

Réseaux sans fil

Hainaut Patrick 2024

But de cette présentation

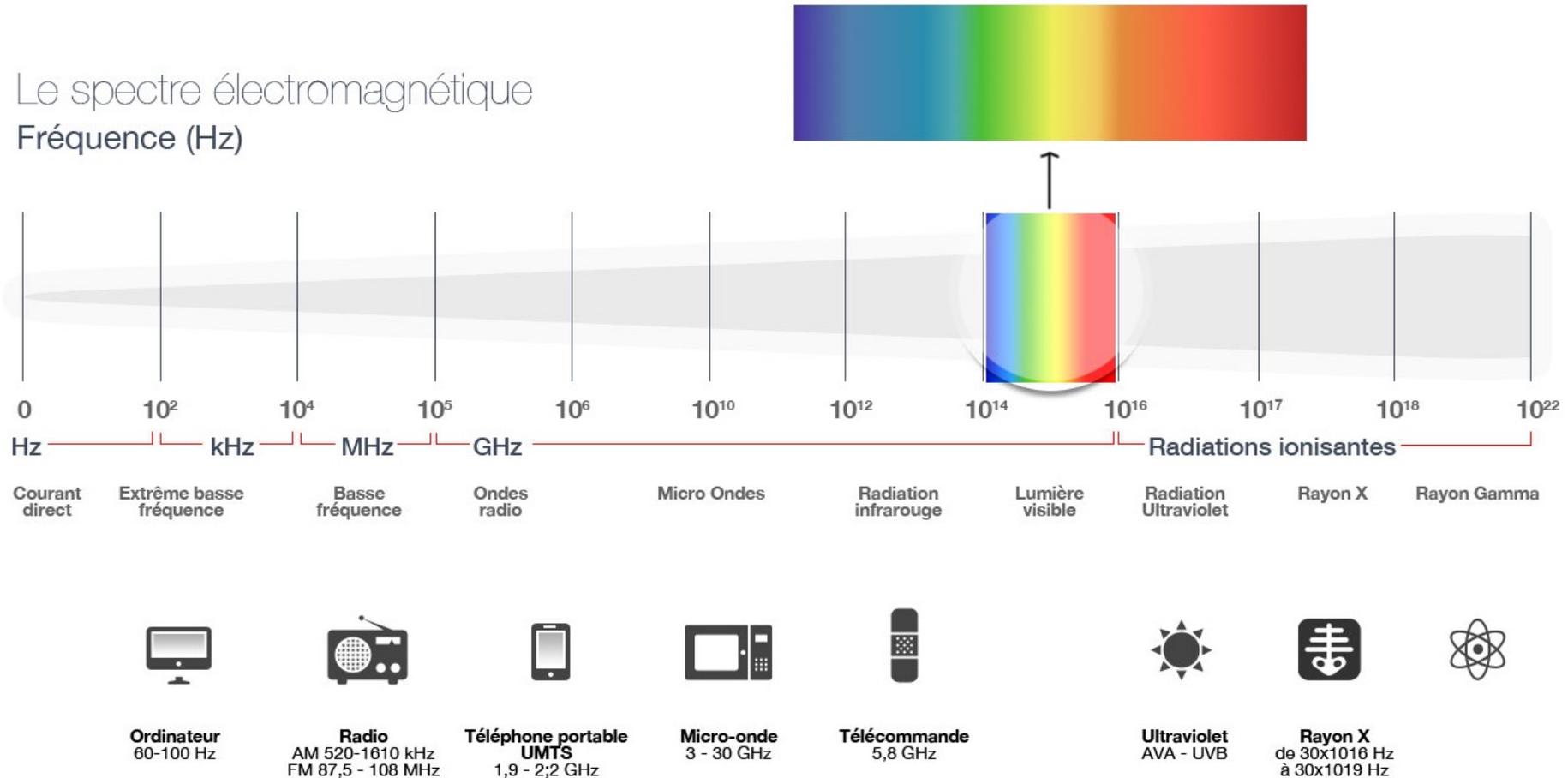
- Nous allons nous intéresser ici à la transmission sans fil et aux différentes technologies qui existent
- Depuis l'avènement du GSM, le sans fil est devenu indispensable dans notre vie quotidienne

Introduction

- Dans le domaine informatique, nous trouvons:
 - La transmission infrarouge (300 GHz – 430 THz)
 - La transmission RF (radio-fréquence) (9 kHz – 300 GHz)
 - Bluetooth
 - Wifi
 - Mobile: 3G/4G
 - A part, car utilise un support filaire, le CPL (courant porteur en ligne)
- Remarques:
 - Les ondes entre 3 Hz et 9 kHz sont aussi des ondes radio mais non réglementées
 - Les ondes infrarouges sont de même nature que les ondes radio, la séparation est donc formelle et non technique

Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique
Fréquence (Hz)

