

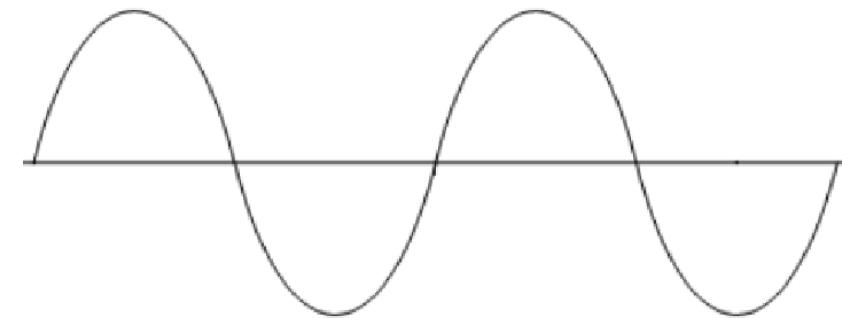
Modulation

Sommaire

- Rappel Modulation
- Modulation 802.11
- Propagation 802.11
- Bilan de liaison

Modulation: Rappel

- La transmission hertzienne véhicule l'information par une onde appelée porteuse.
- Ce signal propage une information de forme analogique, constituée de seulement deux niveaux : **0 et 1**
- C'est par une modulation de la porteuse que le signal deviendra significatif



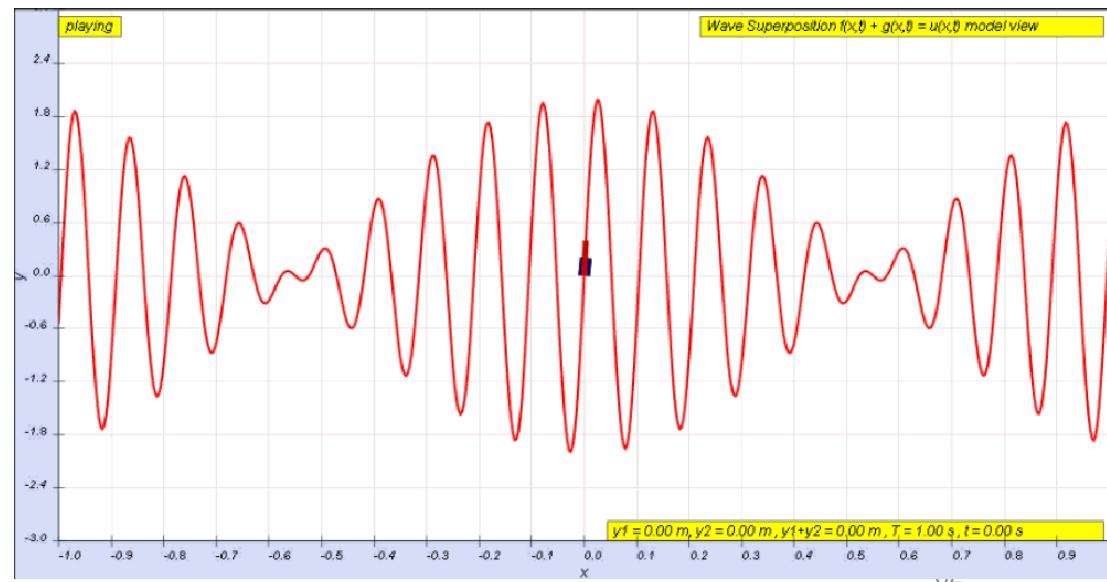
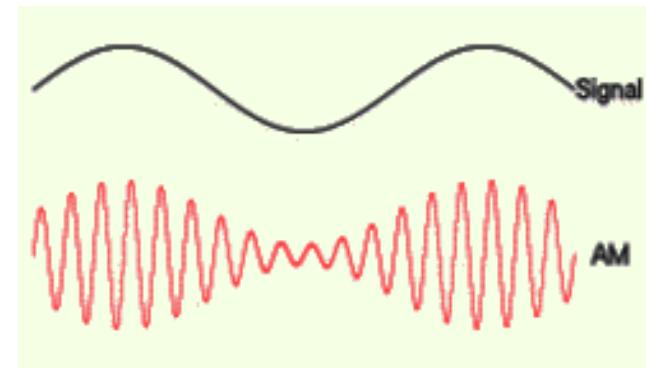
La porteuse

Modulation: Rappel

□ Modulation d'amplitude

□ Consiste à faire varier l'amplitude
AM (Amplitude Modulation)

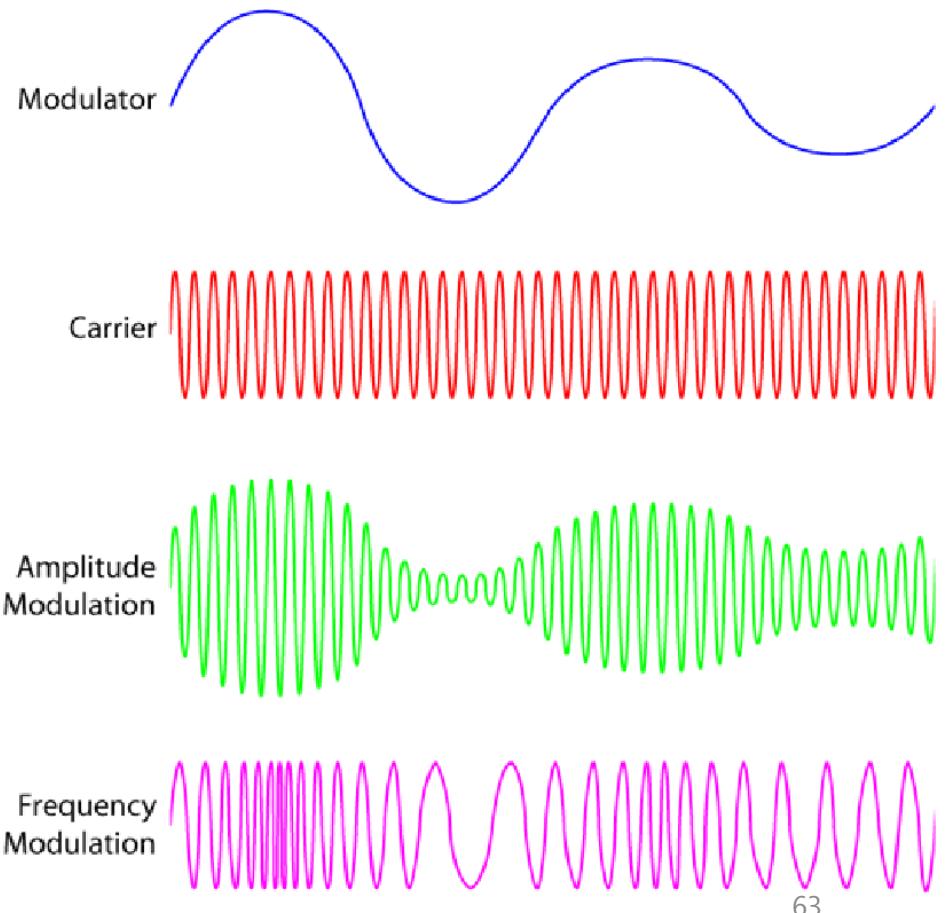
□ On l'utilise pour les communications longues distances, à basses fréquences et puissances élevées, comme en téléphonie.



