



Le WLAN à l'IXL : les aspects liés aux radiofréquences

Plan

- ◆ Tour d'horizon du WLAN
 - Le paysage radiofréquences
 - Quelques définitions
 - La technologie radiofréquences WLAN
- ◆ Les ondes électromagnétiques
- ◆ Les antennes
- ◆ La méthode de positionnement des bornes à l'IXL
 - Questions/réponses, critères
 - La maquette de test IXL, méthode et application
 - Ce qu'on obtient en pratique
- ◆ Ressources utiles



Transmissions WIRELESS

◆ Trois autres systèmes :

- WiMAX : protocole de communication sans fil longue distance basé sur IEEE802.16
 - Processus de certification des équipements compatibles prévu en juillet 2005
 - Pas encore de labo de test d'interopérabilité
 - Forum <http://www.wimaxforum.org>
- ZigBee : réseaux de capteurs sans fil en rapport avec IEEE802.15.4-2003
 - Ratification d'un standard inter opérable fin2004
 - Prévision de 160 millions d'équipements en 2008
 - ZigBee Alliance : <http://www.zigbee.org>
- Bluetooth : 2448 à 2482 MHz en France
 - Plutôt dédié à des communications courtes distances (classe 2)
 - Interférences radio avec 802.11 (2412 à 2472 MHz en Europe)
 - Répandu en téléphonie mobile et PDA



WIRELESS DATA						
Norme	ZigBee	Bluetooth	Wireless LAN			WiMAX 802.16a
			802.11a	802.11b	802.11g	
Gamme des fréquences des équipements mobiles	0.902 – 0.928 GHz 2.402 – 2.480 GHz (Amérique du Nord, 20 canaux, 1000mW/MHz de puissance permise) 0.868 – 0.8686 GHz (Europe, 15 canaux soit 100mW/MHz de puissance permise) 2.483 GHz (Japon, 5 canaux, 10mW/MHz de puissance permise)	2.402 – 2.480 GHz (Amérique du Nord et Europe, 79canaux espérés) 2.447 – 2.473 GHz (Espagne) 2.448 – 2.482 GHz (France) 2.473 – 2.495 GHz (japon)	5.150 – 5.350 GHz 5.725 – 5.825 GHz (USA)	2.41 – 2.462 GHz (Amérique du Nord) 2.412 – 2.472 GHz (Europe) 2.471 – 2.497 GHz (Japon)	2.41 – 2.462 GHz (Amérique du Nord) 2.412 – 2.472 GHz (Europe) 2.471 – 2.497 GHz (Japon)	2 – 11 GHz
Méthodes d'accès au médium	TDMA	FHSS	CSMA/CA CARRIER SENSE	CSMA/CA MULTIPLE ACCESS WITH	CSMA/CA COLLISION AVOIDANCE	TDMA/OFDMA
Méthodes jumelées	FDD	TDD	TDD	TDD	TDD	TDD/FDD
Utilisateurs par canal	255	7 actifs simultanés, jusqu'à 200 max	127	127	127	Variable
Largeur de canal	5 MHz	1 MHz	OFDM : 20 MHz	FHSS : 1 MHz DSSS : 25 MHz	OFDM : 20 MHz	20/25 MHz (USA) 28 MHz (Europe)
Modulation	GFSK (0.5 filtre gaussien) O-QPSK	Forme binaire FM (0.5 filtre gaussien)	OFDM, 64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK	DBPSK, DQPSK, CCK	OFDM, 64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK	BPSK, QPSK, 4QAM, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Débit en pointe	250 / 28 Kbits/s	1 Mbits/s symboles, 723kbits/s raw, 56kbits/s return	54 Mbits/s	11 Mbits/s	54 Mbits/s	70 Mbits/s



Tour d'horizon du WLAN

- ◆ WLAN = Wireless Local Area Network
 - Terme générique pour les réseaux sans fil
 - IEEE802.11 : spécifications techniques utilisées pour développer les WLAN, c'est une norme de réseau
 - Couches 1 et 2 du modèle OSI (~ 802.3)
 - Utilisation d'ondes hertziennes à large spectre
 - Méthodes d'accès au médium et gestion de la liaison
 - Publié en 1997 : débits 2 Mbit/s
 - 1999 : extensions 802.11b (11 Mbit/s) et 802.11a (54 Mbit/s)
 - Actuellement : 802.11g 54Mbit/s
- ◆ Le marché du réseau sans fil a vraiment « décollé » en 2001 grâce à...



WLAN et WI-FI

◆ WI-FI : WIreless-FIdelity

- N'est pas une norme, c'est un label
- Volonté des constructeurs de devenir inter opérables
- Normalement, les équipements labellisés WIFI respectent la norme 802.11
- Wireless Ethernet Compatibility Alliance
 - <http://www.wi-fi.com>
 - Vérifier la compatibilité par critères d'équipements :
 - http://www.wi-fi.com/OpenSection/certified_products.asp?TID=2
 - Trouver une zone WIFI :
 - <http://www.wi-fizone.org/zoneFinder.asp>