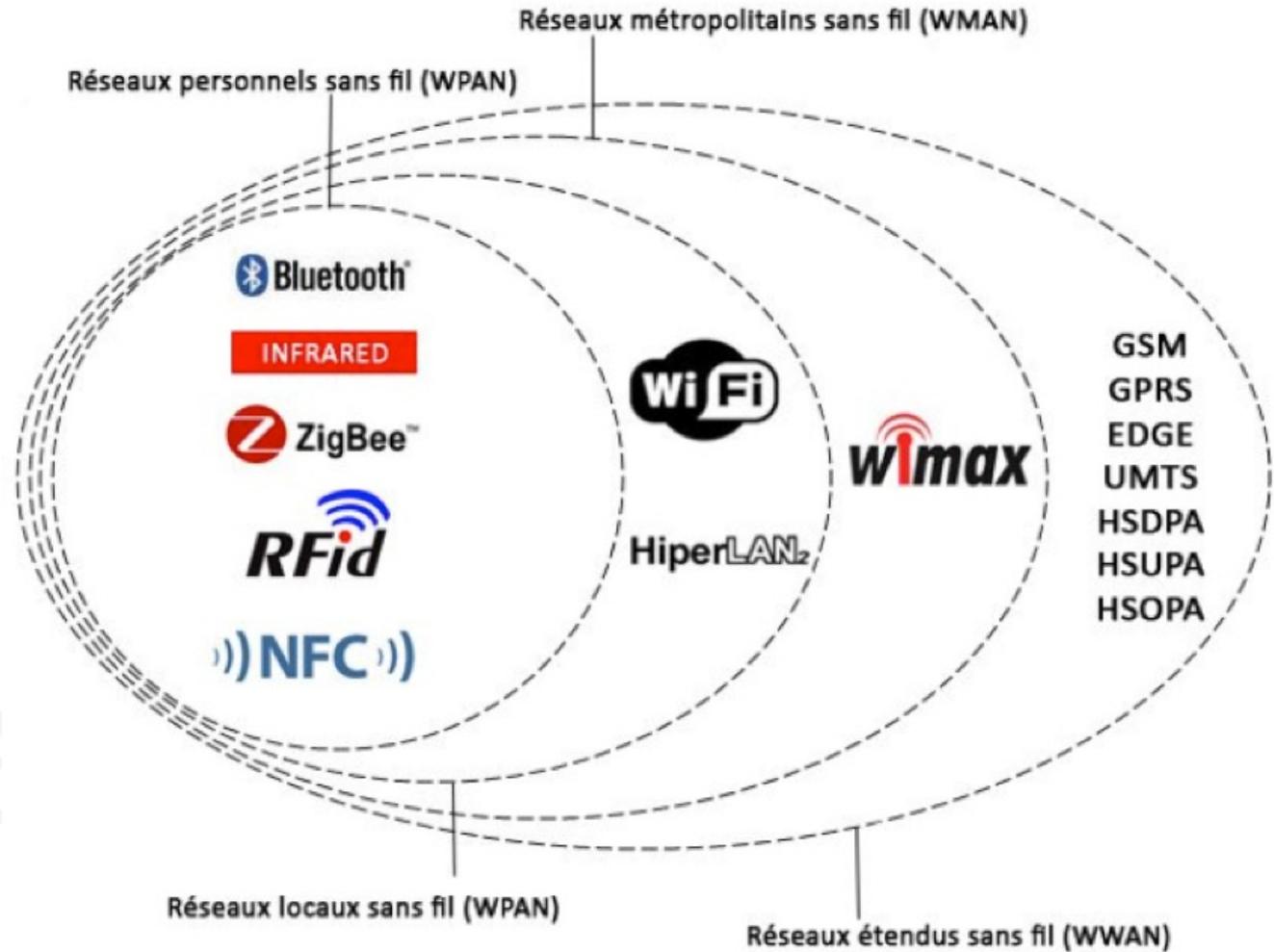


Source: electromagnetique.info

Bande radio

- La bande radio, de 9kHz à 300 GHz, est limitée en espaces fréquentiels disponibles et cet espace doit être réglementé
- Il faut, d'une part, que les émissions des uns ne brouillent pas les émissions des autres et d'autre part, veiller à limiter l'impact sur la santé en régulant la puissance émise (un four microondes utilise des ondes radio)
- Cette réglementation étant différente d'un pays à l'autre, cela freine l'arrivée de nouvelles technologies dans le domaine

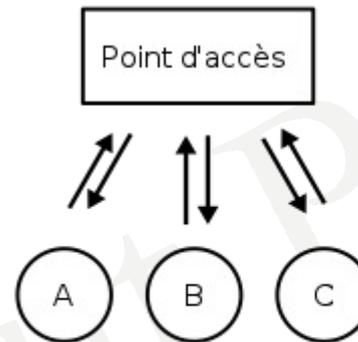
Catégories de réseaux sans fil



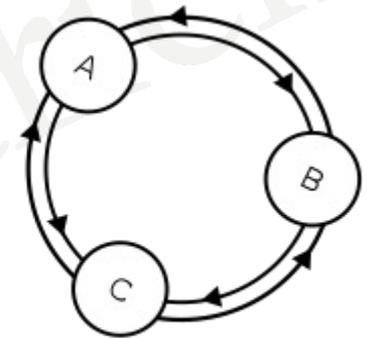
Source: commentcamarche.net

Mode infrastructure et ad-hoc

- Suivant la technologie sans fil employée, on travaillera dans un mode ou l'autre



Echanges en mode infrastructure



Echanges en mode ad-hoc

- Mode infrastructure: les nœuds passent par un point d'accès pour communiquer entre-eux (wi-fi et associés)
- Mode ad-hoc: les nœuds communiquent directement entre-eux

Transmission infrarouge: principes

- C'est une transmission optique entre une diode émettrice et un phototransistor récepteur
- Très populaire à la fin des années 90 et début des années 2000, la transmission de données par infrarouge a été supplantée par la transmission RF (Bluetooth, Wifi)

Transmission infrarouge: principes

- Inconvénients:
 - faible débit (de 9,6 kb/s à 16 Mb/s)
 - faible portée (quelques mètres)
 - pas d'obstacle entre l'émetteur et le récepteur
- Avantage:
 - Transmission optique; pas d'interférence avec les ondes RF
 - Consomme peu
- Encore largement utilisé dans les télécommandes, les souris, les détecteurs d'alarme, ...

Quelques objets utilisant l'infrarouge

- Un détecteur de mouvement MD2300 à 29,90€ chez LDLC

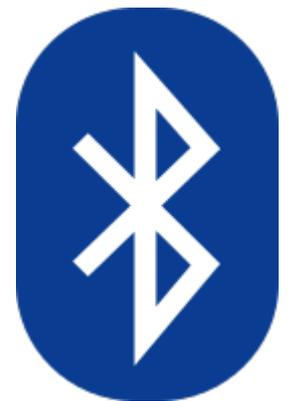


- Une souris MC2000 à 11,90€ chez LDLC



Le Bluetooth

- La technologie Bluetooth, normalisée IEEE 802.15, a été à l'origine mise au point par Ericsson (Suède) en 1994, rejoint en 1998 par IBM, Intel, Toshiba et Nokia pour former un groupe d'intérêt baptisé Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group)
- L'origine de l'appellation Bluetooth fait référence à un roi danois Harald « Dent bleue » (dû à son goût immodéré pour les mûres), qui aurait unifié les différents royaumes nordiques à la fin du Moyen Âge
- Le Bluetooth se propose d'offrir les mêmes services en sans fil, qu'une communication série USB filaire



Le Bluetooth: caractéristiques

- Faible coût
- Faible puissance d'émission, donc une dizaine de mètres de portée et une faible consommation d'énergie (alimentation par piles possibles)
- Performances modestes
- Support des transferts voix et données
- Destiné à un usage personnel (PAN : Personal Area Network)
- Normalisé pour assurer la compatibilité des produits entre eux
- Utilise principalement la bande des 2,4 GHz

Le Bluetooth: utilisation

- Clavier et souris sans fil
- Casque audio et micro
- Manettes sans fil
- Communication entre PC, tablette, smartphone, ... et les périphériques s'y connectant (enceinte connectée par exemple)
- Domotique
- Automobile
- ...

Le Bluetooth: évolution de la norme

- Avec l'émergence de l'internet des objets (IoT: Internet of Things en anglais), et l'augmentation exponentielle du nombre d'objets connectés, la norme a dû évoluer

Date	Version	Débit	Portée	Bande de Fréquence
2003	1.2 BR	720 kbits/s	10 m	2,4 GHz
2004	2.0 BR	2,1 Mbits/s	10 m	2,4 GHz
2007	2.1 BR/EDR	2,1 Mbits/s	10 m	2,4 GHz
2009	3.0 BR/EDR	2,1 Mbits/s	10 m	2,4 GHz
2010	4.0 BR/EDR - 4.0 LE	2,1 Mbits/s - 1 Mbits/s	60 m	2,4 GHz
2016	5.0 BR/EDR - 5.0 LE	2,1 Mbits/s - 1,4 Mbits/s	200 m	2,4 GHz
2019	5.2 BR/EDR - 5.2 LE	2,1 Mbits/s - 1,4 Mbits/s	200 m	2,4 ou 5 GHz

Le Bluetooth: évolution de la norme

- BR -> Basic Rate
EDR -> Enhanced Data Rate
LE -> Low Energy (version moins gourmande en énergie)
- Le tableau présente des débits pratiques
- Il n'y a pas beaucoup d'évolutions apparentes entre les différentes versions de la norme mais elles se situent au niveau de la sécurité, de la baisse de la consommation, de la qualité de l'audio, ...

