

# ITRAINONLINE MMTK

## RÉSEAUX EN MAILLES

Préparé par : Sebastian Buettrich, wire.less.dk

---

<a href="#">ITRAINONLINE MMTK.....</a>	<a href="#">1</a>
<a href="#">RÉSEAUX EN MAILLES.....</a>	<a href="#">1</a>
<a href="#">Au sujet de ce document.....</a>	<a href="#">2</a>
<a href="#">Renseignements sur le droit d'auteur.....</a>	<a href="#">2</a>
<a href="#">Topologie en mailles.....</a>	<a href="#">3</a>
<a href="#">En mailles, la topologie simple :.....</a>	<a href="#">3</a>
<a href="#">Topologie en mailles – un exemple plus réaliste, les mailles partielles.....</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Topologie en mailles – ce que ce n'est pas (nécessairement):.....</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Topologie en mailles - définition.....</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Topologie en mailles - scénario typique.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Topologie en mailles – termes liés.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Motivations et attentes.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">La réalité du terrain.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Prix.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Organisation et modèles d'affaire.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Simplicité.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Résistance du réseau.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Puissance.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Environnements urbain et éloignés.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Protocoles de routage en mailles (Routage Mesh).....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Éléments du routage en mailles.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Protocoles de routage en mailles: types.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Métriques.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">MMRP (MobileMesh).....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">OSPF.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">OLSR.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">OLSR avec ETX métriques.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">AODV.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">Équipements pour topologie en mailles.....</a>	<a href="#">9</a>
<a href="#">Solutions logiciels de déploiement de réseau 'mesh' .....</a>	<a href="#">11</a>
<a href="#">MeshLinux.....</a>	<a href="#">11</a>
<a href="#">Zebra/Quagga.....</a>	<a href="#">11</a>
<a href="#">CUWin.....</a>	<a href="#">11</a>
<a href="#">Pebble.....</a>	<a href="#">12</a>
<a href="#">OpenWRT.....</a>	<a href="#">12</a>
<a href="#">Etudes de cas.....</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">Enjeux dans le réseautage en maille.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">Latence et temps de réponse.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">Problématiques techniques associées.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">Échelle.....</a>	<a href="#">17</a>
<a href="#">Sécurité.....</a>	<a href="#">17</a>
<a href="#">Distribution IP .....</a>	<a href="#">17</a>

## ***Au sujet de ce document***

Ces documents font partie du ItrainOnline MMTK. Le MMTK est un ensemble intégré de documents et de ressources de formation multimédia destiné à aider les médias communautaires, les centres multimédia communautaires, les télécentres et autres initiatives qui utilisent les technologies de l'information et des communications (TIC) à renforcer les communautés et soutenir le travail de développement.

## ***Renseignements sur le droit d'auteur***

Cette unité est présentée sous licence Creative Commons Paternité - Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.5. Pour savoir comment utiliser ces documents, veuillez lire la déclaration sur le droit d'auteur accompagnant cette unité ou consulter

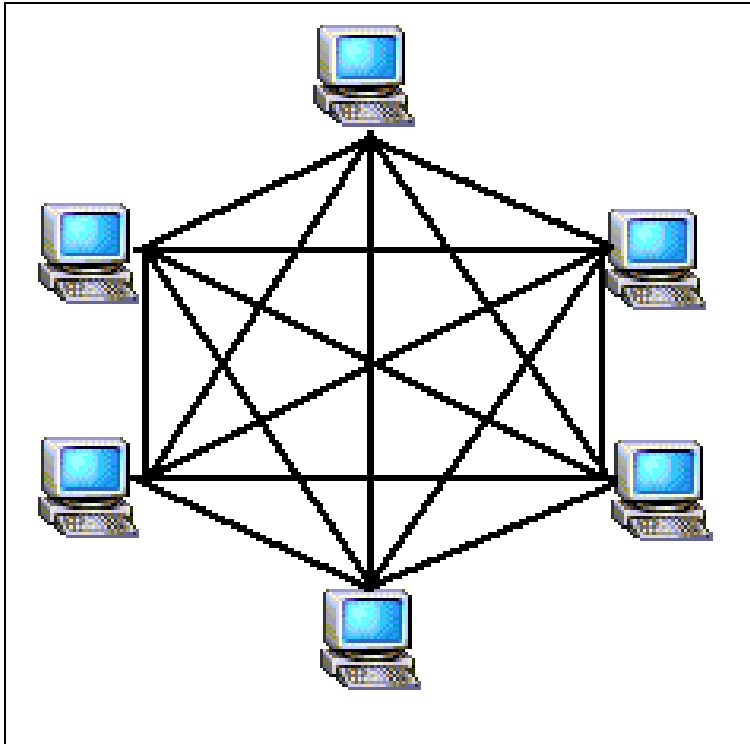
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.fr>

