

# *MOOC Réseaux Locaux*

## *Le réseau local Wi-Fi*

### **La couche radio**

#### **Objectifs**

Cette leçon a pour but de présenter les techniques les plus marquantes utilisées dans la couche physique de Wi-Fi.

#### **Prérequis**

Bonne connaissance des réseaux locaux. Notions de transmission et modulation.

#### **Connaissances**

Principales variantes de la couche physique de Wi-Fi.

#### **Compétences**




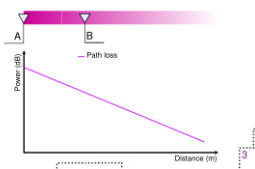
Analyser les principales solutions de la couche physique de Wi-Fi.

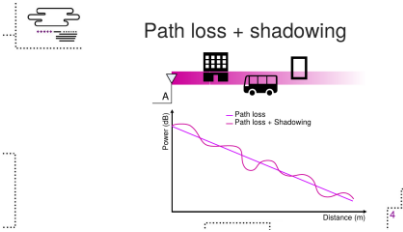
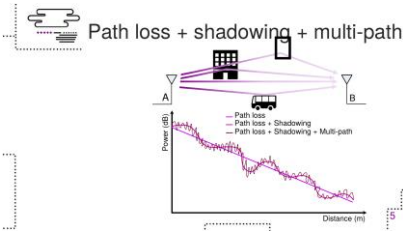
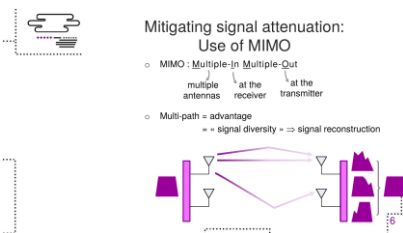
#### **Évaluation des connaissances**

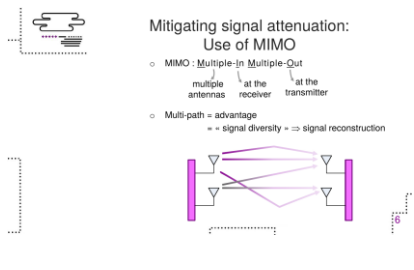
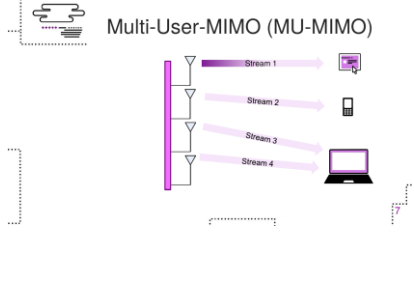
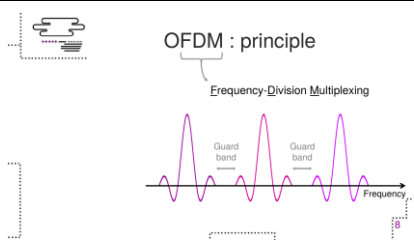
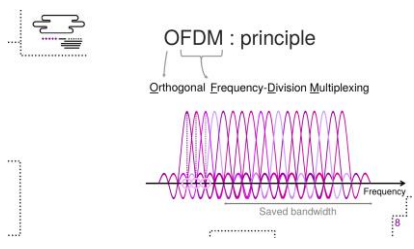
Description de la couche physique de Wi-Fi.



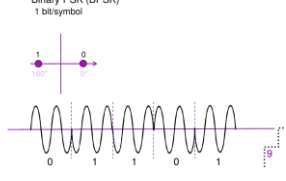

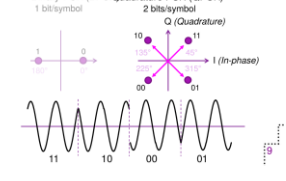

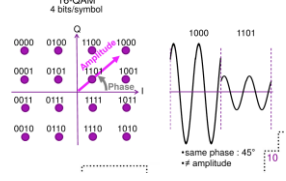
#### **Évaluation des compétences**


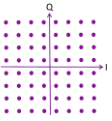
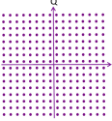

Analyse de la couche physique de Wi-Fi.