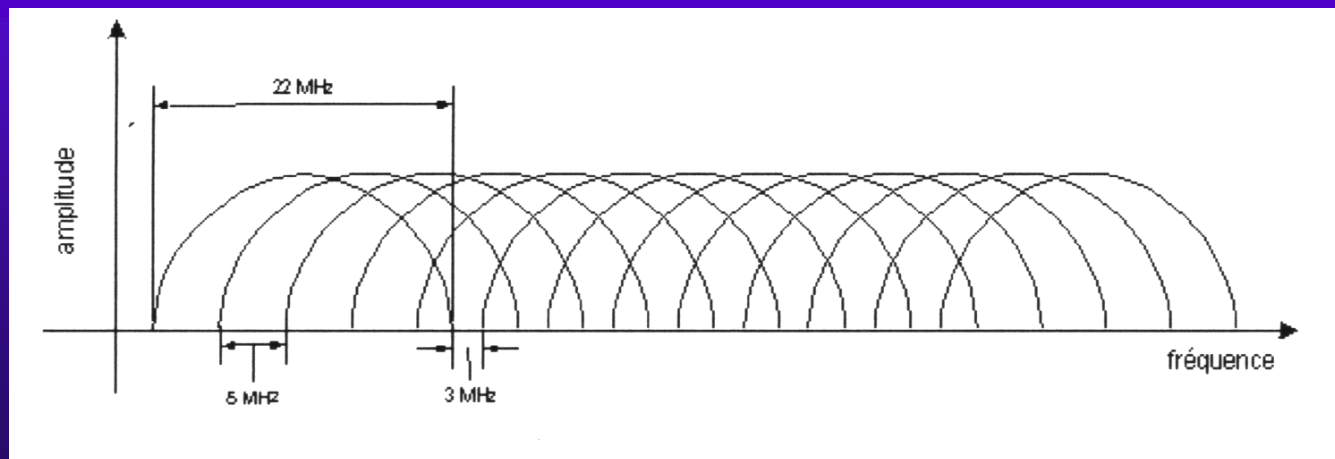


La technologie radio du WLAN

- ◆ Utilise la bande radio à large spectre (Spread Spectrum) sur la bande ISM (Industrial Scientific and Medical)
 - 3 méthodes d'utilisation des ondes EM initialement dans 802.11
 - La sélection directe de fréquence (DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum)
 - Le saut de fréquence (FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum) utilisé dans Bluetooth
 - Les ondes infra-rouges
 - OFDM est venue se rajouter comme extension RF (802.11 a et g)
- ◆ La bande ISM n'est pas réservée au WLAN
 - Problèmes de cohabitation avec d'autres services
 - 802.11 tient compte des fours à micro-ondes mais ça marche quand même moins bien dans une cuisine de restaurant !

La technologie radio du WLAN

- ◆ La bande ISM pour le 802.11 b et g :
 - S'étend de 2412 à 2472 MHz en Europe
 - Subdivisée en 14 canaux de largeur 22 MHz chacun
 - Les canaux se chevauchent car séparés par 5 MHz
 - N° 1 à 13 utilisables en France, le n°14 pour le Japon
 - ATTENTION à l'affectation des canaux sur un site lorsque les zones de couverture des bornes se chevauchent : continuité de connexion, cas des téléphones WIFI