---

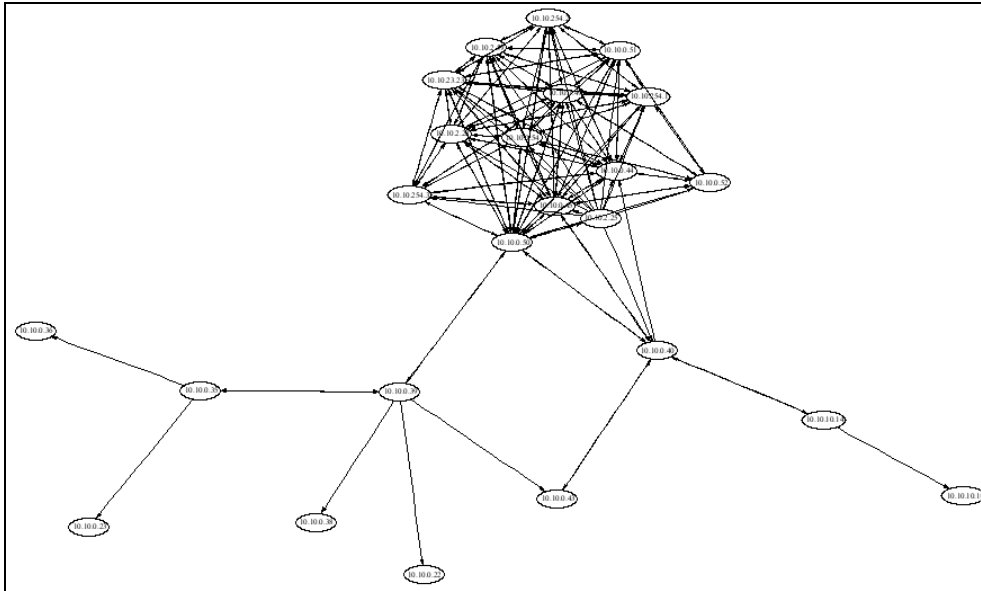
## ***Topologie en mailles***

Définition: "La topologie en mailles utilise deux formes de connexion ; mailles « complètes » ou « partielles ».  
Dans la topologie en mailles complètes, chaque nœud est connecté à tous les autres.  
Dans la topologie en mailles partielles, les nœuds sont connectés à certains autres, parmi tous. »