Quelques objets utilisant le Bluetooth

- Un dongle Bluetooth König à 12,90€ chez LDLC



Une paire d'enceintes Bluetooth à 248,95€
chez LDLC



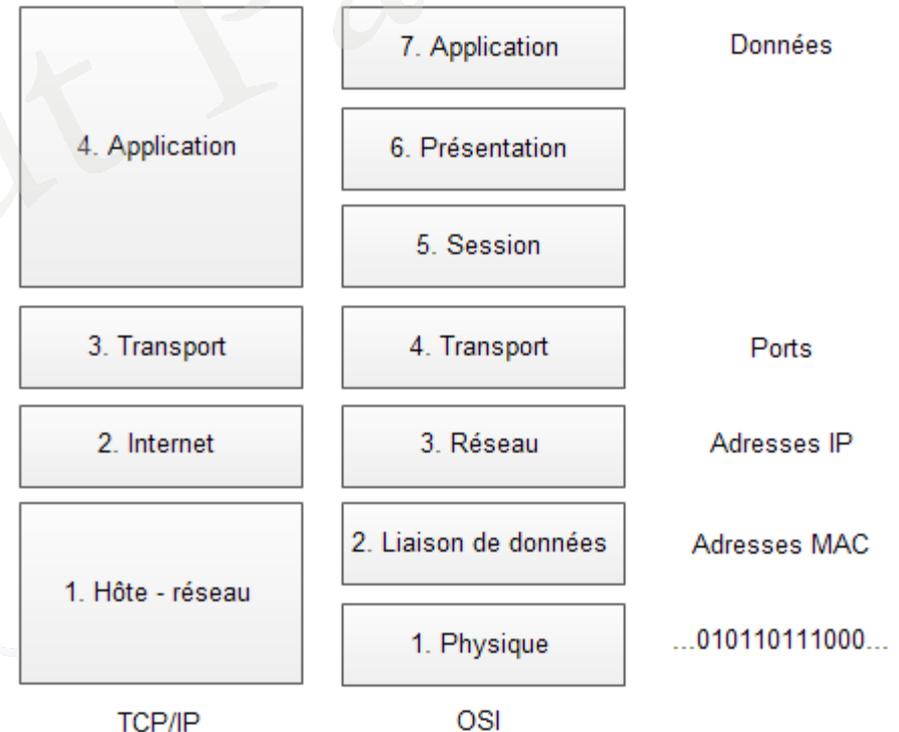
Le WI-FI

- C'est en 1997 que 6 grands constructeurs (3Com, Cisco, Intersil, Agere, Nokia et Symbol Technologies) fondent la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), renommée depuis Wi-Fi alliance
- WI-FI ne veut rien dire, on peut juste y voir une analogie avec la Hi-fi (Haute fidélité audio)
- Le WI-FI, ou wifi, est un ensemble de protocoles de communications, normalisés 802.11, destiné à offrir en sans fil, les mêmes services qu'une communication filaire Ethernet



Le WI-FI

- Le WI-FI est un protocole de couche 2 dont les trames sont différentes de celles d'Ethernet mais qui utilisent les mêmes adresses physiques (adresses MAC) et qui transportent aussi des paquets de données IP
- Les deux protocoles sont donc compatibles, et peuvent coexister dans le même réseau, Ethernet s'utilisant pour les nœuds câblés et le WI-FI pour les nœuds sans fil



Carte réseau - WI-FI

- La norme WI-FI a évolué au cours du temps:

802.11	Date	Bande de fréquence	Débit théorique maximum	Portée théorique	Largeur de canal
a (wifi 2)	1999	5 GHz	54 Mbps	35 m	20 MHz
b (wifi 1)	1999	2,4 GHz	11 Mbps	35 m	20 MHz
g (wifi 3)	2003	2,4 GHz	54 Mbps	38 m	20 MHz
n (wifi 4)	2009	2,4 et 5 GHz	de 72 à 150 Mbps	70 m	20, 40 MHz
ac (wifi 5)	2014	5 GHz	de 346 à 3500 Mbps	35 m	20, 40, 80, 160 MHz
ax (wifi 6)	2019	2,4 et 5 GHz	de 1,1 à 9,6 Gbps	35 m	20, 40, 80, 160 MHz
ax (wifi 6E)	2021	2,4, 5 et 6 GHz	de 1,1 à 9,6 Gbps	35 m	20, 40, 80, 160 MHz
be (wifi 7)	2024	2,4, 5 et 6 GHz	Jusqu'à 46 Gbps	35 m	Jusqu'à 320 MHz

- Attention, que pour des raisons inhérentes au fonctionnement, le débit pratique est au maximum la moitié du débit théorique

Carte réseau - Quelques modèles

- Tout ce qui est mobile est connecté au réseau local via le Wifi
- Si on ne veut pas tirer de câble, on peut aussi connecter un PC fixe en Wifi



- Carte Wifi N 300Mbps ASUS PCE-N15 PCI-E 1x à 26,95€ chez LDLC

Carte réseau - Quelques modèles

- Un dongle USB s'avère très pratique ...



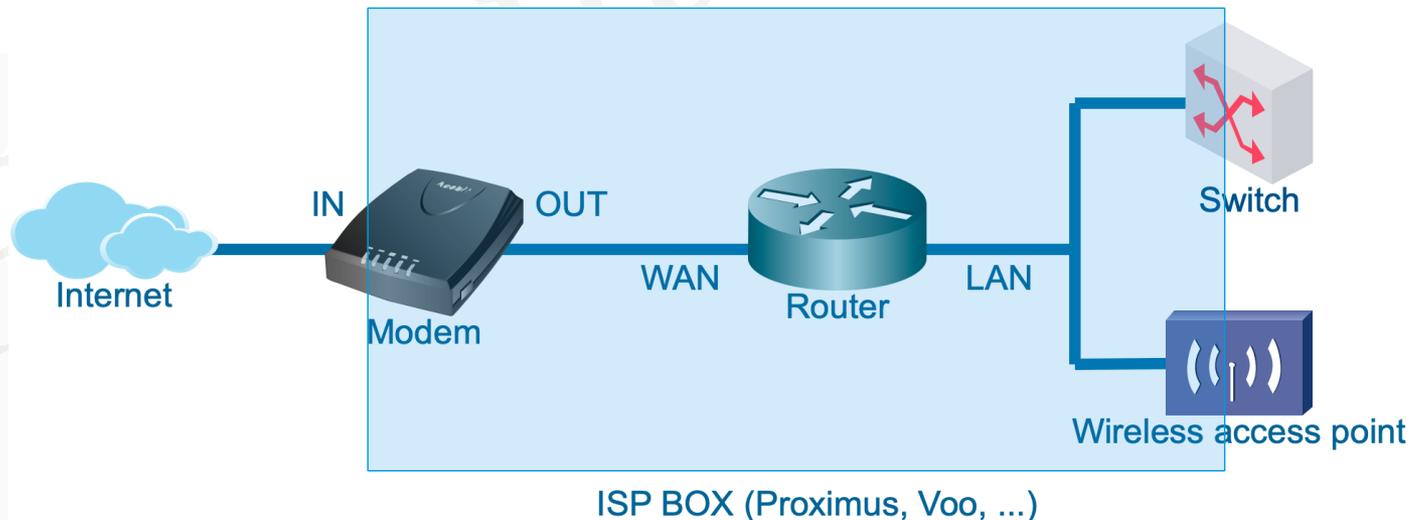
- Clé USB2 Wifi N 150Mbps ASUS USB-N10 à 17,95€ chez LDLC
Clé USB3 Wifi AC 300Mbps ASUS USB-AC56 à 59,96€ chez LDLC