Modulation: Rappel

□ Modulation de Fréquence

- Consiste à faire varier la fréquence
FM (Frequency Modulation)
- Présente une très bonne résistance aux interférences
- Elle nécessite également moins de puissance que le AM
- Utilisé pour les transmissions de télévision et de radio stéréo.

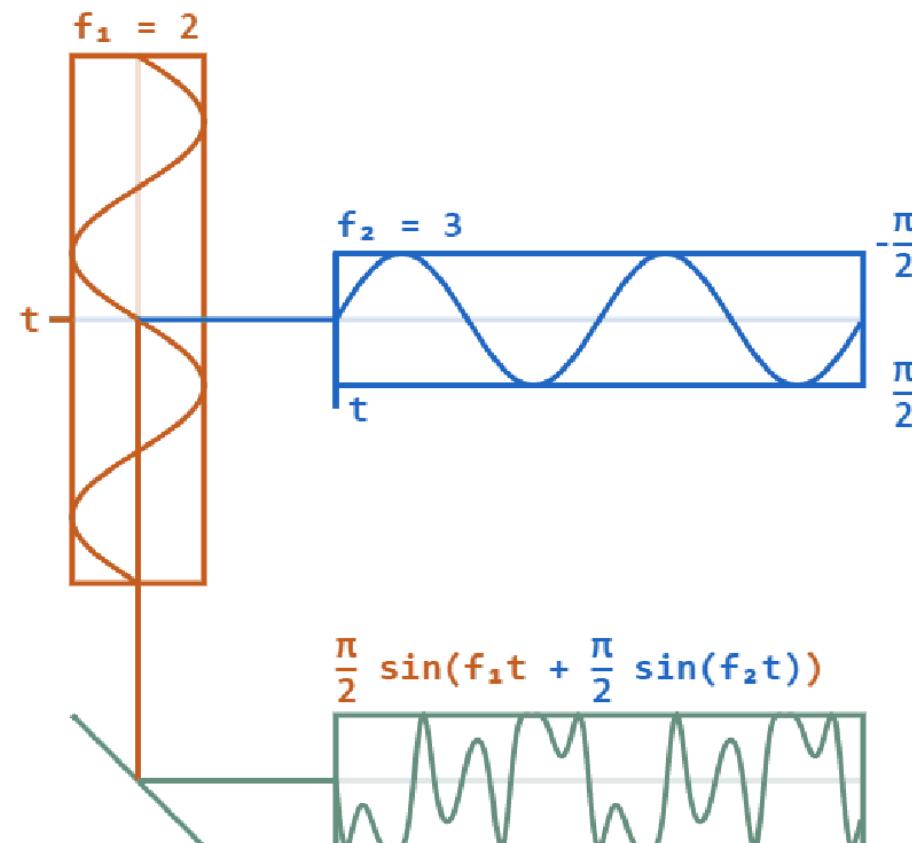


Modulation: Rappel

□ Modulation de Phase

□ Consiste à modifier la Phase
PM (Phase Modulation)

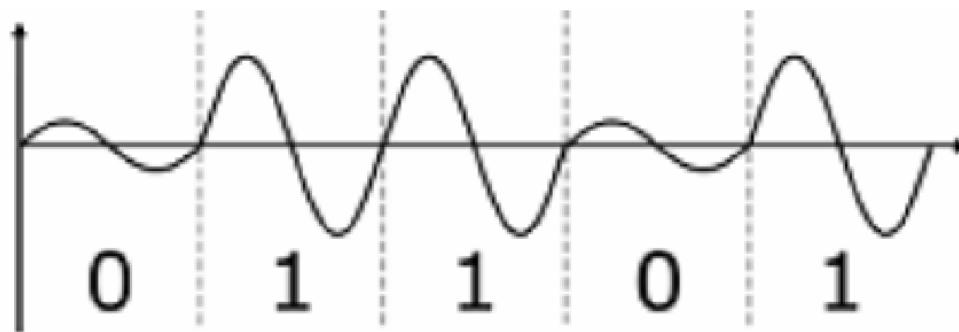
□ Elle est particulièrement
indiquée dans les
transmissions numériques.



Modulation Numérique

□ ASK (Amplitude Shift Keying)

- Le signal indiquant le "0" a pour amplitude la moitié de celui du "1".