**En mailles, la topologie simple :**



## Topologie en mailles – un exemple plus réaliste, les mailles partielles



### Topologie en mailles – ce que ce n'est pas (nécessairement):

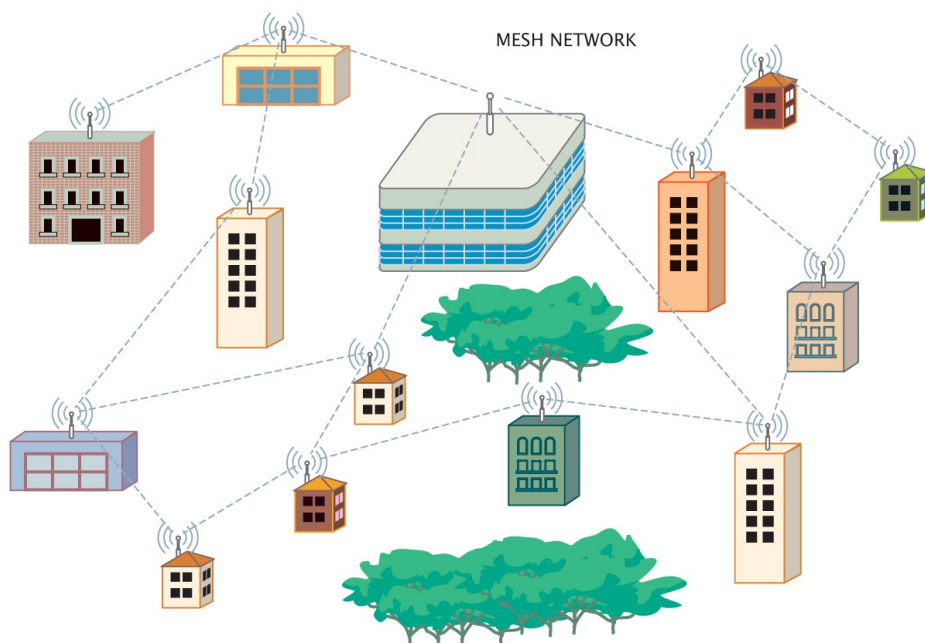
Rien n'est nécessairement dynamique dans une topologie en mailles. Cependant, depuis les dernières années, la dénomination en maille ou **réseau mesh** est souvent utilisée comme un synonyme pour les réseaux « ad hoc dynamique » ou « mobile ».

De toute évidence, la combinaison des caractéristiques topologiques des réseaux en mailles et ad hoc en fait une proposition attirante.

### Topologie en mailles - définition

Réseaux en mailles – un réseau qui gère des connexions de plusieurs à plusieurs, et capable de mettre à jour et optimiser ces connexions

## Topologie en mailles - scénario typique



## Topologie en mailles – termes liés

MANET pour « mobile ad hoc network »  
Réseaux en directe ou Ad hoc  
Réseaux Multi-Hop (à sauts multiples)

## Motivations et attentes

### La réalité du terrain

Sur le terrain les topologies en présence sont rarement sous la forme étoilée, en anneau ou en bus. En terrain difficile, urbain ou éloigné – Il est en général la probabilité que des usagers voisins se voient entre eux est beaucoup plus grande, que chacun d'eux voient un même point central.

### Prix

Le fait que chaque noeud est à la fois un client et potentiel re-transmetteur entraîne des économies sur les radios et donc par conséquent, sur le budget total. Bien qu'avec la baisse des prix des équipements, ce point soit moins pertinent, il reste que l'approche en mailles réduit les besoins en tours centrales ou autres installations logistiques pour les services de type ISP (chères et parfois vulnérables) .

## Organisation et modèles d'affaire

La nature décentralisée du réseau en mailles permet une facilité de gestion où tous les participants dans le réseau maintiennent leurs propres équipements.  
Ce type d'organisation communautaire simplifie de façon importante la gestion du système global.

## Simplicité

Pour une carte pré-installée avec un logiciel de gestion de réseau sans fil en mailles (routage mesh) et utilisant les standards 802.11 b/g, la configuration est très simple.  
Puisque les routes sont configurées dynamiquement, Il suffit de positionner l'équipement en visibilité radio au sein du réseau (en assumant que la gestion dynamique de l'adressage IP ait été préalablement résolu).

## Résistance du réseau

Les caractéristiques de la topologie en mailles et du routage mesh offrent une meilleure stabilité devant des conditions fluctuantes ou de déconnection d'un nœud, ce qui demeure possible sous des conditions difficiles ou expérimentales.

