent des bus comme mules de données. [ 30-34 ] Dans de nombreuses régions en développement, les lignes de bus rurales visitent régulièrement les villages et les villes qui n'ont pas de connectivité réseau. En équipant chaque véhicule d'un ordinateur, d'un périphérique de stockage et d'un nœud WiFi mobile d'une part, et en installant un nœud WiFi stationnaire dans chaque village d'autre part, l'infrastructure de transport locale peut se substituer à une liaison internet sans fil. [ 11 ]



*Image: AirJaldi.*

Les données sortantes (telles que les e-mails envoyés ou les demandes de pages Web) sont stockées sur les ordinateurs locaux dans le village jusqu'à ce que le bus arrive. À ce stade, le nœud WiFi fixe de l'ordinateur local transmet automatiquement les données au nœud WiFi

mobile du bus. Plus tard, lorsque le bus arrive à un concentrateur connecté à Internet, les données sortantes sont transmises du nœud WiFi mobile au nœud passerelle, puis à Internet. Les données envoyées au village prennent le chemin inverse. Le chauffeur de bus ou de données ne nécessite aucune compétence particulière et ignore totalement les transferts de données. Il ou elle n'a pas besoin de faire autre chose que d'entrer dans la gamme des nœuds. [ 30,31 ]

Dans un réseau de mules de données, l'infrastructure de transport locale se substitue à une liaison Internet sans fil.

L'utilisation de mules de données offre des avantages supplémentaires par rapport aux réseaux plus "sophistiqués" tolérants au retard. Un réseau WiFi « drive-by » permet d'utiliser de petits appareils radio à faible coût et à faible consommation, qui ne nécessitent pas de visibilité directe et, par conséquent, pas de pylône - réduisant encore les coûts en capital et la consommation d'énergie des réseaux informatiques. [ 30,31,32 ]

L'utilisation de liaisons WiFi à courte distance entraîne également une bande passante plus élevée par rapport aux liaisons WiFi longue distance, ce qui rend les mules de données plus adaptées au transfert de fichiers plus volumineux. En moyenne, **20 Mo** de données peuvent être déplacés dans chaque direction lorsqu'un bus passe par un nœud WiFi fixe. [ 30,32 ]

D'autre part, la latence (l'intervalle de temps entre l'envoi et la réception des données) est généralement plus élevée que sur les liens WiFi à longue portée. Un seul bus qui passe par un village une fois par jour donne une latence de 24 heures.

## Logiciel tolérant aux délais

Évidemment, un réseau tolérant au retard (DTN), quelle que soit sa forme, nécessite également de nouveaux logiciels : des applications qui fonctionnent sans réseau de bout en bout connecté. [ 11 ] De telles applications personnalisées sont également utiles pour les **réseaux synchrones à faible bande passante**. Le courrier électronique est relativement facile à adapter à la connectivité intermittente, car il s'agit d'une méthode de communication asynchrone en soi. Un client de messagerie compatible DTN stocke les messages sortants jusqu'à ce qu'une connexion soit disponible. Bien que les e-mails puissent prendre plus de temps pour atteindre leur destination, l'expérience utilisateur ne change pas vraiment.



Un nœud WiFi Freifunk est installé à Berlin, en Allemagne. Image : [Wikipédia Commons](#) .

La navigation et la recherche sur le Web nécessitent plus d'adaptations. Par exemple, la plupart des moteurs de recherche optimisent la vitesse, en supposant qu'un utilisateur peut rapidement parcourir les liens renvoyés et exécuter immédiatement une seconde recherche si le premier résultat est inadéquat. Cependant, dans les réseaux intermittents, plusieurs tours de recherche interactive seraient impraticables. [ 26,35 ] Les moteurs de recherche asynchrones optimisent la bande passante plutôt que le temps de réponse. [ 26,30,31,35,36 ] Par exemple, RuralCafe désynchronise le processus de recherche en exécutant de nombreuses tâches de recherche hors ligne, affinant la requête de recherche en fonction d'une base de données de recherches similaires. La récupération réelle d'informations à l'aide du réseau n'est effectuée que lorsque cela est absolument nécessaire.

De nombreuses applications Internet pourrait être adaptées à des réseaux intermittents, tels que le webbrowsing, le courrier électronique, le remplissage de formulaires électroniques, l'interaction avec des sites de commerce électronique, le logiciel de blogs, le téléchargement de gros fichiers ou les médias sociaux.