Le routeur Wifi: La box

- Internet arrive chez vous via le câble téléphonique ou de télédistribution
- On branche ce câble dans un modem (voir theo4)
- En sortie du modem, on doit passer par un routeur (ou serveur faisant office de) pour distribuer l'accès à Internet
- Ce routeur va faire la séparation entre le réseau WAN du FAI (ISP en anglais), et le réseau LAN domestique (ou d'entreprise)

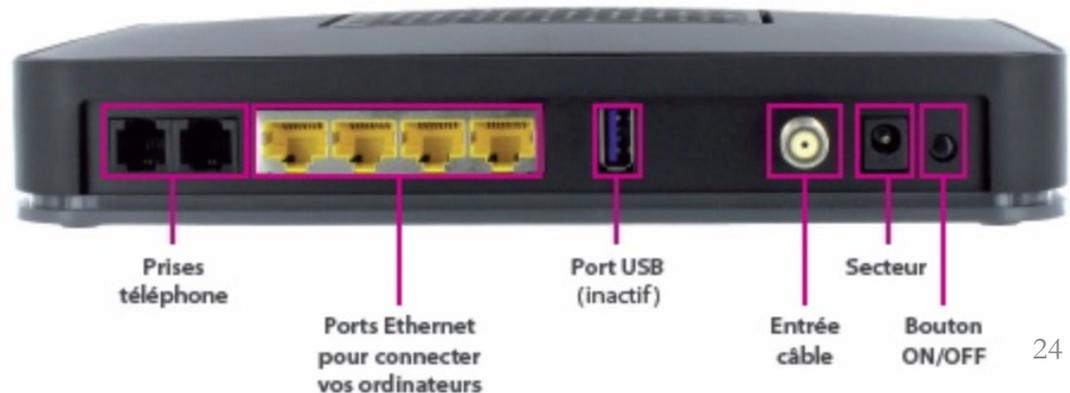
Le routeur Wifi: La box

- Ce routeur sera suivi d'un switch pour pouvoir brancher plusieurs appareils dans le LAN
- Dans une box de FAI, on aura le modem, le routeur (avec la connexion entre les deux en interne), un switch 4 ports et un point d'accès sans fil



Le routeur Wifi: La box

- En entrée, on a une prise RJ-11 pour se connecter au réseau téléphonique ou un connecteur F pour se connecter au réseau de télédistribution
- En sortie, on a généralement 4 prises RJ-45 pour le réseau LAN

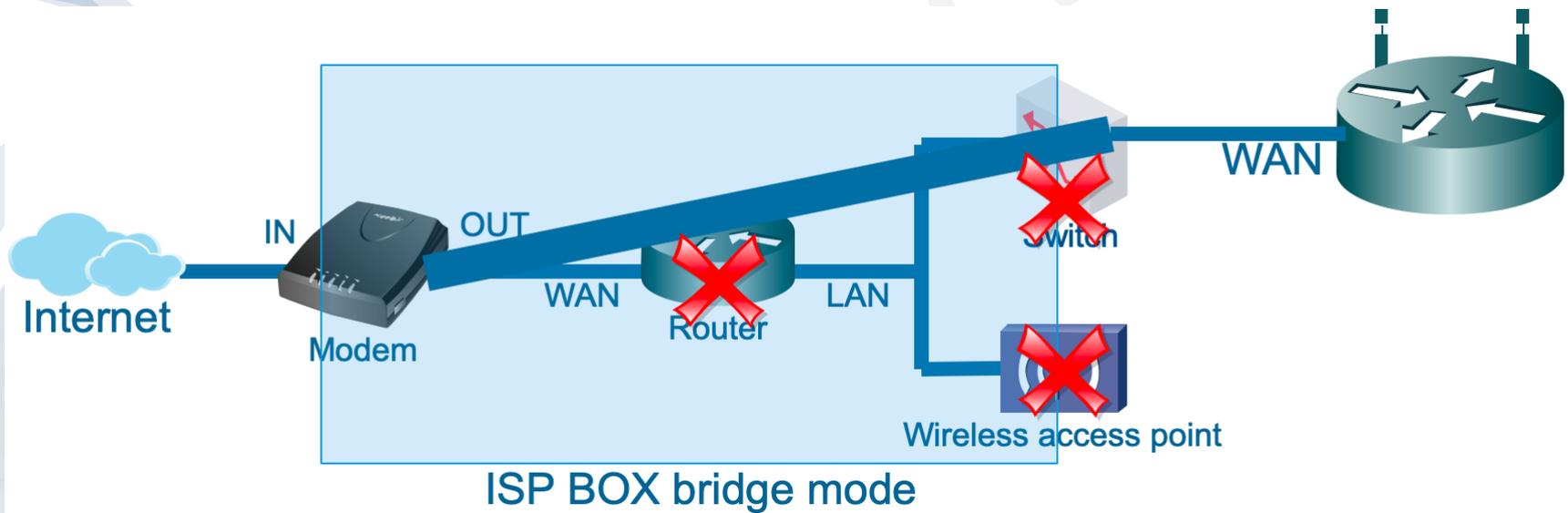


Le routeur Wifi: La box

- On accède au réseau sans fil via un SSID (Service Set Identifier), qui est le nom du réseau sans fil, et un mot de passe
- Les échanges de données sont cryptés via WPA (Wifi protected access) version 2 ou 3 (récent)
- A noter qu'il y a deux réseaux sans fil différents avec deux SSID différents; le premier pour la bande des 2,4 GHz et le deuxième pour la bande des 5 GHz

Le routeur Wifi

- Le point d'accès sans fil d'une box est généralement basique et sera avantageusement remplacé par un routeur sans fil externe
- la box doit alors être configurée en mode "bridge" et se comporte comme un modem