## Puissance

Les nœuds sont fonctionnelles dans des conditions minimales et leurs besoins en énergie est généralement très bas. Elles pourront être déployées de façon totalement autonome en utilisant des sources diversifiées d'énergie solaire, éolienne, hydroélectrique ou même humaine.  
Exemple : Le projet Starsight « [www.starsightproject.com](http://www.starsightproject.com) »

Greffer une infrastructure de réseau maillé sur une infrastructure de distribution d'énergie existante peut être une stratégie très viable.  
De plus, les unités productrices d'énergie étant habituellement déjà connectées aux infrastructures humaines, cela en fait des lieux pertinents pour accueillir des nœuds.

Les équipements "Mesh" ont tous les avantages des solutions embarquées. Ils sont généralement petits et peuvent facilement être mis dans des boîtiers étanches résistants aux intempéries ce qui permet de les positionner autant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

## Environnements urbain et éloignés

Jusqu'à maintenant, la topologie en mailles est plus régulièrement déployée dans les zones urbaines et pour des réseaux métropolitains. Elle a le potentiel de permettre le développement de scénarios de connectivité en zones rurales et éloignées.

# Protocoles de routage en mailles (Routage Mesh)

## Éléments du routage en mailles

Calcul d'itinéraire  
Gestion d'adresse IP  
Gestion de l'itinéraire allée/retour  
... et plus

## Protocoles de routage en mailles: types

### Pro-actif (dirigé par les tableaux)

Vérification proactive de l'état des liens et mise à jour des tables d'acheminement. Complexité et charge CPU élevées, rendement élevé.

### Réactif (sur demande)

Réactif à la détection des problèmes (routes non fonctionnelles) moins d'exigence sur le processeur.

La séparation entre ces types de protocole n'est pas extrême. d' Autres types existent.

### Protocole de routage en mailles: Pro-actif (Dirigé par les tableaux)

OLSR « Optimized Link State Routing Protocol », OLSR-EXT, QOLSR  
TBRPF « Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding routing protocol »  
HSLs « Hazy Sighted Link State routing protocol »  
MMRP « Mobile Mesh Routing Protocol », en court: MobileMesh  
OSPF « Open Shortest Path First »

### Protocole de routage en mailles: Réactif (Sur demande)

AODV

## Métriques

Le calcul métrique traite du coût associé à un certain itinéraire.

En principe, le protocole d'acheminement est indépendant du calcul de la métrique- il a juste besoin de connaître la valeur exacte de la métrique (le coût) du cheminement, non pas nécessairement d'où vient cette valeur. Pourtant le calcul de la métrique, pointilleux, est le noyau de la gestion des réseaux ad-hoc sans fil maillés.

## MMRP (MobileMesh)

Le protocole MobileMesh contient trois protocoles séparés, chacun gérant une fonction spécifique;

- Découverte des liens un protocole simple "Hello"
- Routage – « *Link State Packet Protocol* » "*Paquet d'état de liaison*"
- Découverte des frontières – permet les tunnels externes

Développé by Mitre

Le logiciel Mobile Mesh est sous la licence publique GNU (Version 2)

Commentaire: Bon point de départ pour la connexion directe sous Linux avec son portable.

Voyez comment à: <http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html>

## OSPF

Basé sur l'algorithme SPF, l'OSPF, pour « *Open Shortest Path First* » a été développé par le groupe de travail IGP, pour « *Interior Gateway Protocol* » de l'IETF.

Les spécificités de l'OSPF sont du domaine public, publié sous RFC1247

Permet d'envoyer des LSA « *link-state advertisements* » à tous les autres routeurs dans la même zone hiérarchique. Les LSA intègrent des informations sur les interfaces attachées, les mesures métriques utilisées et d'autres variables.

Les routeurs OSPF accumulent des LSI « *link-state information* » utilisant l'algorithme SPF pour calculer le chemin le plus court.