 <p><b>Wi-Fi</b> Wi-Fi physical layer</p> <p>Naouel Ben Salem Grati</p>	<p>Dans cette leçon, nous allons décrire le fonctionnement de la couche physique de Wi-Fi.</p> <p>Il est à noter que depuis 20 ans qu'il existe, le Wi-Fi a évolué pour s'adapter aux besoins des utilisateurs et ceci principalement à travers l'amélioration des techniques utilisées au niveau de sa couche physique.</p> <p>Nous ne pouvons malheureusement pas décrire toutes ces techniques mais nous allons présenter quelques solutions innovantes utilisées dans les versions les plus récentes de Wi-Fi.</p>
 <p><b>Objectives</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signal attenuation mitigation</li> <li>○ Frequency band optimization</li> <li>○ Modulation techniques</li> </ul> <p>bitrates</p>	<p>Nous allons d'abord décrire le phénomène d'atténuation du signal dont toutes les transmissions sans fils souffrent et expliquer comment les nouvelles versions de Wi-Fi arrivent à contourner ce problème.</p> <p>Nous allons ensuite expliquer comment, à travers l'utilisation optimisée de la bande de fréquence et l'implémentation de techniques de modulation efficace, il est possible pour la couche physique de Wi-Fi d'offrir de débits de plus en plus importants.</p> <p>Nous commençons d'abord par décrire le phénomène l'atténuation du signal.</p>
 <p><b>Signal attenuation: path loss</b></p> 	<p>Quand une station A émet un signal, ce signal se propage et s'atténue avec la distance.</p> <p>Ce phénomène s'appelle affaiblissement de parcours ou "path loss" en anglais et il est illustré sur cette courbe où on représente la puissance du signal en fonction de la distance.</p> <p>Si la station réceptrice B est assez proche de A, elle va recevoir un signal de bonne qualité et donc comprendre le message que A lui a envoyé.</p> <p>Si B s'éloigne de A le signal reçu s'affaiblira de plus en plus jusqu'à ce que B ne puisse plus l'interpréter convenablement ou qu'il ne puisse même plus le recevoir.</p>

	<p>A ce phénomène d'affaiblissement de parcours vient s'ajouter le phénomène de "fading" qui est dû à la présence d'obstacles.</p> <p>La première conséquence de la présence d'obstacles est ce qu'on appelle en anglais le "shadow fading" ou le "shadowing".</p> <p>Les obstacles entre la source et la destination créent des zones d'ombre qui affectent la propagation normale du signal et créent donc des fluctuations d'un endroit à un autre.</p> <p>Le "shadowing" va donc faire que l'atténuation effective du signal ne soit pas aussi régulière que la courbe précédente l'indiquait mais qu'elle ressemblera plutôt à ce qui est indiqué dans cette nouvelle courbe.</p>
	<p>La présence de ces obstacles va avoir un second effet qui est l'effet des chemins multiples ou "multi-path".</p> <p>En effet, quand il rencontre un obstacle le signal va être dévié et la destination va finir par recevoir plusieurs versions de ce signal qui sont plus ou moins atténuées et avec un léger décalage.</p> <p>Ceci ajoutera à l'atténuation du signal et fera que notre courbe ressemblera en pratique à cette nouvelle courbe. Ces deux derniers phénomènes le "shadowing" et le "multi-path" doivent être spécialement pris en compte lorsqu'on monte en fréquence quand on utilise la bande de fréquences de 5 giga hertz ou celle des 60 giga hertz par exemple parce que même les obstacles les plus petits vont avoir un effet sur la qualité de la communication.</p> <p>Il est donc clair que la couche physique de Wi-Fi doit faire en sorte de réduire l'effet de l'atténuation du signal lors des transmissions mais, en fait, Wi-Fi va faire plus que ça en exploitant ce phénomène et en transformant ainsi une faiblesse potentielle en une force.</p>
	<p>Et ce à travers l'utilisation de la technique MIMO (Multiple In Multiple Out).</p> <p>Cette technique se base sur l'existence de plusieurs antennes à la source et à la destination et elle considère que le phénomène de "multi-path" est un atout vu qu'il offre ce qu'on appelle une diversité du signal, c'est-à-dire, qui va permettre à la destination de recevoir plusieurs versions du même signal, et même si ces</p>

	<p>différentes versions sont atténuées, l'atténuation ne va pas être la même d'un signal à un autre ; il sera donc possible pour la destination de combiner ces versions pour reconstituer le signal d'origine envoyé par la source.</p>
	<p>MIMO permet aussi d'utiliser ces antennes multiples pour envoyer plusieurs flux en parallèle permettant ainsi d'augmenter la capacité de liens de communication entre la source et la destination.</p> <p>Dans la version mono utilisateur de MIMO qui est représentée ici, on n'a qu'une destination pour les flux de la source.</p>
	<p>Mais il est aussi possible d'avoir de flux destinés à plusieurs clients dans ce cas on parle de MIMO multi utilisateur.</p> <p>Pour expliquer comment la couche physique de Wi-Fi optimise l'utilisation de la bande de fréquence, nous allons expliquer le principe de base d'une des techniques de transmission les plus utilisés dans Wi-Fi qui est l'OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).</p>
	<p>Cette méthode se base sur le principe du multiplexage par répartition de fréquences FDM qui divise l'espace de fréquences disponibles en sous bandes de fréquence appelées sous porteuses qui sont utilisés pour envoyer les flux de données en simultané.</p> <p>Pour éviter les interférences, ces sous porteuses ne doivent pas être collées les unes aux autres mais devraient être séparées d'une étroite bande de fréquence appelée "guard band". Ceci réduit de façon très importante l'espace de fréquences qu'on peut utiliser pour transférer les informations des utilisateurs.</p>
	<p>OFDM vient résoudre ce problème en utilisant ce qu'on appelle de fréquences orthogonales. Le principe de base est expliqué dans cette figure: bien que ces trois sous porteuses soient partiellement recouvrantes, on remarque que les pics des signaux envoyés sur chacune de ces sous porteuses correspondent à des fréquences où les signaux des sous porteuses avoisinantes s'annulent. On peut ainsi optimiser l'utilisation de la bande passante et envoyer plus de données à la fois augmentant ainsi les débits effectifs.</p>