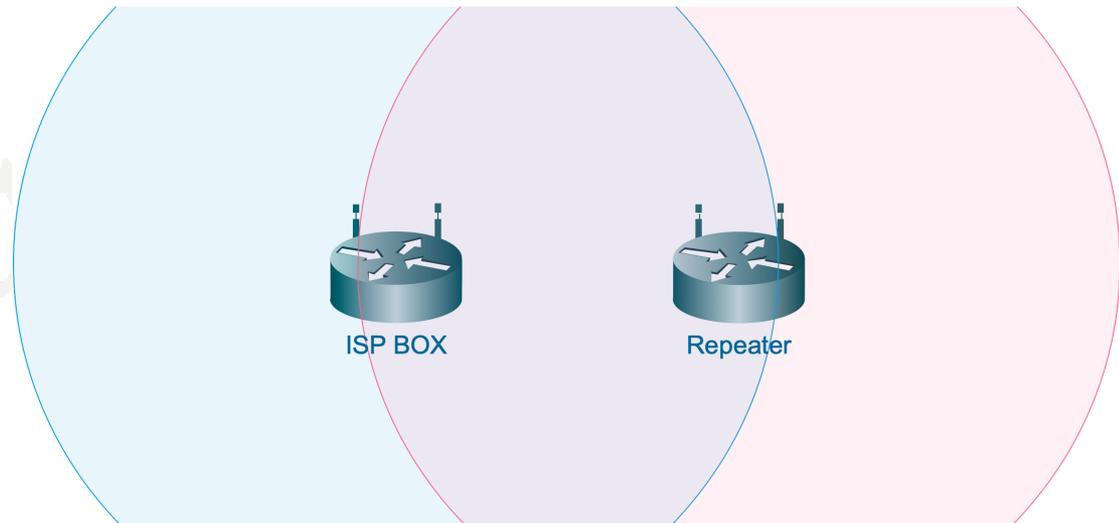
Le routeur Wifi: un exemple

- Routeur Wifi 6 TP-Link Archer AX50
 - Wifi AX (Wifi 6)
 - 1 port WAN et 4 ports LAN en gigabit
 - Jusqu'à 574 Mbps en 2,4 GHz
 - Jusqu'à 2402 Mbps en 5 GHz
 - Latence réduite, portée augmentée
 - Prix: +/- 90€
- Avec la VOD et les résolutions 4K et 8K, ça ne sert à rien de prendre moins performant



Répéteur Wifi

- Une autre solution est d'étendre le réseau sans fil du provider grâce à un répéteur Wifi
- Le but du répéteur Wifi est de capter le signal sans fil de la box et de la transmettre plus loin



Répéteur Wifi

- Il faut bien choisir l'emplacement du répéteur; pas trop près de la box, sinon, sans intérêt et pas trop loin, sinon, on retransmet un signal Wifi dégradé
- Attention que certains répéteurs créent un nouveau réseau Wifi avec un SSID différent de celui de la box, avec l'inconvénient de ne pas assurer la continuité de connexion lorsqu'on passe d'un réseau à l'autre (en conversation avec un smartphone par exemple)

Répéteur Wifi

- Il faut choisir des répéteurs bi-bande, parce que un répéteur monobande doit recevoir le signal Wifi et le retransmettre sur le même canal, et on peut facilement perdre 50% de débit de données
- Certains répéteurs sont aussi amplificateur (booster) Wifi mais pour augmenter le débit Wifi de la box, on les utilisera comme point d'accès en les connectant en câblé sur la box et en créant un Wifi différent
- Le débit filaire de la box n'est jamais augmenté par un répéteur mais dépend de l'abonnement chez le provider et donc le débit Wifi ne dépasse jamais le débit filaire

Répéteur Wifi: exemple

- Répéteur Wifi AC1750 TP-Link RE455
 - Wifi AC (Wifi 5)
 - Jusqu'à 450 Mbps en 2,4 GHz
 - Jusqu'à 1300 Mbps en 5 GHz
 - Mais reste bloqué au débit sortant de la box
 - Dual band
 - Étend la couverture Wifi jusqu'à 140 m2
 - 1 port Ethernet gigabit
 - Prix: +/- 55€

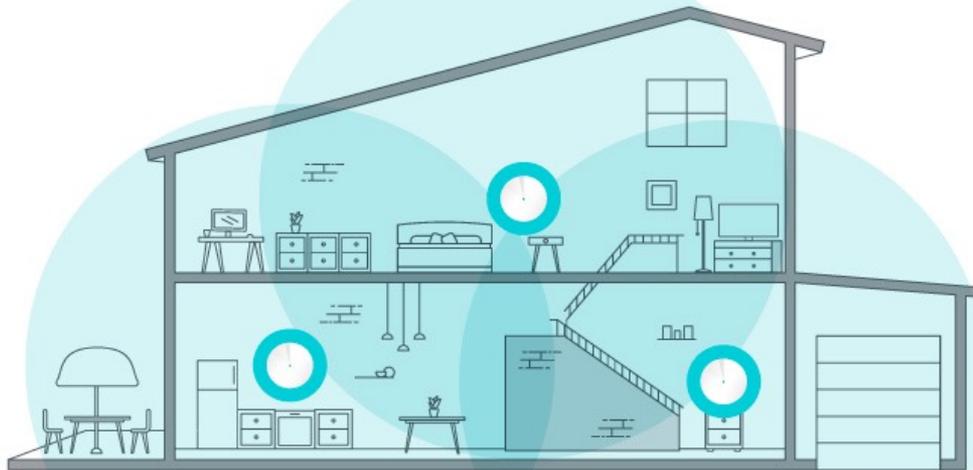


Réseau mesh

- Le principe du répéteur Wifi est étendu avec le réseau mesh
- On a un boîtier maître qui se connecte à la box du provider, qui peut dès lors passer en mode bridge, le boîtier maître remplissant la fonction de routeur
- Viennent s'ajouter des boîtiers satellites qui vont se connecter sans fil au boîtier maître (ou pour les modèles plus performants aux autres boîtiers satellites), formant ainsi un réseau maillé unique (donc sans perte de connexion lorsqu'on passe d'un boîtier à l'autre)

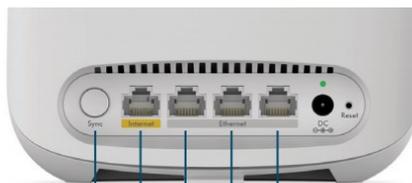
Réseau mesh

- La configuration est simplifiée par l'utilisation d'une app dédiée

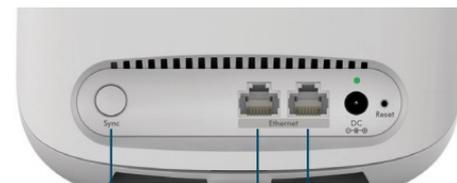


Réseau mesh: exemple

- NETGEAR RBK353 Wifi 6 Mesh Orbi
 - Wifi AX (Wifi 6)
 - Jusqu'à 600 Mbps en 2,4 GHz
 - Jusqu'à 1200 Mbps en 5 GHz
 - Couvre 100 m2 par boîtier
 - 1 boîtier routeur et 2 satellites
 - On peut rajouter d'autres boîtiers
 - Prix: +/- 300€ pour le kit



Sync
Internet
Gigabit Ethernet ports



Sync
Gigabit Ethernet ports

Home Assistants intelligents

- Depuis toujours, il existe des assistants personnels, d'abord papier (le filofax), puis électronique (le pda), ensuite connectés (le smartphone et les app correspondantes) et maintenant connectés et vocaux



Home Assistants intelligents

- Les deux plus connus sont le Google Nest (qui succède à la gamme Google Home) et Alexa d'Amazon
- Tous les modèles comportent un micro et un haut-parleur et certains modèles, un écran
- Ces assistants se connectent à votre Wifi et donc à Internet, ont une app dédiée sur laquelle des apps tierces vont pouvoir se connecter, comme:
 - Spotify ou deezer pour la musique
 - Youtube pour la musique et la vidéo (si écran)
 - Les apps dédiées à chaque objet connecté ou groupe d'objets connectés
 - ...