Étant un protocole de routage d'état du lien, OSPF contraste (et est en compétition) avec le RIP et le IGRP qui sont tous deux des protocoles de routage distance-vecteur. Les routeurs fonctionnant avec algorithme distance-vecteur envoient tous ou une partie de leurs tableaux dans des messages de mise à jour des routes à leurs voisins.

## OLSR

Pour le protocole « *Optimized Link State Routing* ». RFC3626.

Le protocole de routage OLSR est conçu pour les réseaux mobiles et en direct. C'est un protocole proactif, dirigé par les tableaux et utilisant une technique appelée MRP « *multipoint relaying* » pour acheminer les messages. Actuellement, son exécution se compile sur les systèmes GNU/Linux, Windows, OS X, FreeBSD et NetBSD

OLSRD est conçu pour être bien structuré et bien codé; et devrait être facile à maintenir, améliorer ou à installer sur d'autres plateformes. L'exécution se conforme au RFC3626 et respecte à la fois les fonctions centrales et auxiliaires.

Un des protocoles les plus stables et prometteurs

## OLSR avec ETX métriques

ETX a été développé au MIT.

Le chemin métrique ETX, « *Expected Transmission Count* » est un chemin de routage métrique simple, reconnu, favorisant les liens les plus fonctionnels ou à haute capacité. L'ETX est calculé par la proportion de signaux envoyés mais non reçus dans les deux directions du lien sans fil.

La plupart des calculs de métriques sont basés sur la *minimisation des sauts*, un concept inapproprié dans le cadre des réseaux sans fil. ETX introduit des notions plus poussées basées sur les conditions réelles en basant son calcul de métrique sur le nombre de paquets perdus et envoyés.

Comme d'autres protocoles, les liens métriques sont en principe indépendants du protocole de routage et vice-versa (transparence). Ainsi, ETX peut être utilisé en combinaison avec divers protocoles de routage.

## AODV

Le protocole de routage AODV pour « *Ad hoc On Demand Distance Vector* » est conçu pour les réseaux mobiles ad hoc. Il permet un routage dynamique, automatique et la gestion des sauts multiples entre les ordinateurs.

Présentement expérimenté au niveau des RFC, ce protocole sera bientôt normalisé à la IETF.

Le projet [AODV@IETF](mailto:AODV@IETF) est rendu possible par la collaboration des laboratoires MOMENT et NMSL de Santa Barbara et de Intel R&D.

## ***Équipements pour topologie en mailles***

Ils peuvent varier de moins de 50 dollars américains pour un ordinateur ré-usiné jusqu'à plusieurs milliers pour un ordinateur plus récent intégrant des équipements de catégorie opérateur. **Comme dans tout équipement, le défi permanent est d'optimiser le rapport entre les coûts totaux d'acquisition, la qualité et les besoins.**

Les marchés sont en développement, des plateformes et des normes libres sont en émergences.

## Exemples:

### 4G AccessCube

Dimensions: petit cube (7x5x7cm)  
Consommation électrique basse (ca. 4-6W)  
100Mbps Ethernet  
Puissance Ethernet (802.3af standard)  
Jusqu'à 2 (4,6) WLAN (802.11a/b/g) interfaces (RP-SMA connecteurs)  
400MHz MIPS processeur  
32MB flash, 64MB RAM  
USB  
Environ 200-400 €



### Linksys WRT54G

Pas initialement prévu comme un équipement pour la technologie en mailles

Une des options les plus versatiles et à faibles coûts à cause du logiciel GPLed.

Plusieurs autres versions du logiciel sont disponibles: OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft (comment!), FreifunkFirmware, et davantage

Caractéristiques: RAM / Flash / vitesse processeur

WRT54G v2	16	4	200 MHz
WRT54GS	32	8	200 MHz

Processeur: BCM4712KPB

Prix: 60 € (WRT54G) / 70 € (WRT54GS)



### Locustworld MeshAP

Processeur de 500 Mhz, 128 mb ram, WiFi intégré, 32 mb disque compact.  
Pas de parties amovibles!