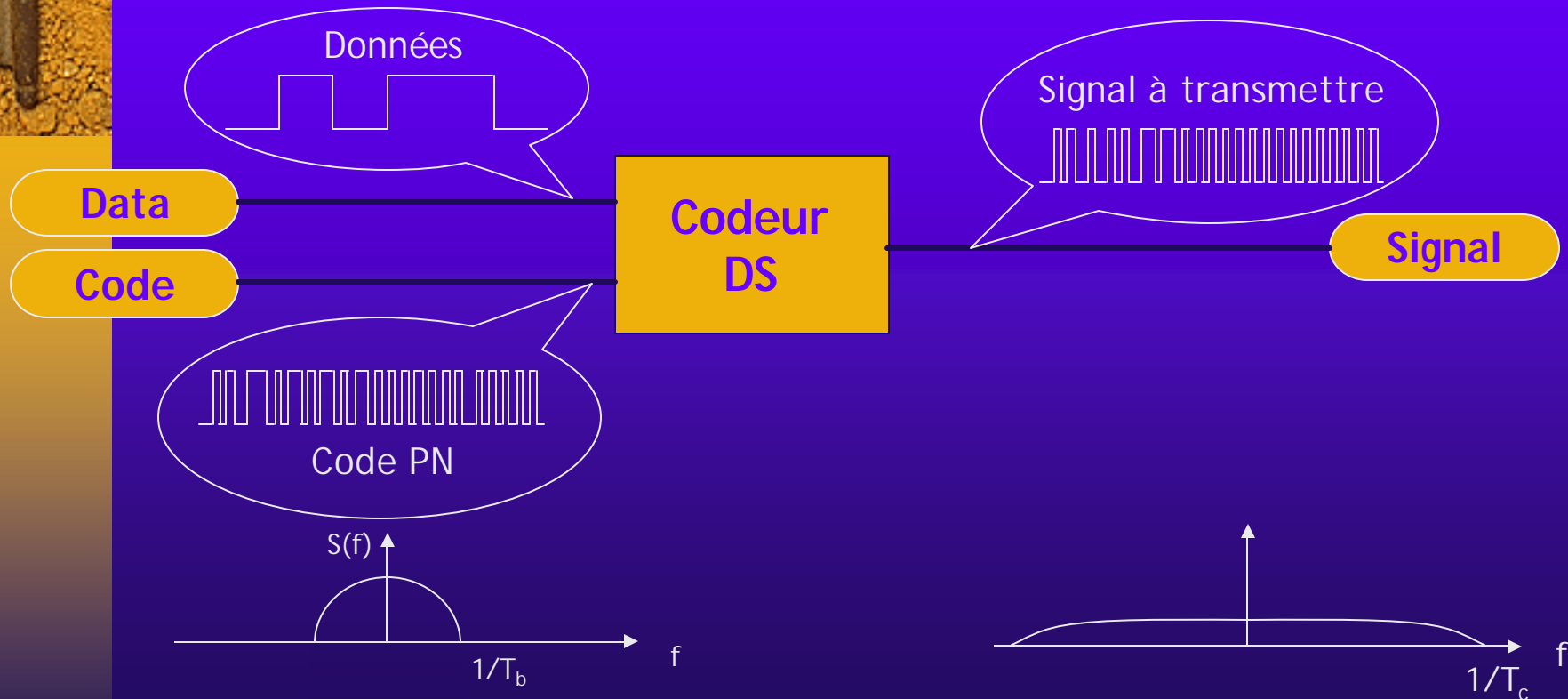


La technologie radio du WLAN

- ◆ Couvrir une zone avec plusieurs bornes impose le choix des canaux pour éviter les interférences
- ◆ Possibilités sur 13 canaux utilisables : 3 bornes au maximum
 - Exemple 1 : 1 – 6 – 11
 - Exemple 2 : 1 – 7 – 13
- ◆ Réglage automatique des canaux ? Dépend de l'environnement. On peut laisser faire d'abord « pour voir » et fixer ensuite lorsque c'est stable.

La technologie radio du WLAN

- ◆ Étalement de spectre, séquence directe
- ◆ Mélange du signal utile avec un signal pseudo aléatoire connu de tous (code de Barker à 11 bits ou CCK)





La technologie radio du WLAN

◆ Avantages:

- Bonne résistance au brouillage
- On ajoute de la redondance d'information
- Bonne réjection des interférences (désétalement)
- Difficile à écouter si on n'a pas le code (pas dans notre cas)

◆ Inconvénients :

- Grande occupation spectrale



La technologie radio du WLAN

- ◆ Et ensuite on module avec des techniques spécifiques des débits possibles ; en 802.11b :
 - 1 Mbit/s = DBPSK (differential binary phase shift keying, modulation à 2 états)
 - 2 – 5,5 – 11 Mbit/s = DQPSK (Q = quadrature, 4 états) avec des changements dans la procédure d'étalement (CCK en intégrant plus de données dans les symboles transmis sur les ondes)
- ◆ Symbole : résultat de l'encodage des données grâce à un polynôme symétrique :
 - $S(x) = x^7 + x^4 + 1$
 - But : rendre les données transportables dans n'importe quel type de modulation
 - Pallier les longues séquences de 1 ou de 0 consécutifs



La technologie radio du WLAN

- ◆ En 802.11g, modulation OFDM :
 - Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 - Utilisée aussi pour l'ADSL
 - Divise une bande de fréquence (ici un canal de 22Mhz) en petites bandes (sous-porteuses)
 - Chacune des bandes peut être considérée comme un émetteur à part entière, c'est donc une parallélisation des flux
 - Sur chaque émetteur on choisit la technique de modulation

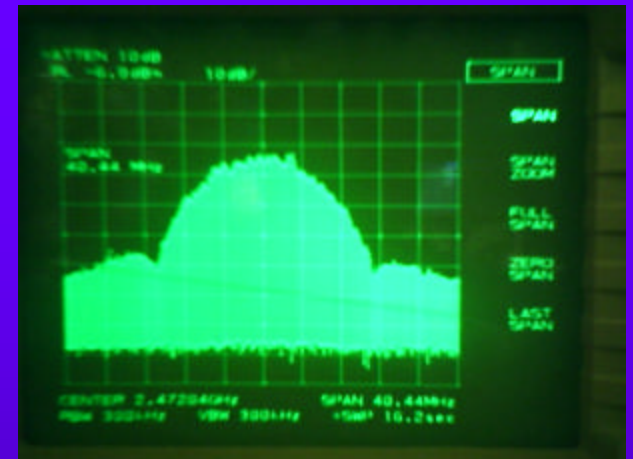


La technologie radio du WLAN

- ◆ 52 sous porteuses dont 48 pour les données, 250000 symboles/seconde sur chaque porteuse, soit 12 Mbit/s pour 1 bit codé par symbole dans la modulation
- ◆ Insertion d'un code correcteur d'erreur par anticipation (FEC) : introduit une perte en débit utile sur débit total pour une meilleure transmission
- ◆ Les débits, les modulations :
 - 6 et 9 Mbit/s : BPSK (1 bit par symbole) + FEC = 1/2, 3/4
 - 12 et 18 Mbit/s : QPSK (2 bits/symbole) + FEC = 1/2, 3/4
 - 24 et 36 Mbit/s : 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation à 16 états) ; 4 bits/symbole + FEC = 1/2, 3/4
 - 48 et 54 Mbit/s : 64-QAM (6 bits/symbole) + FEC = 2/3, 3/4

A quoi ça ressemble ?