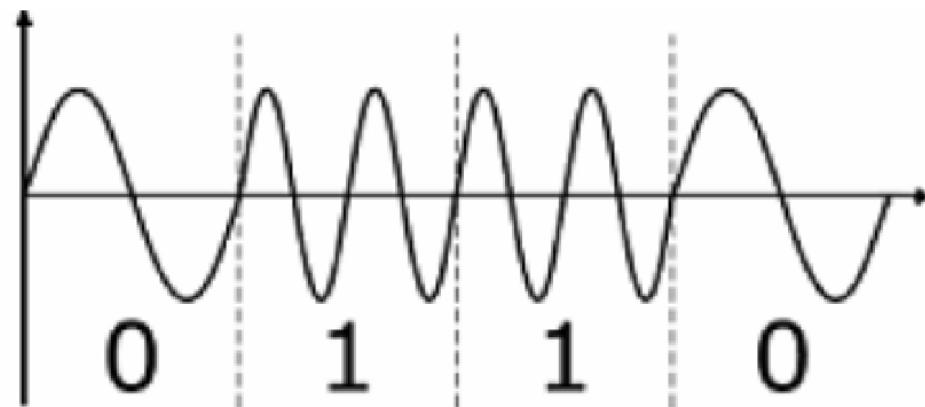


Codage ASK

Modulation Numérique

□ FSK (Frequency Shift Keying)

- La fréquence indiquant le "0" peut être la moitié de celle du "1"



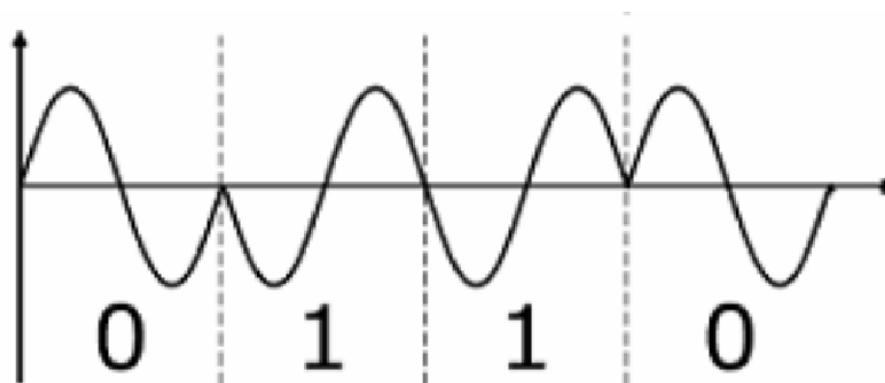
Codage FSK

Modulation Numérique

□ PSK (Phase Shift Keying)

- En PSK deux solutions sont utilisées

1. Dans la première, un **même état du signal** indique toujours la **même valeur**



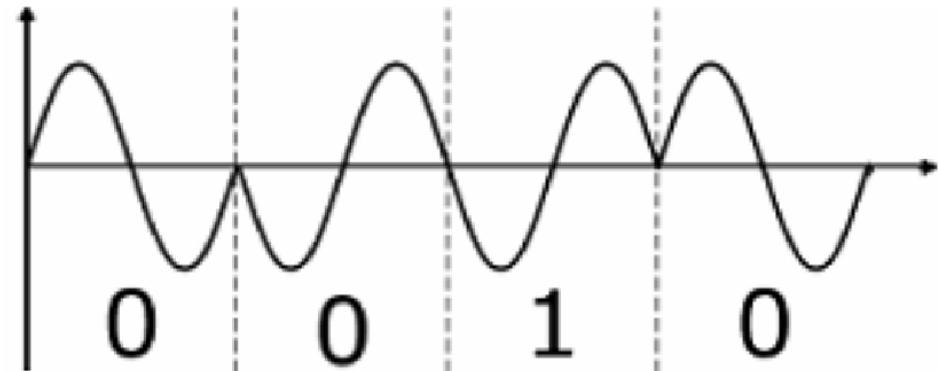
Codage PSK, avec phase correspondant à la valeur binaire

Modulation Numérique

□ PSK (Phase Shift Keying)

2. Dans la seconde, la convention peut indiquer qu'un changement de phase marque une valeur "0", et qu'une absence de changement est un "1" «

□ Cette méthode de codage différentiel (Differential PSK) est utilisée par la technologie WiFi.



Codage Differential PSK, avec changement de phase pour le 0

Modulation Numérique: Notion de valence

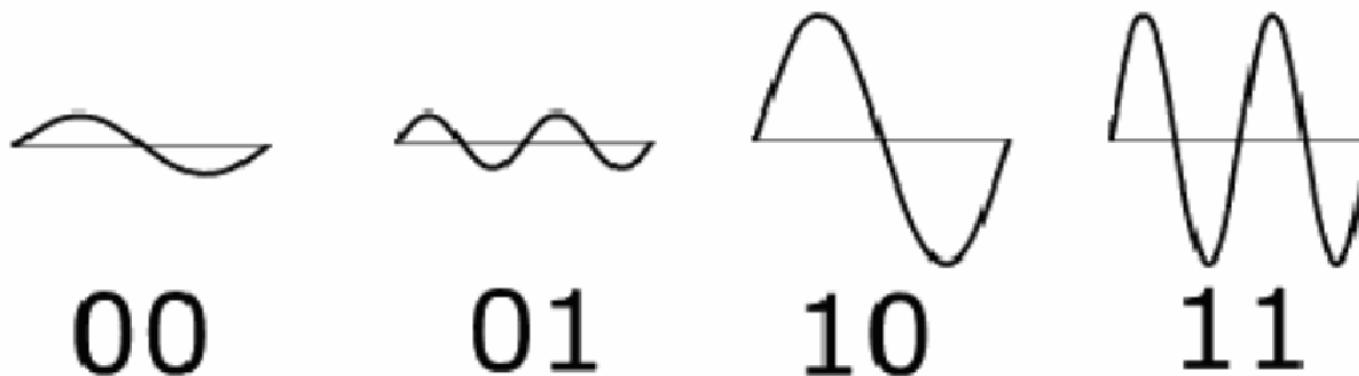
- Les modulations déjà vues ne transmettent qu'un seul bit à chaque période, soit deux états possibles. Elles sont qualifiées de **bivalentes**
- La notion de **valence** précise le nombre d'états que peut avoir un signal
- **Exemple!** Si la fréquence de la porteuse est de 1Hz, soit une période d'une seconde, les modulations déjà vues transmettent à 1 bit par seconde (1 bps), correspondant à 2 bauds (2 états par seconde)
- Pour permettre des débits plus rapides à une fréquence donnée, il est nécessaire d'augmenter la valence. **Ex** si un codage permet de transmettre 2 bits à chaque période, 2^2 états, soit quatre (quadrivalence) sont possibles
- Une modulation regroupant plusieurs bits est appelée un **symbole**.