Le logiciel Locustworld MeshAP est basé sur MobileMesh. Une des plateformes les plus populaires dans la mise en réseau communautaire.

£250 chacun ou £220 avec une commande de 10 et +



### **Équipement en mailles, n'importe quel vieux portable peut devenir un node**

N'importe quel vieux portable peut devenir un noeud

Visez n'importe quelle version de Linux incluant des paquets sw pour cela, ex : Pebble Linux, MeshLinux, etc.

Il existe plusieurs raisons contre l'utilisation des vieux équipements ré-usinés, incluant la consommation élevée d'électricité.

## ***Solutions logiciels de déploiement de réseau 'mesh'***

Nous présentons ici un mélange de version de tout ordre. Un bon point de départ pour l'expérimentation. Un intérêt tout spécial sur le logiciel libre.

### **MeshLinux**

Par Elektra, Berlin/Allemagne

Basé sur slackware, autour de 50 MB ISO

Pour les portable ré-usinés

Protocoles inclus: MobileMesh, OLSR, BGP, OSPF, RIP, AODV

### **Zebra/Quagga**

par Kunihiro Ishiguro

Un logiciel libre, GNU Zebra gère le protocole de routage TCP/IP et est distribué sous la licence GNU GPL

Protocoles inclus: BGP-4 (RFC1771), RIPv1, RIPv2, OSPFv2, IPv6.

Fork: Quagga adds RIPv3, OSPFv3

## CUWin

par Champaign Urbana projet communauté, USA.

Le projet CUWIN « *Champaign-Urbana Community Wireless Network* » a créé un système d'opération complet pour établi un noeud, parti d'un réseau sans fil en mailles. Il est basé sur NetBSD auquel ils ont pu ajouter des pilotes sans fil, des codes de routage et des systèmes spécialisés permettant aux noeuds de fonctionner en harmonie et de s'échanger des données les uns aux autres. Utilise HSLs, OSPF et ETX.

## Pebble

par NYCWireless community.

Pebble Linux est une version micro (moins de 64 megs, 8 megs minimum) conçue pour des cartes intégrées tels que Soekris ou Stylistic 1000. Il est basé sur Debian GNU/Linux et est parfait pour toutes sortes de machines incluant les vieux 486, les mini-itx boards, etc.  
Protocoles inclus: OSPF, (OLSR)

## OpenWRT

OpenWrt est une version Linux pour Linksys WRT54G, un petit logiciel commercial permettant d'y ajouter des fonctionnalités et les ajustements spécifiques.

Il dispose de deux systèmes : une petite partition *squashfs* à lire seulement et une plus large partition *jffs2* pour le travail.

La partition *squashfs* fournit la mise en route du réseau (Ethernet et sans fil), firewalling, client DHCP/ serveur, DNS serveur, telnet serveur et environnement busybox  
ssh et interface web disponible via ipkg  
plusieurs compléments, ex : php, ncat, spash, asterisk  
Protocoles inclus: OLSR, AODV, ....

Basé sur OpenWRT: Freifunk Firmware, par Freifunk group, Berlin/Allemagne.