Certains navigateurs compatibles DTN téléchargent non seulement les pages Web explicitement demandées, mais également les pages auxquelles les pages demandées sont liées. [ 30 ] D'autres sont optimisés pour renvoyer des résultats à faible bande passante, qui sont obtenus par filtrage, analyse et compression sur le site du serveur. Un effet similaire peut être obtenu grâce à l'utilisation d'un service comme [Loband](#) , qui dépouille les pages Web d'images, de vidéos, de publicités, de boutons de médias sociaux, etc., en présentant simplement le contenu textuel. [ 26 ]

La **navigation et la recherche** sur les réseaux intermittents peuvent également être améliorées par la mise en cache locale (stockage des pages déjà téléchargées) et la pré-

extraction (téléchargement des pages qui pourraient être récupérées à l'avenir). De nombreuses autres applications Internet pourraient également être adaptées à des réseaux intermittents, tels que le remplissage de formulaires électroniques, l'interaction avec des sites de commerce électronique, le logiciel de blogs, le téléchargement de gros fichiers, les médias sociaux, etc. [ 11,30 ] Toutes ces applications resteraient possibles, mais à des vitesses plus faibles.

## Sneakernets

De toute évidence, les applications en temps réel telles que la téléphonie sur Internet, le streaming multimédia, le « tchating » ou la vidéoconférence sont impossibles à adapter aux réseaux intermittents, qui ne fournissent qu'une communication asynchrone. Ces applications sont également difficiles à exécuter sur des réseaux synchrones ayant une bande passante limitée. Parce que ce sont les applications qui sont en grande partie responsables de l'utilisation croissante de l'énergie sur Internet, on pourrait soutenir que leur incompatibilité avec les réseaux low-tech est en fait une bonne chose.

En outre, bon nombre de ces applications pourraient être organisées de différentes manières. Bien que les conversations vocales ou vidéo en temps réel ne fonctionnent pas, il est parfaitement possible d'envoyer et de recevoir des messages vocaux ou vidéo. Et même si la diffusion multimédia en continu ne peut pas se faire, le téléchargement d'albums musicaux et de vidéos reste possible. De plus, ces fichiers pourraient être "transmis" par la technologie internet la plus low-tech disponible : un **sneakernet**. Dans un sneakernet, les données numériques sont transmises « sans fil » à l'aide d'un support de stockage tel qu'un disque dur, une clé USB, une carte flash ou un CD ou un DVD. Avant l'arrivée d'Internet, tous les fichiers informatiques étaient échangés via un sneakernet, **utilisant des bandes ou des disquettes comme support** de stockage.



*Le remplissage d'un train de marchandises rempli de supports de stockage numériques pourrait battre n'importe quel réseau numérique en termes de vitesse, de coût et d'efficacité énergétique. Image: Wikipédia Commons.*

Tout comme un réseau de data mules, un **sneakernet** implique un véhicule, un messager à pied, ou un animal (comme un pigeon voyageur). Cependant, dans un sneakernet, il n'y a pas de transfert de données automatique entre le nœud mobile (par exemple, un véhicule) et les nœuds stationnaires (expéditeur et destinataire). Au lieu de cela, les données doivent d'abord être transférées de l'ordinateur de l'expéditeur à un support de stockage portable. Ensuite, à l'arrivée, les données doivent être transférées du support de stockage portable à l'ordinateur du récepteur. [ 30 ] Un sneakernet nécessite donc une intervention manuelle, ce qui le rend moins pratique pour de nombreuses applications Internet.

Il y a des exceptions, cependant. Par exemple, un film n'a pas besoin d'être transféré sur le disque dur de votre ordinateur pour le visionner. Vous jouez directement à partir d'un disque dur portable ou faites glisser un disque dans le lecteur DVD. De plus, un sneakernet offre également un avantage important : de tous les réseaux low-tech, il a le plus de bande passante disponible. Cela le rend parfaitement adapté à la distribution de gros fichiers tels que des films ou des jeux informatiques. En fait, lorsque de très gros fichiers sont impliqués, un sneakernet bat même la connexion internet fibre la plus rapide. À des vitesses Internet inférieures, les sneakernets peuvent être avantageux pour des fichiers beaucoup plus petits.