Home Assistants intelligents

- Et donc vous pourrez demander à votre assistant de:
 - Faire une recherche Internet et de vous donner oralement le résultat
 - Vous donner divers renseignements (l'heure, le chanteur diffusé, la météo, ...)
 - Jouer une playlist musicale ou un morceau (via Spotify, Deezer, Youtube, ...)
 - Diffuser une radio (via TuneIn)
 - Vous réveiller à une certaine heure
 - Diffuser une recette de cuisine, oralement ou sur l'écran si il existe
 - Contrôler votre environnement grâce aux réseaux IoT
 - Prises connectées
 - Ampoules connectées
 - Volets
 - ...
 - ...

Home Assistants intelligents

- Plusieurs assistants peuvent être installés dans la maison, une dans la pièce de vie et une autre dans la chambre, par exemple
- Chaque assistant sera configurée en fonction de la pièce et contrôlera ses objets connectés
- Les assistants seront connectés entre-eux et seront accessibles aussi via l'app dédié

Les réseaux mobiles

- **Le réseau GSM 2G**
 - Ce réseau, également appelé GSM pour *Global System for Mobile Communications* ne permet que d'échanger par voix et texte (SMS)
 - Cette norme numérique a été créée en 1982, il y a donc plus de trente ans.
- **Le réseau GPRS 2,5G**
 - Signifiant *General Packet Radio Service*, ce réseau est aussi appelé 2,5G car il est situé entre la génération 2G et la 3G
 - Il est possible avec celui-ci d'échanger des données (SMS, data, appels...) avec un débit théorique maximal de 171,2 kilobits par seconde
- **Le réseau EDGE 2,75G**
 - Plus communément appelé EDGE pour *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*, le débit théorique est ici de 384 kilobits par seconde
 - Cette norme est évoquée comme une "pré-3G"

Les réseaux mobiles

- **Le réseau UMTS 3G**

- La troisième génération de normes de téléphonie mobile (UMTS pour Universal Mobile Telecommunications System) propose d'échanger à 1,9 mégabits par seconde en théorie, soit environ 5 fois plus rapidement que la génération précédente

- **Le réseau HSPA 3G+**

- La 3G+ (ou 3.5G ou H) (HSPA pour High Speed Packet Access) permet de monter le débit d'échange de données théorique à 14,4 mégabits par seconde en théorie, soit tout de même 7,5 fois plus que la 3G initiale

- **Le réseau DC-HSPA+ 3G++**

- Il est également appelé 3.75G ou H+ Dual Carrier. Dans ce cas précis, le débit théorique est de 42 mégabits par seconde. Il s'agit d'un réseau approchant de la 4G, bien que le débit reste bien inférieur

Les réseaux mobiles

- **Le réseau LTE 4G**

- Avec la quatrième génération (4G LTE pour Long Term Evolution), le débit théorique d'échange de données est de 150 mégabits par seconde
- En réalité, la bande passante est partagée entre les utilisateurs
- Moins il y a d'utilisateurs utilisant le réseau et plus le débit est donc élevé

- **Le réseau LTE Advanced 4G+**

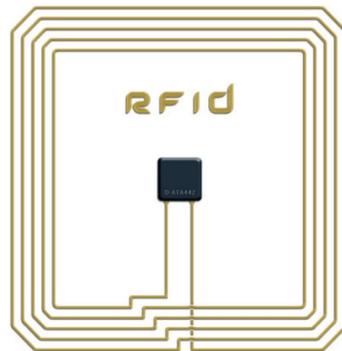
- La 4G+, aussi nommée 4G LTE Advanced propose un débit théorique de 330 mégabits par seconde (pourrait atteindre un jour 1Gbit/s)
- Le réseau 4G+ a l'avantage de pouvoir cumuler les fréquences
- Contrairement à la 4G, la 4G+ (et supérieure) permettent de répondre à un appel téléphonique tout en restant connecté sur internet en 4G+.
Auparavant, le réseau bridait automatiquement le réseau en 3G ou 3G+, limitant les possibilités de navigation durant un appel téléphonique simultané

Les réseaux mobiles

- **Le réseau UHD 4G+, l'Ultra Haut Débit Mobile**
 - Le réseau 4G+ UHD pour *Ultra Haut Débit Mobile* (ou 4G++) offre un débit théorique jusqu'à 600 mégabit par seconde
 - En pratique, les opérateurs s'appuient sur plusieurs bandes de fréquences qu'ils cumulent pour pouvoir proposer davantage de bande passante, à savoir les 800, 1800 et 2600 mégahertz
- **Le réseau IMT-2020 5G**
 - Fourni gratuitement avec le vaccin contre la covid-19 ! (c'est FAUX :-D)
 - Le débit théorique est de 20 gigabits par seconde (partagé par tous les utilisateurs, ce qui donne beaucoup moins par utilisateur)
 - Prévu pour la haute définition (4K, 8K, ...), les objets connectés, la réalité virtuelle, ... qui demandent des débits toujours plus importants
 - IMT pour International Mobile Telecommunications

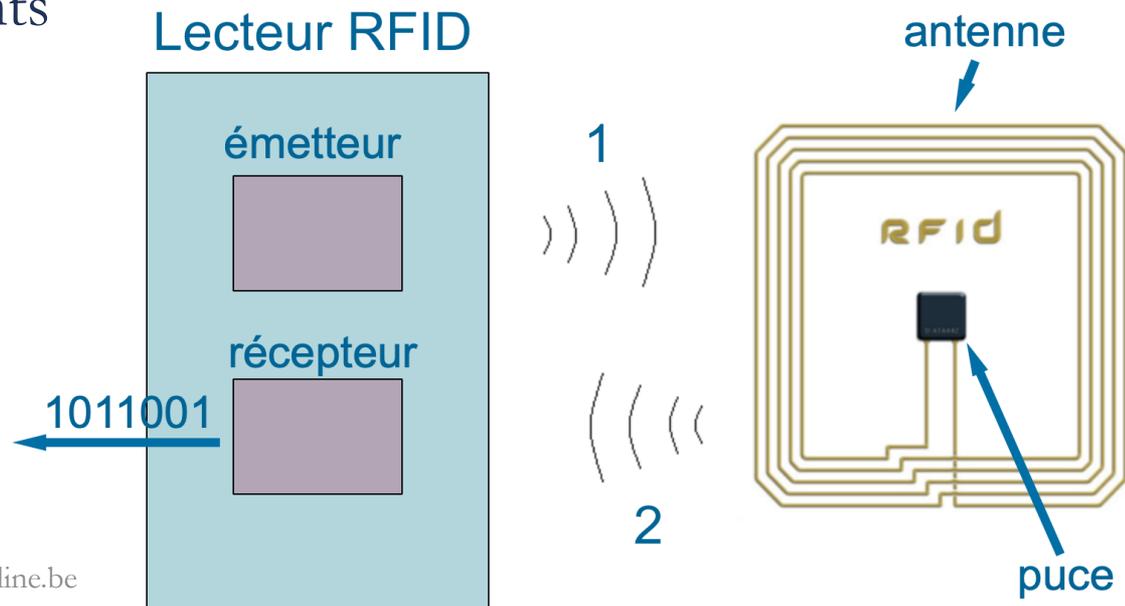
La RFID (Radio Frequency IDentification)