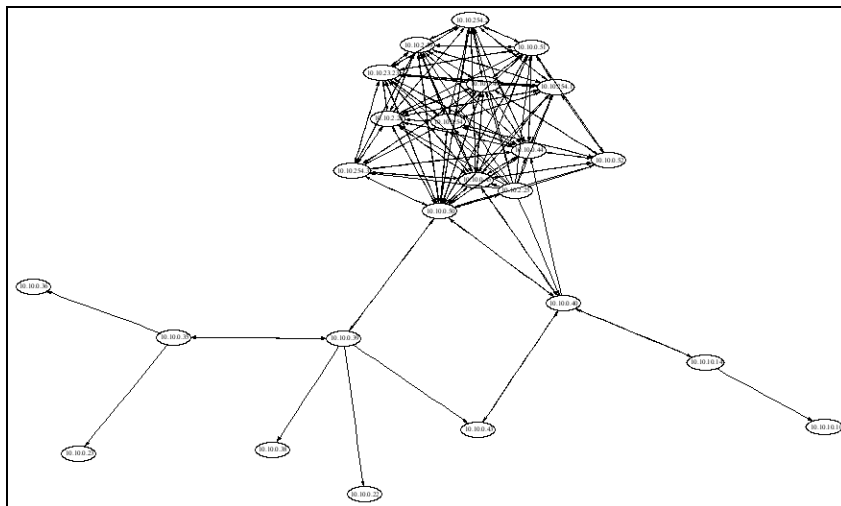
Le logiciel Freifunk Firmware peut être installé sur Linksys WRT54g (version 1.0 à 2.2), WRT54gs (version 1.0 et 1.1), WAP54g (version 2.0) ou tout équipement permettant de configurer un node OLSR facilement.

## Etudes de cas

Sans tenter de lister ici tous les cas, nous présentons quelques approches et vous encourageons à lire sur le sujet davantage.

### OLSRFreifunk, Berlin, Allemagne, Freifunk

Réseau urbain expérimental avec nodes OLSR





# MIT Rooftop



## CUWin

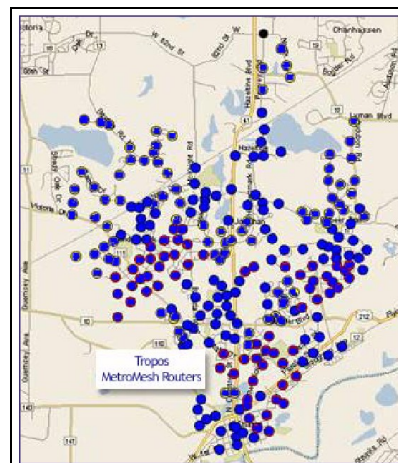


## Tropos.com à Chaska, Minnesota

Citant leur site Web:

.... fournissant à l'échelle métropolitaine un réseau en mailles de service et produits à plus de 125 client et 40 revendeurs dans 8 pays à travers le globe à la fin de 2004. la façon la plus simple et rapide de fournir de la réelle large bande passante sans fil (>1 Mbps) sur de larges étendues géographiques et utilisant des normes à bas prix pour les clients WiFi.

Propriétaire MetroMesh™ routing software &  
Predictive Wireless Routing Protocol PWRP™  
Chaska, Minnesota: Réseau municipal:  
environ 250 nodes



## Taipei/Taiwan

Un exemple de grand réseau municipal.

Extrait d'un communiqué de presse de Nortel: "la ville of Taipei, Taiwan a sélectionné Nortel Networks pour la mise en place d'un réseau en mailles intégrant 10000 points d'accès sans fil à la fin de 2005 et desservant 272 km2 où vivent 2.65 millions de personnes."

Nortel/Qware

## Réseautage en mailles – plus qu'une technologie – l'entente « PicoPeering »

L'entente PicoPeering représente une tentative de connecter des îles de réseaux communautaires en fournissant le cadre minimal permettant une entente entre des propriétaires de nodes de réseaux individuels.

Transit libre  
Communication ouverte  
Pas de garantie  
Termes d'utilisation  
Amendement local



## Enjeux dans le réseautage en maille

La discussion est controversée et parfois biaisée selon les intérêts personnels.

Les attentes divergent largement. Une entreprise « *level QoS* » a des besoins et doit relever d'autres défis que la connectivité en milieu rural.

Pour certains, 100 kbit/s est un désastre, pour d'autres, c'est un succès.

Il y a tout simplement plusieurs choses qui n'ont pas encore été expérimentées (échelle, stabilité) et qui ne peuvent être analysé en laboratoire.