Modulation: Les combinaisons de modulation

Les combinaisons simples

1. Combiner la modulation d'amplitude et de fréquence:

- 4 niveaux au moins peuvent être définis

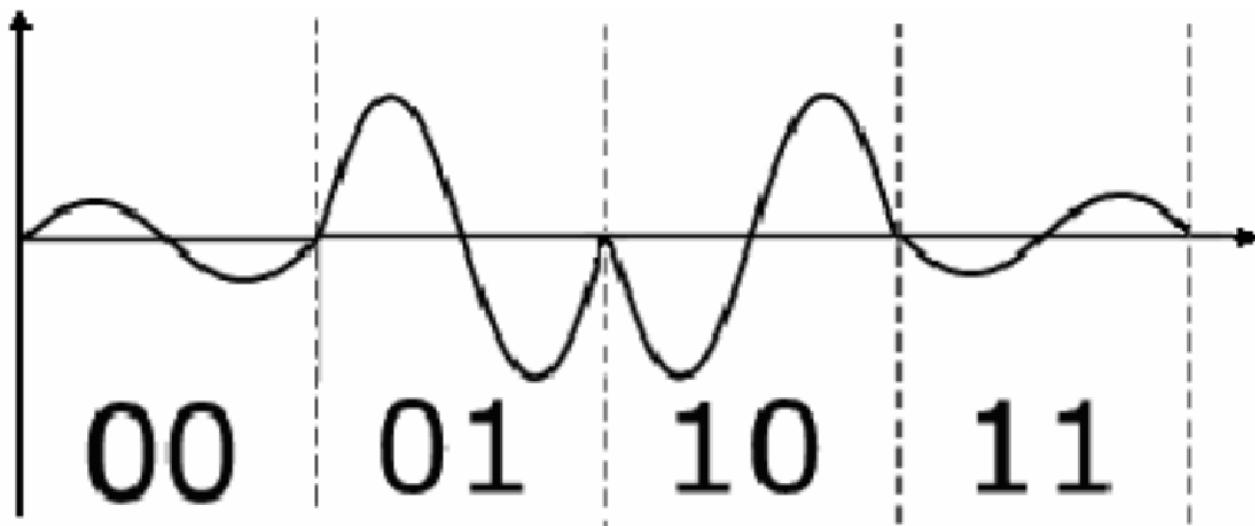


Codage en quadrivalence, utilisant modulation de fréquence et d'amplitude

Modulation: Les combinaisons de modulation

□ Les combinaisons simples

2. Fixer la fréquence et combiner la modulation d'amplitude et la modulation de phase:



Combinaison de phase et d'amplitude pour quadrivalence

Modulation: Les combinaisons de modulation

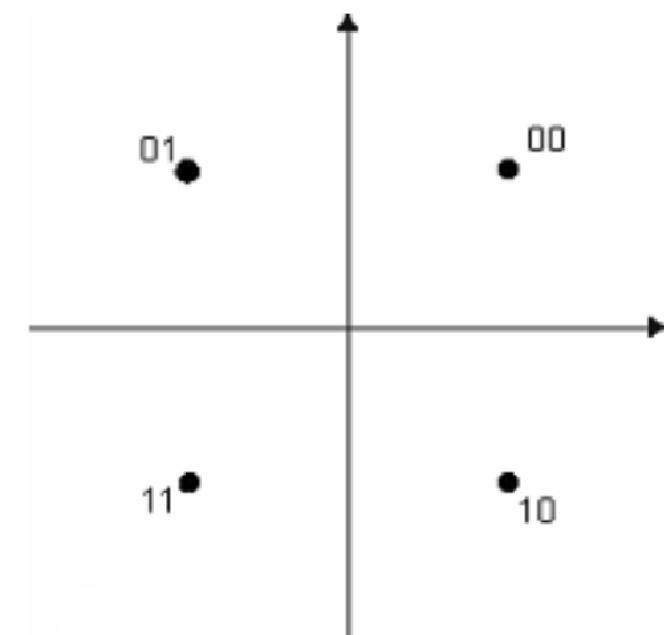
□ Les combinaisons avec quadrature (QPSK)

- Pour gagner en vitesse de transmission, une technique consiste à utiliser plusieurs porteuses de même fréquence, mais déphasée de 90° (quadrature)
- Additionnées, elles donneront une unique porteuse à 4 états
- Cette méthode de modulation appelée **Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)**
- Peu sensible aux interférences et permet de reconstituer l'information, même si le bruit est important.

Modulation: Les combinaisons de modulation

□ Les combinaisons avec quadrature (QPSK)

Valeur binaire transmise	Phase de la 1 ^{ère} sous-porteuse	Phase de la 2 ^e sous-porteuse
00	0°	0°
01	180°	0°
10	0°	180°
11	180°	180°



□ Un graphique en 2 dimensions, dont chaque axe représente une sous-porteuse, permet de visualiser ces valeurs