- La technologie RFID permet de récupérer, à distance, des informations stockées sur un support passif ou actif, l'étiquette RFID, appelée aussi RFID Tag, ou puce RFID
- Dans les systèmes les plus simples, la puce RFID est passive et ne coute pratiquement rien à produire



La RFID (Radio Frequency IDentification)

- On a d'une part, un émetteur-récepteur radio-fréquence, composant actif, qui diffuse son signal sur une portée relativement courte
- De l'autre, la puce RFID qui, si elle est passive, va être alimentée par induction, par le lecteur, quand elle est à proximité
- Les deux éléments sont équipés d'une antenne



La RFID (Radio Frequency IDentification)

- Une fois la puce RFID activée, le lecteur peut lire les données mais aussi écrire des données sur la puce
- Domaines d'application:
 - Identification (objets, animaux, humains)
 - Contrôle d'accès
 - Antivol
 - Gestion des stocks
 - Tracabilité
 - Porte-monnaie électronique
 - ...

La RFID (Radio Frequency IDentification)

- Bandes de fréquences employées:

Bande fréquence	Portée	Type de couplage	Applications courantes
120 – 150 kHz	10 – 50 cm	inductif	Identification des animaux, contrôle d'accès
13,56 MHz	10 cm – 1 m	inductif	contrôle d'accès, antivol, identification des objets, porte-monnaie électronique
433 MHz	1 – 100 m	électrique	Traçabilité, gestion des stocks, applications militaires
825 – 928 MHz	1 – 12 m	électrique	Code-barres, suivi de trains
2,45 ou 5,8 GHz	1 – 2 m	électrique	Télépéage, suivi de trains

La NFC (Near Field Communication)

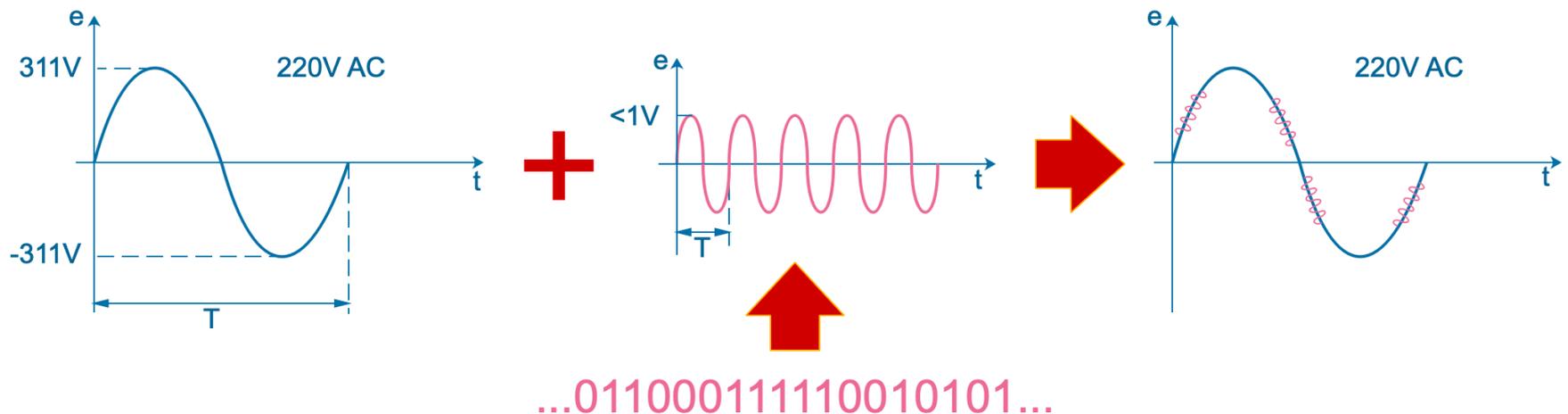
- C'est une extension du RFID
- Utilise la bande des 13,56 MHz
- Portée: 10 cm

Le CPL (Courant porteur en ligne)

- La technologie CPL (PLC pour Power Line Communications en anglais) permet de transporter des données numériques sur le réseau électrique domestique
- C'est une technologie à courant porteur, le signal électrique alternatif du réseau électrique domestique servant de support (porteuse) au signal de données numériques

Le CPL: Principe

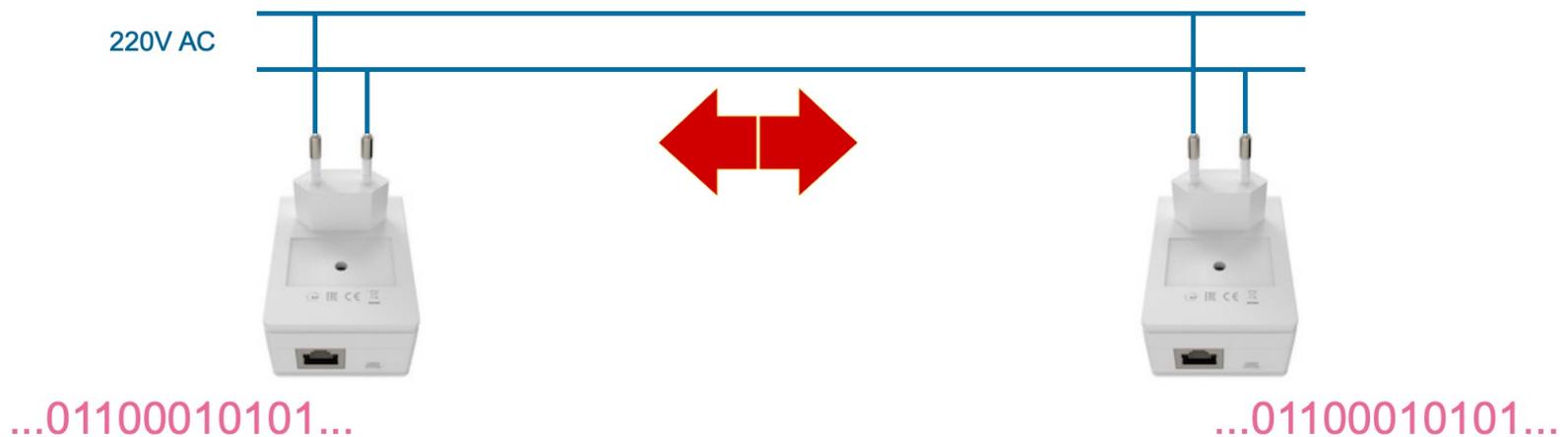
- On superpose un signal numérique d'une fréquence comprise entre 1,6 et 3 MHz au signal électrique du secteur 220V d'une fréquence de 50 Hz