- ◆ 802.11b : canal 13, centré sur 2,472 GHz, de largeur 22 MHz sur une fenêtre de 40
- ◆ 802.11g : canal 13 sur une largeur d'écran correspondant à 22MHz



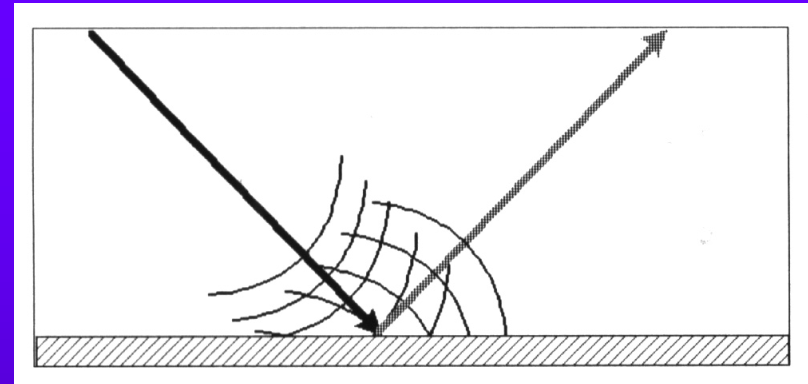


Les ondes électromagnétiques

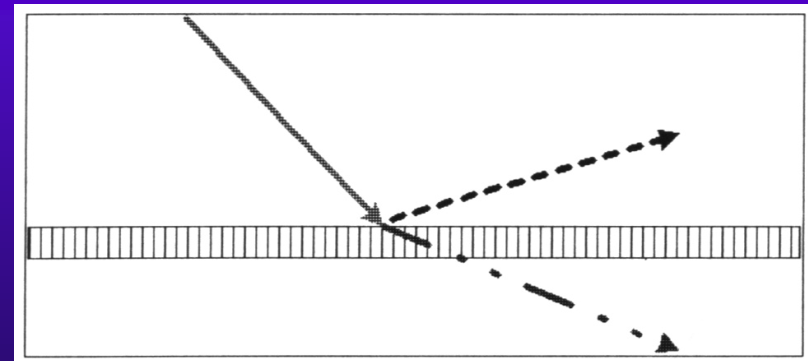
- ◆ Se propagent en ligne droite à partir de l'antenne,
- ◆ De façon homogène dans toutes les directions : modèle des sphères concentriques dans l'espace
- ◆ L'information n'est plus disponible dès qu'on ne sait plus faire une différence nette entre le bruit ambiant et le signal : rapport signal sur bruit
- ◆ Leur intensité s'affaiblit proportionnellement au carré de la distance parcourue naturellement mais...
- ◆ Les obstacles, selon leur nature, sont parfois bien plus significatifs de l'atténuation

Les ondes électromagnétiques

- ◆ Perturbation associées aux obstacles
 - La réflexion

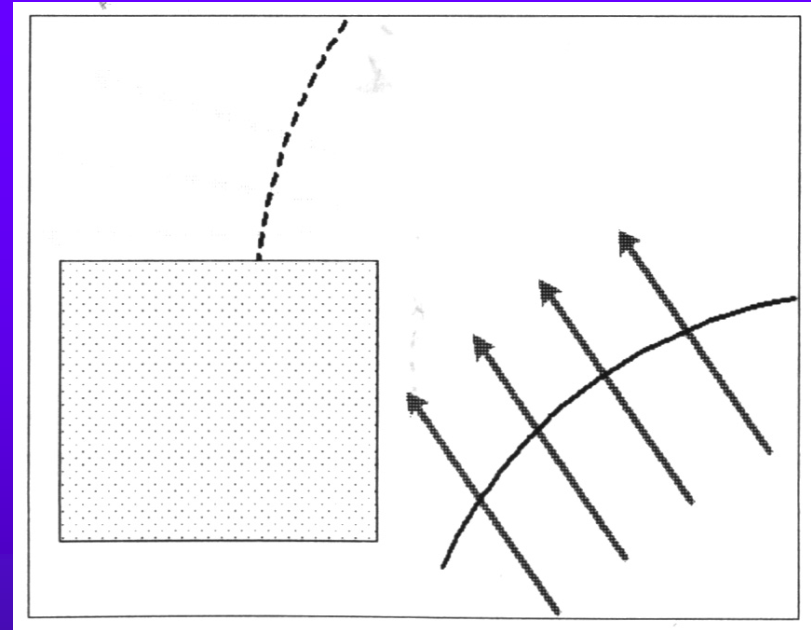


- La réfraction



Les ondes électromagnétiques

- ◆ Perturbation associées aux obstacles :
 - La diffraction
 - La diffusion : multiples réflexions sur une surface non plane dont la taille des aspérités est proche de la longueur d'onde : très difficile à analyser





Les ondes électromagnétiques

◆ Conséquences des perturbations

– Chemin optique de l'onde modifié

- Avantage lorsque cela permet de couvrir une zone non directement vue par l'émetteur
- Avantage lorsqu'une réflexion évite une fuite vers une zone où la couverture est non souhaitée
- Inconvénient lorsque des réflexions parasites d'ondes perturbent la borne qui les émet

– Atténuation du signal, portée limitée



Les ondes électromagnétiques

- ◆ Quelques exemples d'atténuations (en dB)
 - Fenêtre (verre), air humide, plastique : 3
 - Cloison mobile : 6
 - Eau, végétation, animaux : 9
 - Mur de faible épaisseur (type plâtre) : 12
 - Mur porteur (béton), verre blindé, dalle, métal conducteur : 20
- ◆ Le bois sec est assez transparent
- ◆ Ces valeurs donnent des ordres de grandeur et ne font bien sûr pas référence



Les ondes électromagnétiques

- ◆ La polarisation de l'onde
 - Caractéristique du champ électrique E de l'onde
 - Horizontale si E est parallèle à la surface terrestre
 - Verticale si E est perpendiculaire...
 - Pour des transmissions optimales, les antennes doivent être polarisées sur le même axe, leur alignement est donc important
 - La perte associée (PLF : polarization loss factor)
 - $PLF = 10 \times \log(\cos(a)^2)$ en dB
 - Exemple : $a = 45^\circ \rightarrow PLF = 3$
 - Cas des cartes PCMCIA insérées dans les ordinateurs : orienter à l'horizontale des antennes de bornes pour couvrir ce cas... ou à l'oblique si on n'a qu'une borne.