## Latence et temps de réponse

De façon évidente, le temps de réponse augmente avec le nombre de sauts.

Les effets du délai du temps de réponse ou latence du système sont plus ou moins perceptibles selon l'application en sur le réseau.

Par exemple, sur la VoIP, on peut ressentir ces délais à partir de 170 ms.

## Problématiques techniques associées

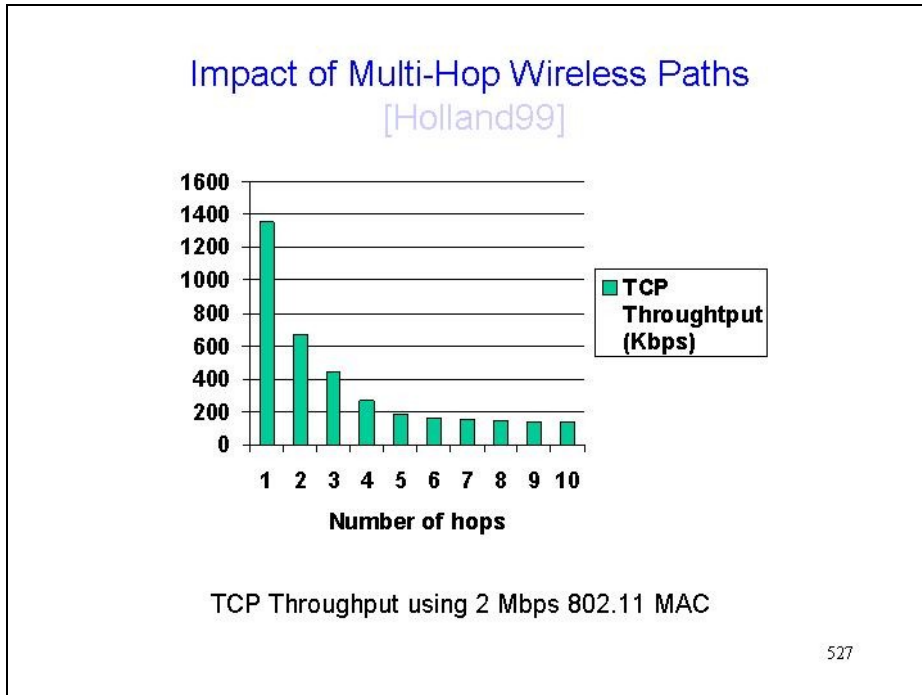
Faibles débits utiles réels dans les réseaux à saut multiples

Graduation: with  $1/n$  or  $1/n^2$  or  $1/n^{1/2}$ ?

Vu que les radios 802.11 fonctionnent en Half-duplex ( canal utilisé soit en émission ou soit en réception), le débit utile dans ces conditions est décroissant selon

Débit utile  $\sim C/n^2$

(n étant le nombre de saut et C le nombre de stations connectées simultanément)



Le fonctionnement des protocoles mesh est à la base dissocié du niveau MAC 802.11.

## Échelle

Les réseaux en mailles n'ont pas été testés à très grande échelle.

Dans la réalité, les plus grandes structures ne dépassent pas les quelques douzaines de nœuds.

MIT roofnet: 40-50  
 Berlin OLSR: environ 80?  
 CUWin: < 10

La mise en place commerciale (200 à 10,000 nœuds ?) ne rend pas publique l'expérience acquise. Le laboratoire n'est pas la réalité!

## Sécurité

Les réseaux en direct (Ad hoc) doivent par définition parler à leurs pairs avant de les connaître. Ceci constitue soit un défi inhérent pour la sécurité.

## Distribution IP

La distribution d'adresses IP dans les réseaux en mailles est essentielle. Le serveur DHCP en situation de réseau local privées fonctionne, mais qu'en sera t-il avec le réseau en mailles Rx1 rencontrera le réseau en mailles R2?

Ipv6 est peut-être la solution! Possiblement basé sur la longitude et la latitude?