Le progrès technologique ne réduira pas l'avantage d'un sneakernet. Les supports de stockage numériques évoluent au moins aussi vite que les connexions Internet et améliorent la communication de manière égale.

## Réseaux résilients

Alors que la plupart des réseaux low-tech s'adressent à des régions où l'alternative est souvent l'absence de connexion internet, leur utilité pour des zones bien connectées ne peut être négligée. L'Internet tel que nous le connaissons dans le monde industrialisé est le produit d'un approvisionnement énergétique abondant, d'une infrastructure électrique robuste et d'une croissance économique soutenue. Cet internet "high-tech" pourrait offrir des avantages fantaisistes par rapport aux réseaux low-tech, mais il ne peut pas survivre si ces conditions changent. Cela le rend extrêmement vulnérable.

L'Internet tel que nous le connaissons dans le monde industrialisé est le produit d'un approvisionnement énergétique abondant, d'une infrastructure électrique robuste et d'une croissance économique soutenue. Il ne peut pas survivre si ces conditions changent.

En fonction de leur niveau de résilience, les réseaux de faible technologie peuvent continuer à fonctionner lorsque l'approvisionnement en combustibles fossiles est interrompu, lorsque l'infrastructure électrique se détériore, lorsque l'économie s'arrête brutalement ou que d'autres calamités se produisent. Un tel Internet low-tech nous permettrait de surfer sur le web, envoyer et recevoir des e-mails, faire des achats en ligne, partager du contenu, et ainsi de suite. Pendant ce temps, des mules de données et des sneakernets pourraient servir à gérer la distribution de gros fichiers tels que des vidéos. Le remplissage d'un cargo ou d'un train rempli de supports de stockage numériques pourrait battre n'importe quel réseau numérique en termes de vitesse, de coût et d'efficacité énergétique. Et si une telle infrastructure de transport ne serait plus disponible, nous pourrions toujours compter sur des messagers à pied, des vélos cargo et des voiliers.

Un tel système hybride d'applications en ligne et hors ligne resterait un réseau de communication très puissant - contrairement à tout ce que nous avons même à la fin du XXe siècle. Même si nous envisageons un scénario catastrophique dans lequel l'infrastructure Internet plus large se désintégrerait, des réseaux isolés de faible technologie seraient encore des technologies de communication locales et régionales très utiles. En outre, ils pourraient obtenir du contenu d'autres réseaux distants grâce à l'échange de supports de stockage portables.

L'Internet, semble-t-il, peut être aussi low-tech ou high-tech que nous pouvons le permettre.

## Source et notes :

Cet article est la traduction du site <http://www.lowtechmagazine.com/> de l'article « **How to Build a Low-tech Internet** » dont nous avons l'autorisation de publier. Il a été écrit le 26 octobre 2015 mais reste toujours d'actualité.

Voici les **sources** (en anglais) des points relevés :

**DIY**: [Wireless networking in the developing world](#) (Third Edition) est un livre gratuit sur la conception, la mise en œuvre et le maintien de réseaux sans fil à faible coût. Disponible en anglais, français et espagnol.

[1] [Connecting the unwired world with balloons, satellites, lasers & drones](#), Slashdot, 2015

[2] [A QoS-aware dynamic bandwidth allocation scheme for multi-hop WiFi-based long distance networks](#), Iftekhhar Hussain et al., 2015

[3] [Long-distance, Low-Cost Wireless Data Transmission](#) (PDF), Ermanno Pietrosemoli, 2011

[4] This link could only be established thanks to the height of the endpoints (4,200 and 1,500 km) and the flatness of the middle ground. The curvature of the Earth makes longer point-to-point WiFi-links difficult to achieve because line of sight between two points is required.