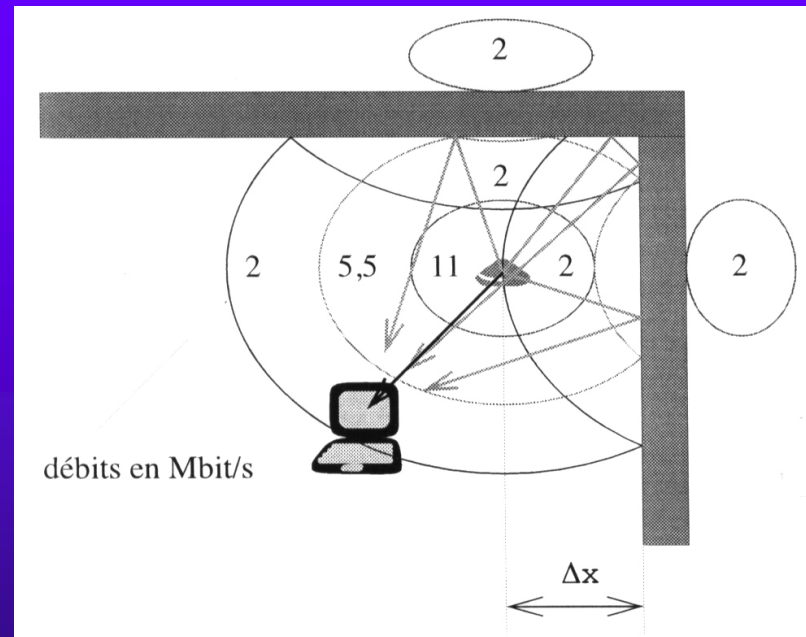


Les ondes électromagnétiques

- ◆ La ligne de visée :
 - Il est plus facile de se parler en se regardant, mais ce n'est pas tout à fait suffisant
 - Pour interconnecter des bâtiments (+ de 100m)
 - Le faisceau d'ondes a un diamètre non négligeable à ces fréquences
 - Entre les 2 antennes, les ondes remplissent une « zone de Fresnel », de forme ellipsoïdale
 - Pour une transmission de bonne qualité, la zone de Fresnel ne doit pas être occultée à plus de 10%
 - Au point milieu entre les 2 antennes éloignées de d , le rayon R de la zone de Fresnel est donné à la fréquence f par :
 - $R = 5,2 \times \sqrt{d / f}$
 - Exemple pour $d = 1000\text{m}$, $R = 3,35\text{m}$ dans la bande 2,4 GHz
 - D'où la hauteur minimale de l'antenne sur un mât
 - Attention à la végétation si on fait l'installation en hiver

Les ondes électromagnétiques

- ◆ Des interférences entre 2 signaux du même émetteur n'ayant pas suivi le même chemin optique peuvent provoquer des zones non couvertes à courte distance de la borne
- ◆ Une forte puissance est défavorable dans ce cas
- ◆ Le choix du type d'antenne peut résoudre une partie du problème





L'antenne

- ◆ Structure capable de transformer un courant électrique en un flux électromagnétique, et inversement
- ◆ C'est un composant passif, concentre les informations à diffuser
- ◆ Possède un gain, propriété d'amplifier le signal électrique initial, en relation avec sa sensibilité en réception
- ◆ Le gain G est exprimé en dBi ($i = \text{isotrope}$)
 - Relatif à une antenne parfaite, émettant dans toutes les directions avec la même intensité
 - $G = 10 \times \log(P_s/P_e) = 10 \times \log(R)$
 - Facteur de puissance $R = 10^{(G/10)}$
 - Exemple : une borne fournissant 50mW à une antenne de 6 dBi génère un signal de sortie de 200mW (PIRE)
- ◆ PIRE = puissance isotrope rayonnée équivalente
 - C'est sur cette puissance que s'applique la limite autorisée par l'ART
 - Limitée à 100mW en France métropolitaine *en intérieur* sur les canaux 1 à 13
 - *En extérieur* : 100mW de 1 à 7, 10 mW de 8 à 13
 - Comment un équipement sans fil sait-il qu'il est dehors ???