Quadrature à 4 états

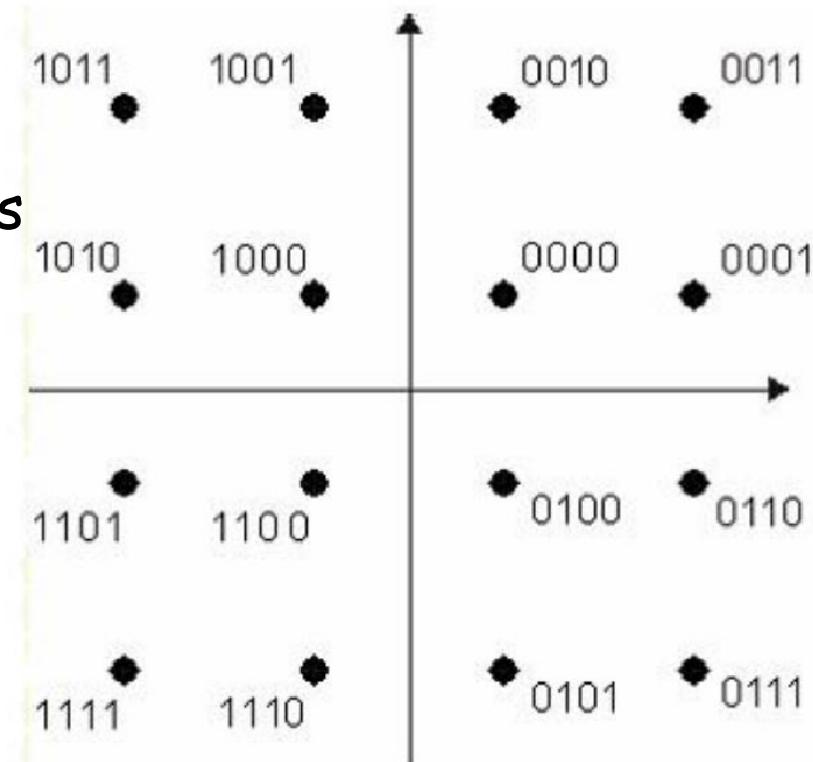
Modulation: Les combinaisons de modulation

- Les combinaisons avec quadrature (QAM)
- Le nombre de bits codés par symbole peut être augmenté par combinaison de sous-porteuses et de modulation d'amplitude
- Cette technique est appelée Quadrature Amplitude Modulation (QAM)
- Par exemple, si chacune des 2 sous-porteuses est combinée à 2 modulations d'amplitude, le symbole comprend 4 bits, soit $2^4 = 16$ états (QAM 16 ou 16 QAM)

Modulation: Les combinaisons de modulation

□ Les combinaisons avec quadrature (QAM)

- Cette technique de modulation combinée est utilisée par la technologie WiFi, dans les débits élevés
- des codages avec 5 bits par symbole (QAM 32 ou 32 QAM), 6 bits par symbole (QAM 64 ou 64 QAM), voire 7 bits par symbole (QAM 128 ou 128 QAM) sont possibles



Quadrature à 16 états

Modulation 802.11

- La norme 802.11 repose sur trois types de modulation
 - FHSS (Frequency Hoping Spread Spectrum)
 - DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Modulation 802.11 (FHSS)

- (FHSS) Frequency Hopping Spread Spectrum: Principe
- Etalement de spectre à saut de fréquence
- Elle fut utilisée pour le guidage des torpilles sans risque d'interférence.
- La communication utilise **successivement plusieurs fréquences de porteuse**, selon une séquence connue seulement de l'émetteur et du récepteur
- Ces changements synchronisés sont définis par une clé, qui précise les sauts (**Frequency Hopping**)
- Pour permettre ce fonctionnement, la bande utilisée doit auparavant être divisée en spectres étroits.

Modulation 802.11 (FHSS)

(FHSS) Frequency Hopping Spread Spectrum: Principe

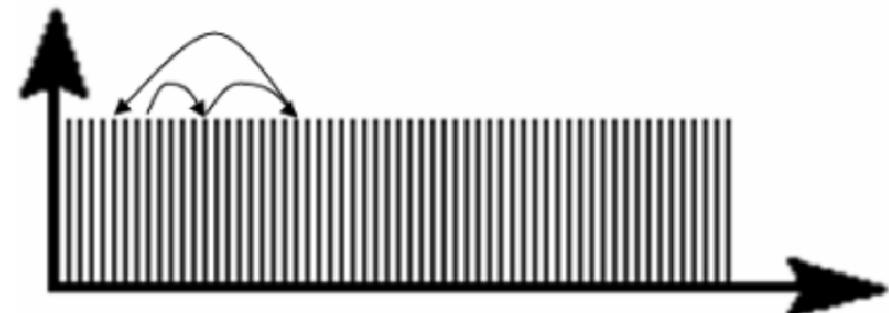
- Technique traitée par le standard IEEE 802.11 et utilisée par les technologies **Bluetooth** et de téléphonie **DECT**
- Résistance aux interférences car si un signal est brouillé sur l'une des fréquences, il peut être renvoyé après le saut suivant
- Possibilité d'avoir **plusieurs communications simultanément** sensiblement au nombre de zones de fréquence définies
- Les spécifications 802.11 proposent la division de la bande 2.4 GHz, depuis **2.402 GHz** jusqu'à **2.482 GHz**, en un maximum de **79** zones de 1 MHz
- Chaque zone forme un canal numéroté. Le nombre exact de canaux dépend de la réglementation du pays d'utilisation



Téléphone DECT

Modulation 802.11 (FHSS)

- (FHSS) Frequency Hopping Spread Spectrum: Débits
- Les débits du FHSS sont limités par la largeur de canal de 1 MHz
- En 802.11, le canal de 1 MHz permet un débit de **1 Mbps**.
- Par un doublement du nombre de bauds, la transmission peut augmenter jusqu'à **2 Mbps**
- Le débit est automatiquement adapté en fonction du rapport signal/bruit.



Étalement de fréquence par saut FHSS

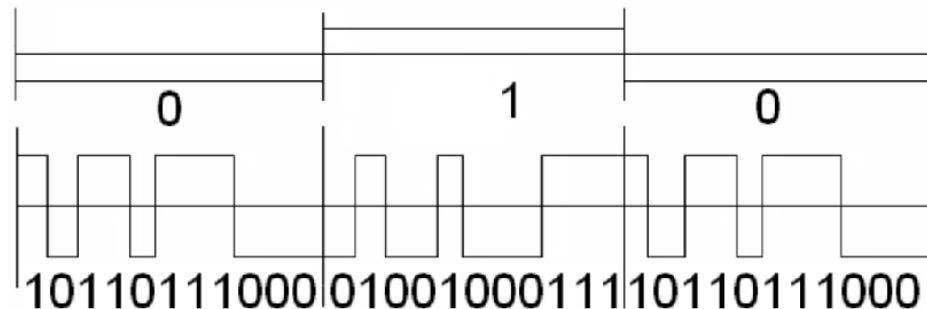
Modulation 802.11 (DSSS)