 <h3>Objectives</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>Signal attenuation mitigation <ul style="list-style-type: none"> <li>MIMO</li> </ul> </li> <li>Frequency band optimization <ul style="list-style-type: none"> <li>OFDM</li> </ul> </li> <li>Modulation techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>PSK</li> <li>QAM</li> </ul> </li> </ul> <p>↑ bitrates</p>	<p>L'utilisation de MIMO et d'OFDM permettent d'augmenter les débits dans Wi-Fi mais ce ne sont pas les seuls mécanismes prévus pour cela.</p> <p>En effet, les techniques de modulation utilisées par la couche physique de Wi-Fi qui sont PSK et QAM sont destinées à optimiser l'envoi des données et permettent donc d'améliorer les vitesses de transmission.</p>
 <h3>Modulation: Phase Shift Keying (PSK)</h3> <p>Binary PSK (BPSK) 1 bits/symbol</p> 	<p>Dans la version basique de PSK, qui est le PSK binaire (BPSK), et qui est représenté dans cet exemple, on peut utiliser un signal de face 0 degré pour représenter un 0, et un signal de 180 degrés pour représenter 1, cela donne donc la forme suivante au message : 0-1-1-0-1.</p> <p>Dans le PSK binaire il s'agit donc de faire varier la phase de 180 degrés ce qui nous permet de coder un bit par symbole, on a donc un 0 ou un 1.</p>
 <h3>Modulation: Phase Shift Keying (PSK)</h3> <p>Binary PSK (BPSK) 1 bits/symbol    Quadrature PSK (QPSK) 2 bits/symbol</p> 	<p>Si on veut coder deux bits par symbole on doit donc passer au PSK en quadrature (QPSK) où il ne s'agit plus de faire varier la phase de 180 degrés mais plutôt de la faire varier de 90 degrés. Comme indiqué dans cet exemple pour représenter les bits 1-1 on envoie un signal de phase 45 degrés 1-0 va donc correspondre à un chiffre de 90 degrés et donc à une phase de 135 degrés et ainsi de suite.</p> <p>Donc même si on ne change rien au niveau de la bande passante il est possible de doubler les débits rien qu'en utilisant en QPSK au lieu de BPSK parce que chaque symbole représente désormais deux bits au lieu d'un seul.</p>
 <h3>Quadrature Amplitude and phase Modulation (QAM)</h3> <p>16-QAM 4 bits/symbol</p> 	<p>On peut faire encore mieux avec la technique QAM (« Quadrature Amplitude and phase Modulation ») qui joue sur les variations aussi bien de la phase que de l'amplitude du signal ce qui permet de coder plus de bits par symbole.</p> <p>Cet exemple présente la technique 16-QAM qui permet de coder 4 bits par symbole.</p> <p>On peut voir par exemple que les bits 1-1-0-1 et 1-0-0-0 ont la même phase qui est de 45 degrés mais pas la même amplitude, 1-0-0-0 va donc être codé avec un signal de phase 45 degrés et de forte amplitude alors que 1-1-0-1 va être codé avec un signal toujours de 45 degrés mais de faible amplitude.</p>

 <p>Quadrature Amplitude and phase Modulation (QAM)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>64-QAM 6 bits/symbol</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>256-QAM 8 bits/symbol</p>  </div> </div>	<p>Le même principe peut être appliqué pour mettre en œuvre les techniques 64-QAM et 256-QAM qui permettent de coder, respectivement, 6 et 8 bits par symbole.</p>
 <p>Summary</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mitigation of the effects of signal attenuation <ul style="list-style-type: none"> <li>• MIMO</li> </ul> </li> <li>○ Frequency band optimization <ul style="list-style-type: none"> <li>• OFDM</li> </ul> </li> <li>○ Increasing bitrates: modulation techniques <ul style="list-style-type: none"> <li>• PSK</li> <li>• QAM</li> </ul> </li> </ul>	<p>Dans cette leçon nous avons expliqué le phénomène d'atténuation du signal et expliqué comment la technique MIMO l'exploite ; nous avons ensuite expliqué comment le principe d'OFDM permet d'optimiser l'utilisation de la bande de fréquence ; enfin, nous avons présenté les techniques de modulation PSK et QAM et illustré comment ces techniques sont utilisées pour augmenter les débits.</p>