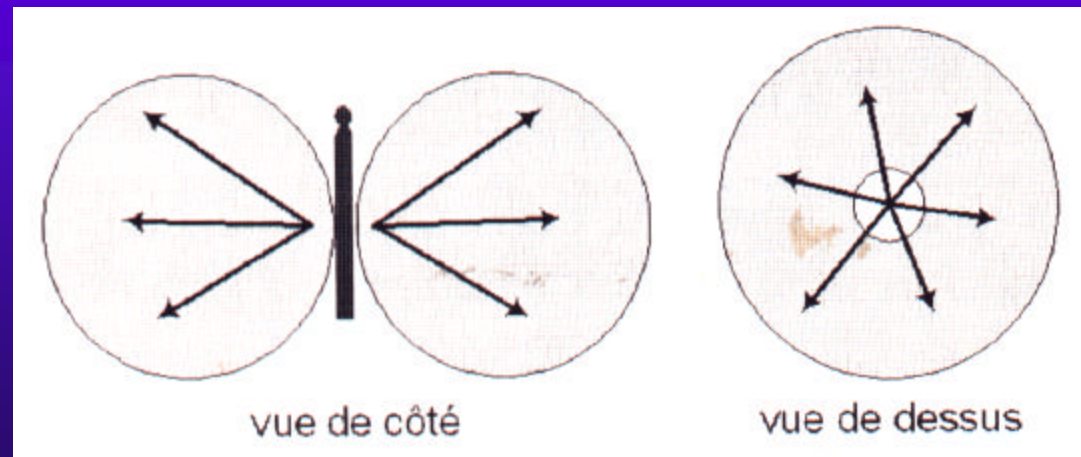
Les antennes

- ◆ Suivant la topologie de placement des bornes, elles peuvent être de plusieurs types:
 - Omnidirectionnelles
 - Simple, livrée bien souvent avec la borne, faible gain, pour l'intérieur
 - Simple, de gain plus important, avec un câble de raccordement à la borne (pour intérieur/extérieur)
 - Double, pour atténuer les phénomènes de perturbation lors de l'émission (absorption, réflexion) ; diminue le taux de paquets erronés. Encore appelée « antenna diversity ». La distance entre les 2 brins rayonnants est fonction de la longueur d'onde du signal porteur.
 - Directionnelles
 - Le gain est optimisé dans une direction particulière
 - Permettent de restreindre les zones de couvertures à des secteurs angulaires plus précis
 - Utilisées pour des visées « longue distance »

Les antennes

◆ Omnidirectionnelle

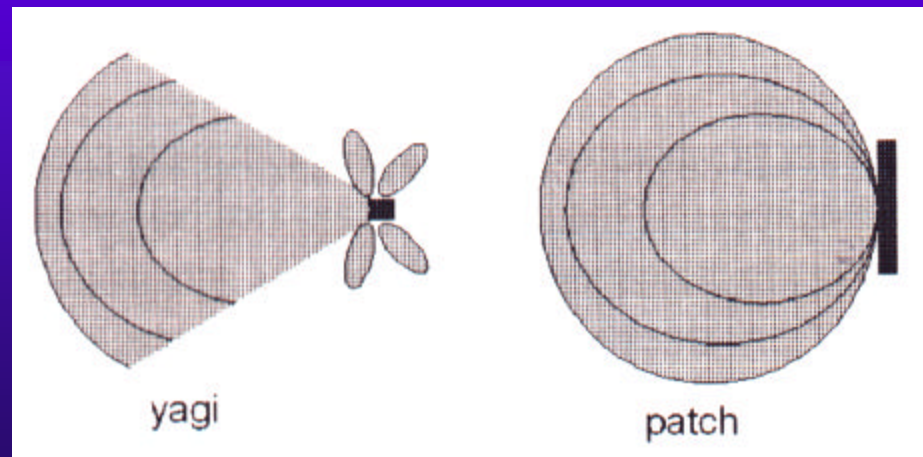
- L'antenne idéale émet de façon égale dans toutes les directions
- Omnidirectionnel s'entend dans le plan horizontal
- Gain de l'ordre de 2 à 3 dBi pour les équipements livrés avec les bornes



Les antennes

◆ Directionnelles

- Patch : idéale lorsqu'on l'applique sur un mur extérieur, évite de fournir le service dehors ($G \sim 5$ à 6 dBi)
- Yagi : divers angles de couverture possibles, utilisée pour les visées « longue distance », fort gain (~ 15 dBi)





Les questions du réseau sans fil

- ◆ Pourquoi faire ?
- ◆ Combien d'utilisateurs concernés ?
- ◆ Quelles sont les zones à couvrir ?
- ◆ Quelle densité d'utilisateurs sur une zone ?
- ◆ Quels terminaux mobiles utilisés ?
- ◆ Pour quelles applications ? Performance ?
- ◆ Quels protocoles réseau ? Sécurité ?
- ◆ Quelles perspectives d'évolution ?



Au laboratoire IXL, les réponses

◆ Pourquoi faire ?

- Offrir un accès sécurisé et pratique aux utilisateurs référencés munis de leur équipement mobile
- Offrir une facilité de connexion aux visiteurs avec machines portables sur un réseau isolé du laboratoire avec une sécurité **indépendante des matériels portables**

◆ Combien d'utilisateurs concernés ?