- (DSSS) Direct Sequence Spread Spectrum: Principe
- Étalement de spectre à séquence directe
- DSSS exploite une fréquence continue et élargie. Autorisant des meilleurs débits
- DSSS Divise la bande **2,4 GHz** en **14 canaux de 22MHz**
- Exploitée dans les différentes spécifications du WiFi, sur les bandes **2.4 GHz et 5 GHz**
- Les données sont envoyées sur l'un des 14 canaux
- Une immunité importante au bruit est approtée
- Diminution des interférences grace à la **technique de "chipping"**

Modulation 802.11 (DSSS)

(DSSS) Direct Sequence Spread Spectrum: Principe

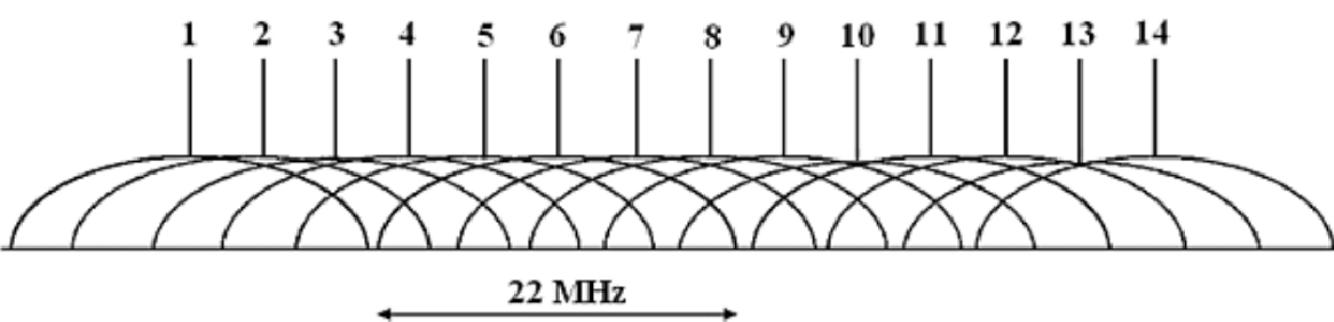
- Le Chipping consiste à envoyer une séquence complète de bits, pour un seul bit de données
- Le bit 1 sera remplacé par une succession de 11 bits 0 ou 1 (appelée code PN)
- Parallèlement le bit 0 sera remplacé par le **complémentaire** de la succession de bits utilisée pour le bit
- La largeur du canal de transmission est basée sur le théorème de Shannon, qui précise que la fréquence d'échantillonnage doit être au minimum égale au double du signal à numériser.
- Ex:** Pour un débit de 11 Mb/s ce canal doit être large de 22 MHz.



Modulation 802.11 (DSSS)

□ (DSSS) Direct Sequence Spread Spectrum: Principe

Canal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fréquence (GHz)	2.412	2.417	2.422	2.427	2.432	2.437	2.442	2.447	2.452	2.457	2.462	2.467	2.472	2.484



Les 14 canaux de la bande 2.4 GHz en DSSS

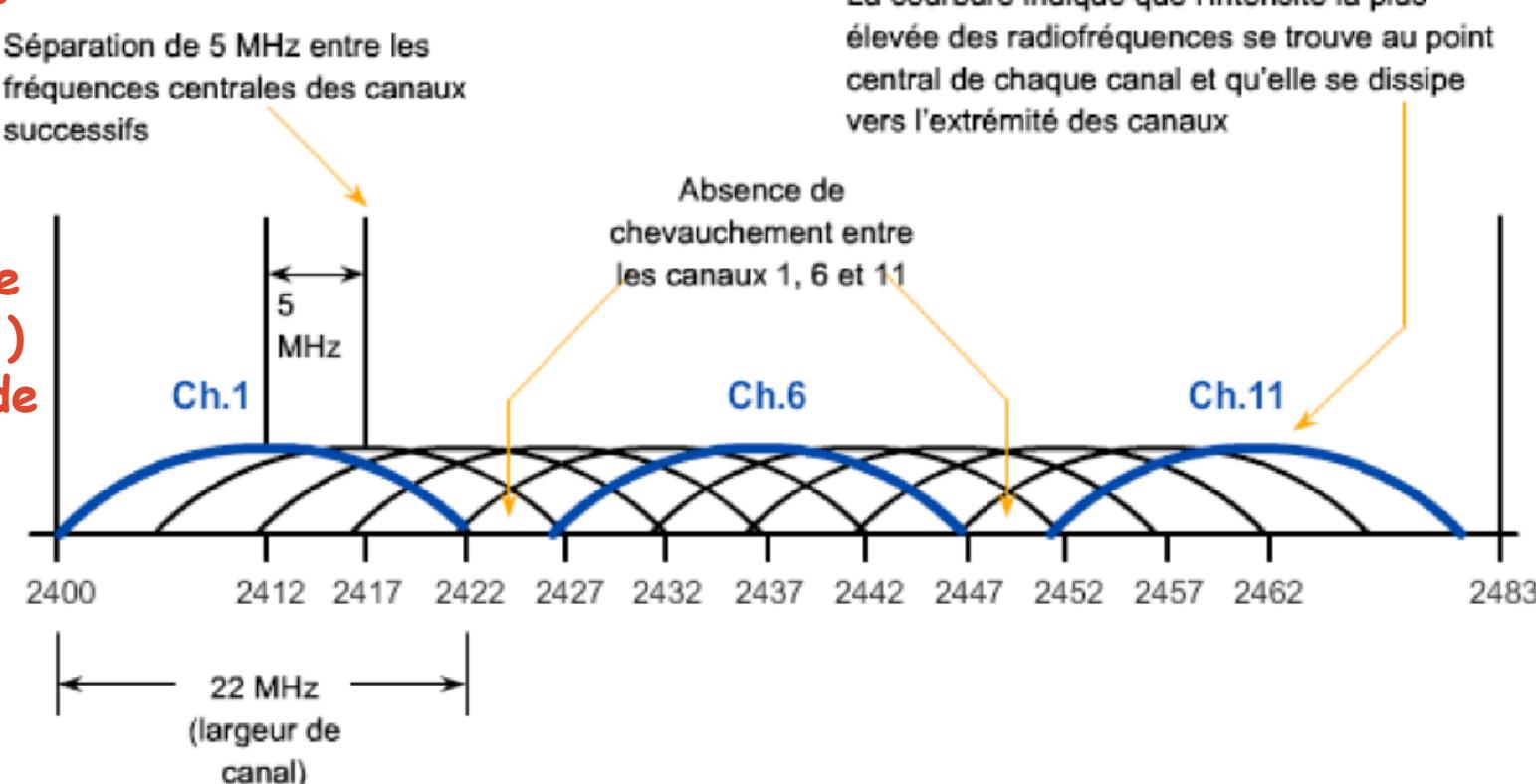
Canal	Fréquence basse (GHz)	Fréquence centrale (GHz)	Fréquence haute (GHz)
1	2.401	2.412	2.423
2	2.406	2.417	2.428
3	2.411	2.422	2.433
4	2.416	2.427	2.438
5	2.421	2.432	2.443
6	2.426	2.437	2.448
7	2.431	2.442	2.453
8	2.436	2.447	2.458
9	2.441	2.452	2.463
10	2.446	2.457	2.468
11	2.451	2.462	2.473
12	2.456	2.467	2.478
13	2.461	2.472	2.483
14	2.473	2.484	2.495