[5] Radio waves occupy a volume around the optical line, which must be unencumbered from obstacles. This volume is known as the Fresnel ellipsoid and its size grows with the distance between the two end points and with the wavelength of the signal, which is in turn inversely proportional to the frequency. Thus, it is required to leave extra "elbow room" for the Fresnel zone. [9]

[6] [A Brief History of the Tegola Project](#), Tegola Project, retrieved October 2015

[7] [WiLDNet: Design and Implementation of High Performance WiFi based Long Distance Networks](#) (PDF), Rabin Patra et al., 2007

[8] [Topology Patterns of a Community Network: Guifi.net](#) (PDF), Davide Vega et al., 2012

[9] [Global Access to the Internet for All, internet draft](#), Internet Engineering Task Force (IETF), 2015

- [10] This is what happened to Afghanistan's JLINK network when [funding for the network's satellite link ran dry in 2012](#).
- [11] [The case for technology in developing regions](#) (PDF), Eric Brewer et al., 2005
- [12] [Beyond Pilots: Keeping Rural Wireless Networks Alive](#) (PDF), Sonesh Surana et al., 2008
- [13] <http://www.akshaya.kerala.gov.in/>
- [14] <http://main.airjaldi.com/>
- [15] [VillageCell: Cost Effective Cellular Connectivity in Rural Areas](#) (PDF), Abhinav Anand et al., 2012
- [16] [Deployment and Extensio of a Converged WiMAX/WiFi Network for Dwesa Community Area South Africa](#) (PDF), N. Ndlovu et al., 2009
- [17] "[A telemedicine network optimized for long distances in the Amazonian jungle of Peru](#)" (PDF), Carlos Rey-Moreno, ExtremeCom '11, September 2011
- [18] "[Telemedicine networks of EHAS Foundation in Latin America](#)", Ignacio Prieto-Egido et al., in "Frontiers in Public Health", October 15, 2014.
- [19] "[The design of a wireless solar-powered router for rural environments isolated from health facilities](#)" (PDF), Francisco Javier Simo Reigadas et al., in "IEEE Wireless Communications", June 2008.
- [20] [On a long wireless link for rural telemedicine in Malawi](#) (PDF), M. Zennaro et al., 2008
- [21] [A Survey of Delay- and Disruption-Tolerant Networking Applications](#), Artemios G. Voyiatzis, 2012
- [22] [Supporting Cloud Deployment in the Guifi Community Network](#) (PDF), Roger Baig et al., 2013
- [23] [A Case for Research with and on Community Networks](#) (PDF), Bart Braem et.al, 2013
- [24] There are smaller networks in Scotland ([Tegola](#)), Slovenia ([wlan slovenija](#)), Belgium ([Wireless Antwerpen](#)), and the Netherlands ([Wireless Leiden](#)), among others. Australia has [Melbourne Wireless](#). In Latin America, numerous examples exists, such as [Bogota Mesh](#) (Colombia) and [Monte Video Libre](#) (Uruguay). Some of these networks are interconnected. This is the case for the Belgian and Dutch community networks, and for the Slovenian and Austrian networks. [8,22,23]
- [25] [Proxy performance analysis in a community wireless network](#), Pablo Pitarch Miguel, 2013
- [26] [RuralCafe: Web Search in the Rural Developing World](#) (PDF), Jay Chen et al., 2009

- [27] [A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Networks](#) (PDF), Kevin Fall, 2003
- [28] [Delay- and Disruption-Tolerant Networks \(DTNs\) -- A Tutorial \(version 2.0\)](#) (PDF), Forrest Warthman, 2012
- [29] [Healthcare Supported by Data Mule Networks in Remote Communities of the Amazon Region](#), Mauro Margalho Coutinho et al., 2014
- [30] [First Mile Solutions' Daknet Takes Rural Communities Online](#) (PDF), Carol Chyau and Jean-Francois Raymond, 2005
- [31] [DakNet: A Road to Universal Broadband Connectivity](#) (PDF), Amir Alexander Hasson et al., 2003
- [32] [DakNet: Architecture and Connectivity in Developing Nations](#) (PDF), Madhuri Bhole, 2015
- [33] [Delay Tolerant Networks and Their Applications](#), Longxiang Gao et al., 2015
- [34] [Low-cost communication for rural internet kiosks using mechanical backhaul](#), A. Seth et al., 2006
- [35] [Searching the World Wide Web in Low-Connectivity Communities](#) (PDF), William Thies et al., 2002
- [36] [Slow Search: Information Retrieval without Time Constraints](#) (PDF), Jaime Teevan, 2013
- [37] [Potential for Collaborative Caching and Prefetching in Largely-Disconnected Villages](#) (PDF), Sibren Isaacman et al., 2008

*Cet article a été traduit et mis en page par **Albert Müller***