- Environ 70 ordinateurs portables recensés
- Une vingtaine équipés WLAN
- Quelques PDA



Au laboratoire IXL, les réponses

- ◆ Quelles sont les zones à couvrir ?
 - Toutes les salles de réunion en priorité (5)
 - Les espaces paysagers (voir plan)
- ◆ Quelle densité d'utilisateurs sur une zone ?
 - Pas plus de 5 en moyenne actuellement
 - Prévoir une zone couverte par plusieurs points d'accès pour les colloques (par exemple le hall, la cafétéria)
- ◆ Quelles applications ?
 - Accès Internet, messagerie, transferts de faible volume
 - Pas de service sur les machines WLAN



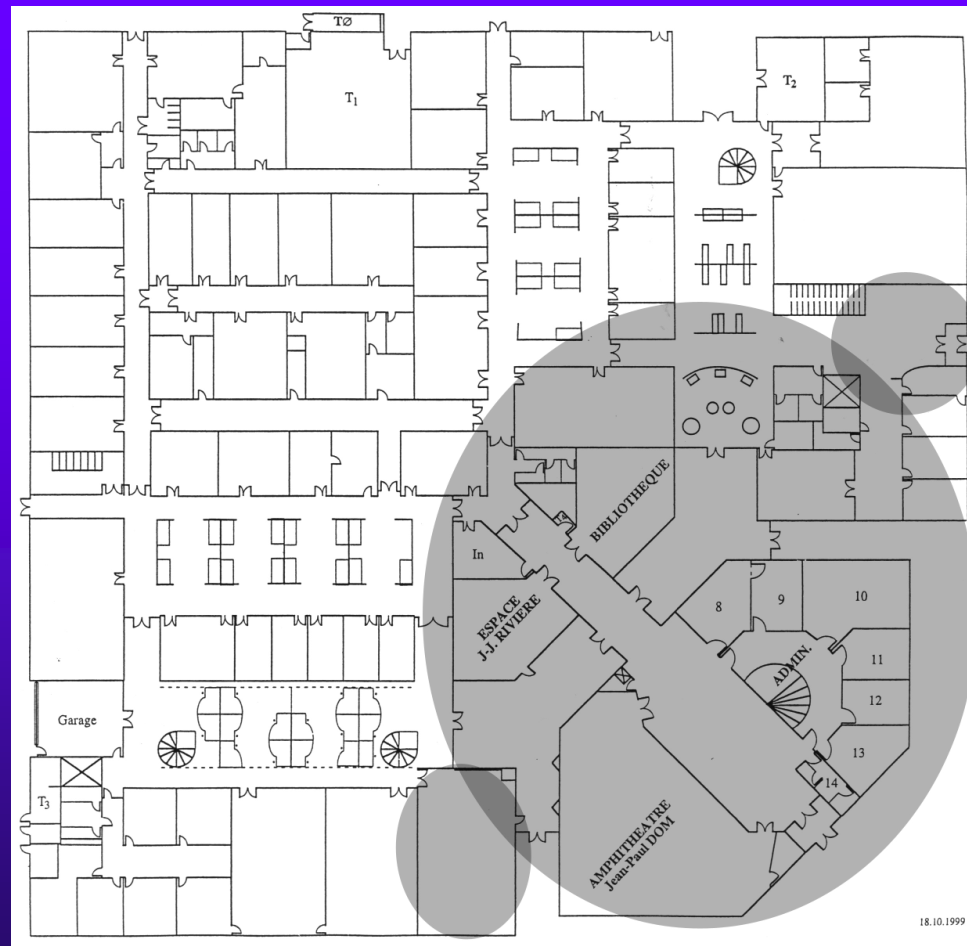
Au laboratoire IXL, les réponses

- ◆ Quels protocoles réseau ? Sécurité ?
 - Pour les personnels, accès aux ressources internes depuis un/des VLAN dédié(s), sécurisation avec WPA
 - Pour les visiteurs, on laisse sortir presque tout, on ne laisse rien rentrer, accès au réseau par authentification radius-mac et https : chillispot
- ◆ Quelles perspectives d'évolution ?
 - Téléphonie WIFI

Le labo IXL



Zones à couvrir initialement





La méthode employée

- ◆ La maquette de test :
 - Une borne HP AP420, compatible 802.11 b et g
 - Une antenne omnidirectionnelle de gain 4,4 dBi sur mât (2m)
 - Un ordinateur équipé d'un service FTP, raccordé à la borne
 - Un ordinateur portable équipé du chip Intel 2200BG et du client FTP Filezilla
- ◆ Principe : lancer le transfert FTP d'un gros fichier (1 Go) pour garantir une connexion toujours active pendant les mesures
- ◆ La mesure ne peut être faite qu'en ayant laissé l'électronique radio se stabiliser lorsqu'on vient de se déplacer vers un nouveau point de mesure (10 à 20 secondes)
- ◆ Se placer dans des endroits et à une hauteur courants (assis à un bureau devant la machine par exemple)



La méthode employée

◆ Propriétés :

- Le débit est sans cesse renégocié dans les déplacements
- L'indicateur de débit de Filezilla est utilisé comme référence de mesure
 - Une mesure proche de la borne donne la référence de débit max (1,7Mo/s en mode g, 630ko/s en mode b avec le PC mobile utilisé)
 - On peut fixer des critères de débit en dessous desquels on estime la qualité de connexion insuffisante (ex : 630ko/s en mode g)
- Une perte de connexion est tout de suite visible (le compteur d'octets transférés se fige), on identifie comme ceci les problèmes de transmission liés à la structure du bâtiment