Les fréquences des 14 canaux 2.4 GHz

Modulation 802.11 (DSSS)

□ Chevauchement entre les canaux

□ c'est la raison pour laquelle les canaux isolés (1, 6 et 11) distants les uns des autres de sont généralement utilisés.



Modulation 802.11 (DSSS)

- La bande des 5 GHz est beaucoup plus large que celle des 2.4 GHz
- Le nombre de communications simultanées possibles sur cette bande de fréquences est donc beaucoup plus important qu'avec le 2.4 GHz
- Absence de chevauchement entre les bandes, donc pas de perturbations entre elles
- DSSS est la première technique d'étalement de spectre utilisée dans la pratique pour le WiFi. Elle autorise les débits de **1 Mbps** (Basic rate) et **2 Mbps** (Enhanced rate) comme FHSS
- Les spécifications 802.11b apportent une extension qualifiée de High rate, à des débits de **5.5 et 11 Mbps**

Canal	Fréquence basse (GHz)	Fréquence centrale (GHz)	Fréquence haute (GHz)
36	5.17	5.18	5.19
40	5.19	5.20	5.21
44	5.21	5.22	5.23
48	5.23	5.24	5.25
52	5.25	5.26	5.27
56	5.27	5.28	5.29
60	5.29	5.30	5.31
64	5.31	5.32	5.33
100	5.49	5.50	5.51
104	5.51	5.52	5.53
108	5.53	5.54	5.55
112	5.55	5.56	5.57
116	5.57	5.58	5.59
120	5.59	5.60	5.61
124	5.61	5.62	5.63
128	5.63	5.64	5.65
132	5.65	5.66	5.67
136	5.67	5.68	5.69
140	5.69	5.70	5.71

84

Les canaux 36 à 140 agréés pour une utilisation européenne

Modulation 802.11 (OFDM)

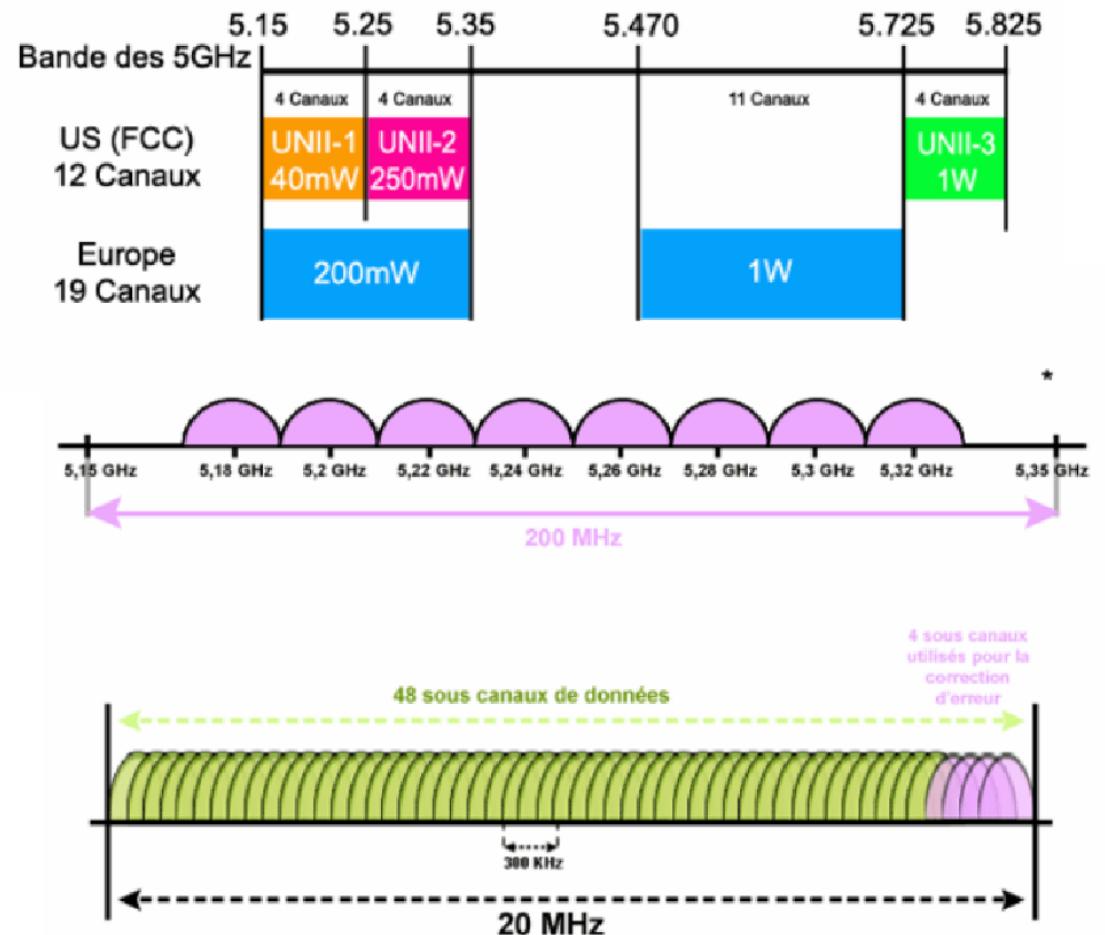
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) : Utilisée par
 - ✓ La norme 802.11a sur la bande de fréquence des 5 GHz.
 - ✓ La norme 802.11g, 802.11n, 802.11ac sur la bande de fréquence des 2,4 GHz.
- Repose sur la méthode de multiplexage fréquentiel
- OFDM Divise le canal en 52 sous-canaux
- Dans l'application des standards 802.11a et 802.11g, le canal est divisé en 52 sous-porteuses de 312.5 KHz chacune
- 48 utilisées pour la transmission de données. Les autres sous-canaux servent à la synchronisation et aux corrections associées.