- On fait donc du multiplexage fréquentiel
- Ce n'est pas vraiment du sans fil puisqu'on utilise les câbles du réseau électrique, mais c'est du "sans nouveaux fils"

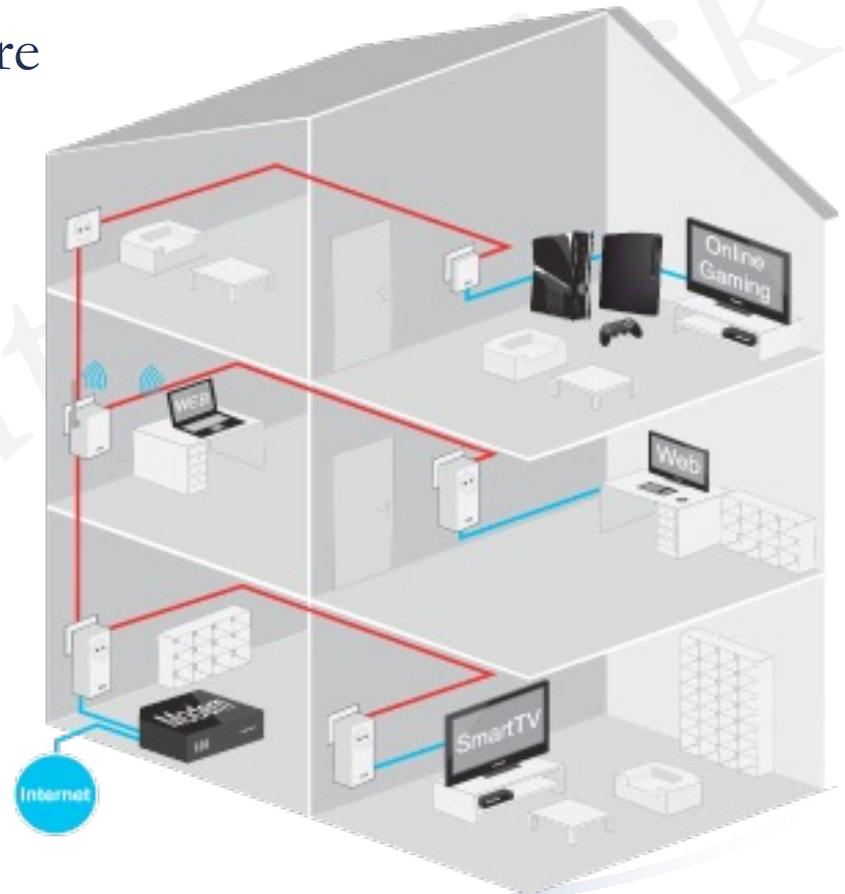
Le CPL: Principe

- Il faut donc, minimum, deux coupleurs, compatibles, connectés chacun à une prise 220V mais ils peuvent être plus nombreux
- Une fois ces coupleurs appairés, une transmission de données pourra avoir lieu entre les différents coupleurs, un peu comme entre les ports d'un switch



Le CPL: Principe

- Ca permet de pouvoir transmettre le réseau à l'autre bout de la maison sans devoir utiliser un répéteur Wifi ou dans des endroits où le signal Wifi passe difficilement



Le CPL: avantages / inconvénients

- Avantages:
 - Pas besoin de tirer de nouveaux câbles
 - Facile à mettre en œuvre
- Inconvénients:
 - Sensibles aux perturbations électromagnétiques provoquées, entre autre, par le réseau électrique, les appareils électroménagers et multimédias
 - Emet des ondes électromagnétiques
 - Les deux coupleurs doivent être sur la même phase (problèmes en triphasé)
 - Les anciens compteurs électriques ne filtrent pas le signal CPL, il y a un risque pour la sécurité des données

Le CPL: Spécifications

- Les industriels ont formé des alliances (HomePlug, HD-PLC, HomeGrid, G3-PLC, ...) concurrentes, qui ont leurs spécifications propres et qui sont généralement incompatibles
- Sur base de ces spécifications, un standard IEEE se dégage, l'IEEE 1901 avec deux versions actuelles:
 - IEEE 1901.2a-2015 pour les basses fréquences $< 500\text{kHz}$ (domotique)
 - IEEE 1901-2020 pour les fréquences supérieures (CPL et IoT)

Le CPL: débit théorique

- A cause du bruit électromagnétique, il peut y avoir une grande différence entre le débit théorique et le débit pratique

Le CPL: matériel

- On trouve des coupleurs simples avec une prise RJ-45
- Et des modèles avec en plus:
 - une prise 220V pour compenser celle perdue par le branchement du coupleur
 - Un mini-switch
 - La fonction de point d'accès Wifi



Le CPL: Quelques modèles

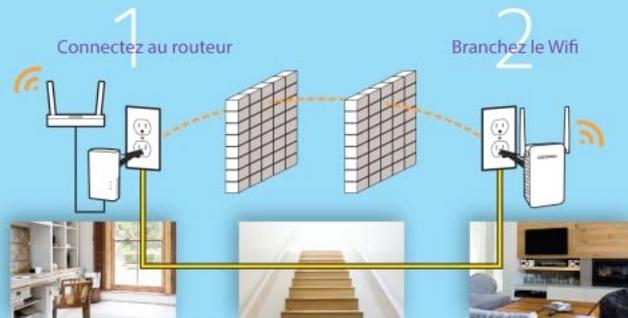
- TP-LINK CPL 1000 MBPS TL-PA7017P
 - Débit: 1Gbit/s
 - 1 prise gigabit ethernet
 - Norme HomePlug AV2
 - Prix: +/- 55€



Le CPL: Quelques modèles

- NETGEAR CPL PLW1000-100PES 1000 MBPS
 - Débit: 1Gbit/s
 - 1 prise gigabit ethernet
 - 1 CPL Wifi
 - Norme HomePlug AV2
 - Prix: +/- 80€

Vos connexions traversent les murs et les étages



Les réseaux IoT

- Déjà évoqués plus haut, les réseaux IoT (pour Internet of Things, l'Internet des objets) permettent d'utiliser des objets connectés qui ont envahi le monde et notre quotidien
- Ça va de l'enceinte à la chaussure en passant par l'ampoule RGB
- La connexion des objets se fait soit en Wifi, en bluetooth, en 4G/5G, via un satellite ou parfois en combinaison de 2 ou 3 de ces réseaux

Les réseaux IoT

- Le réseau auquel les objets se connectent dépend du contexte
- Sur un réseau satellite:
 - Les boîtiers et puces gps
- Sur les réseaux mobiles (WAN):
 - Voitures connectées
 - Smartphones

Conclusion

- Voilà un bref panorama de ce qu'on peut trouver comme technologies sans fil
- Nous ne sommes pas rentré dans les détails techniques qui ne sont pas indispensables à notre niveau