La méthode employée

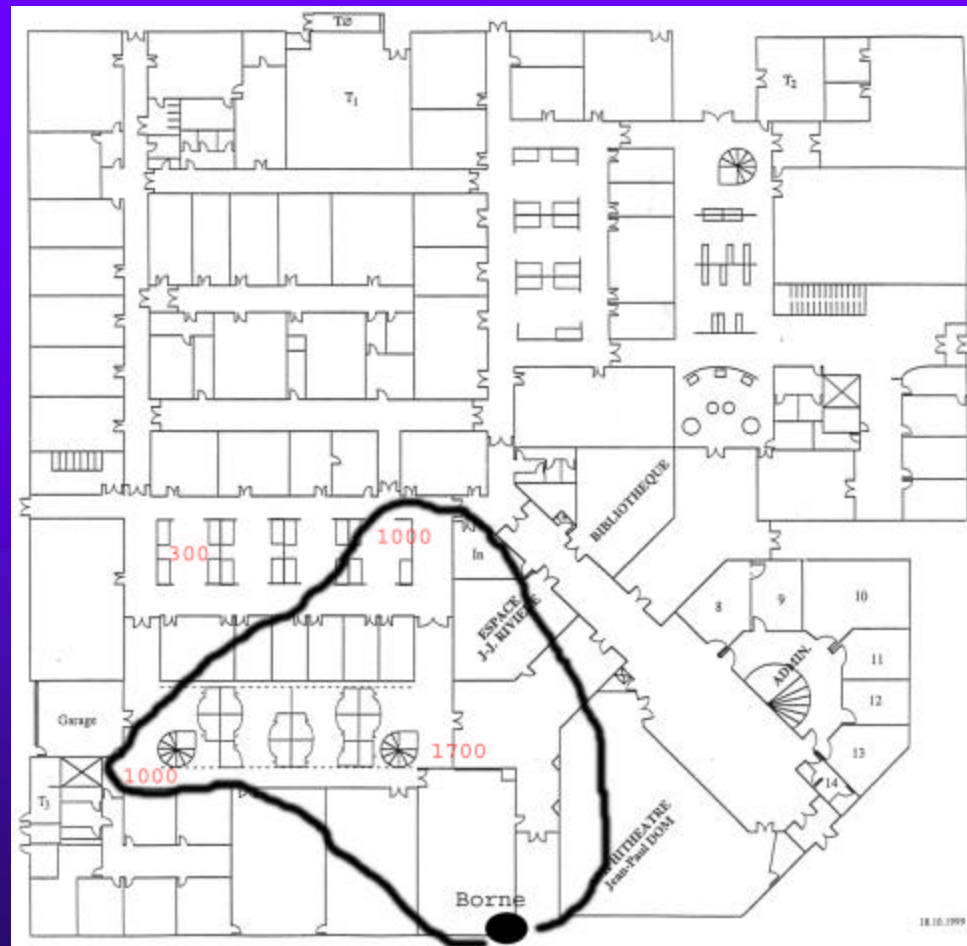
- ◆ Il faut bien commencer quelque part...
 - Positionner la borne en limite d'une zone qu'on souhaite couvrir en priorité (ex : salle de réunion)
 - Déplacer le poste portable et en fonction des critères choisis, déterminer la zone de couverture associée à ce placement
 - Déterminer dans cette zone le 2^{ème} point d'implantation de la borne mobile
 - On sait que le premier point sera couvert
 - Parmi les possibilités d'implantation, les critères liés au(x) bâtiment(s) interviennent : accès au réseau filaire, espace dégagé pour l'antenne (loin d'un coin), environnement peu absorbant, minimiser les « fuites » vers l'extérieur (ne pas polluer le LabRI est aussi un critère ;-)



La méthode employée

- ◆ La modulation radio utilisée en 802.11g est plus complexe qu'en 802.11b
- ◆ Mode g beaucoup plus sensible aux perturbations en amplitude et en phase du signal
- ◆ → critère supplémentaire : forcer la borne en mode g pour définir la zone de couverture
- ◆ Quand ça marche en g, ça marche en b

Sur le plan : 1^{ère} implantation





La méthode employée

- ◆ Après avoir choisi le 2^{ème} emplacement, recommencer les mesures pour définir la zone de couverture associée
- ◆ Tenir compte d'éventuelles symétries du bâtiment
- ◆ Pour assurer une continuité de couverture correcte, faire chevaucher 2 zones sur 20 à 30% de leur surface (difficile en environnement perturbé, la forme des zones étant rarement régulière ; raisonner plutôt sur les chemins empruntés par les stations mobiles)

Sur le plan : 2^{ème} implantation





Constatations

- ◆ L'implantation dans l'espace paysager dégagé permet aussi la couverture de l'étage
- ◆ Le placement d'une borne symétriquement permet de couvrir l'autre annexe (cafétéria)
- ◆ Les 2 zones se recouvrent : favorable au critère de la zone « colloques »
- ◆ Les mesures au niveau du hall d'entrée montrent une étanchéité importante de cette partie (les bureaux 11, 12, 13 de l'étage sont aveugles, même en mode b): adjonction d'une borne nécessaire dans le secrétariat
- ◆ Donc une zone couverte par 3 bornes : c'est le maximum pour le réglage des canaux (ex : 1-7-13)

Le labo IXL





Ressources utiles

- ◆ IEEE 802.11 Handbook (ISBN 0-7381-1855-9)
- ◆ Logiciel NetStumbler : identifier les bornes
<http://www.stumbler.net>
- ◆ Wi-Fi : maîtriser le réseau sans fil (ISBN 2-7460-2054-8)
- ◆ http://deptinfo.cnam.fr/Enseignement/Cycle_Probatoire/SRI/Reseaux/cours_wifi.pdf