Modulation 802.11 (OFDM)

- OFDM dans la bande des 5GHz
- Sous-bandes (Low et Middle) de la bande U-NII sont divisées en 8 canaux de 20 MHz
- Chaque canal de 20 MHz est divisé en 52 sous-canaux de 300 KHz.
- Chaque sous-canal est modulé en utilisant

	Modulation	Débit (Mbit/s)
OFDM	BPSK	6
	QPSK	12
	16QAM	24
	64QAM	56

Modulation 802.11 (OFDM)



□ OFDM dans la bande des 5GHz

Modulation 802.11 (OFDM)

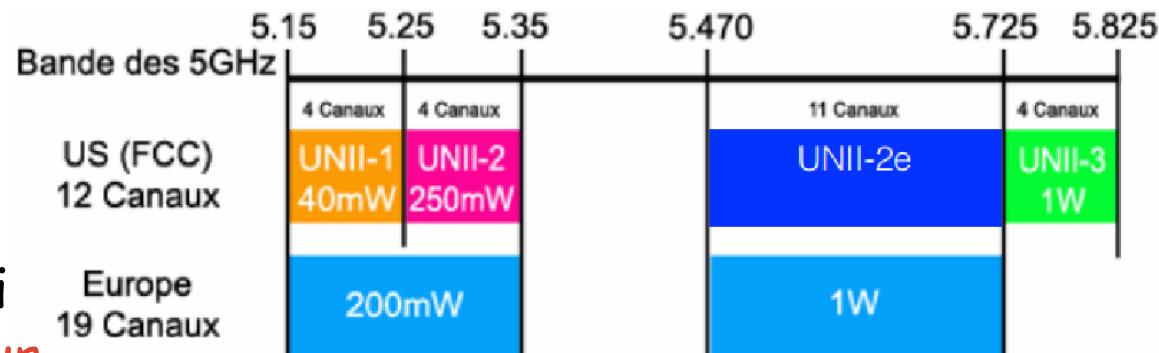
□ OFDM dans la bande des 5GHz

□ Les bandes UNII-1 et UNII-2 est interdite pour les usages extérieurs

□ La bande UNII2-e est aussi bien utilisable en intérieur qu'en extérieur

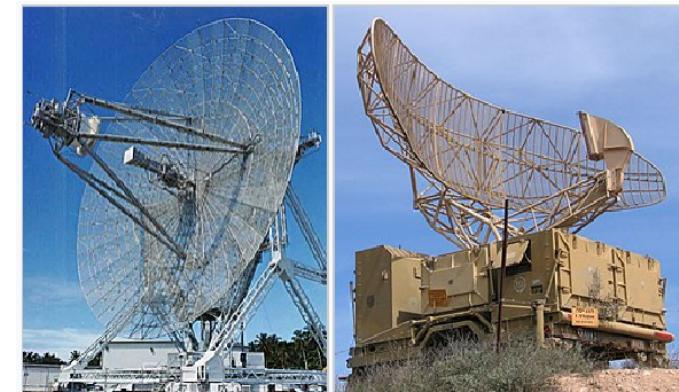
□ La bande UNII-3 est interdite, aussi bien pour un usage intérieur qu'extérieur

□ UNII-1 et UNII-2 sont limitées à 200mW (23dB). UNI-2e est limitée à 1W (30dB).



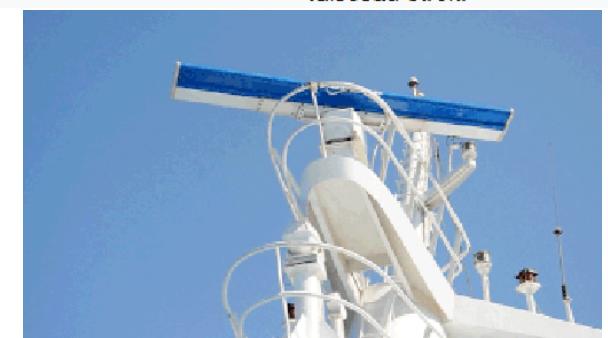
Modulation 802.11 (OFDM)

- OFDM dans la bande des 5 GHz
- **Contrainte sur UNII-2 et UNII-2e:** D'autres technologies utilisent la **bande C (4 - 8 GHz)** comme les radars militaires, communications par satellite, les radars météorologiques
- **Solution:** Sélection Dynamique de Fréquence (DFS): conçu pour empêcher les interférences électromagnétiques
- Les points d'accès sélectionnent automatiquement les canaux de fréquence avec de faibles niveaux d'interférence
- En cas de détection radar, le point d'accès change de canal s'il est configuré pour sélectionner automatiquement le canal
- Si la sélection des canaux était effectuée manuellement, le DFS entraînerait la mise hors ligne du point d'accès.



Antenne radar longue portée , utilisée pour suivre des objets spatiaux et des missiles balistiques.

Radar du type utilisé pour la détection des aéronefs. Il tourne régulièrement, balayant l'espace aérien avec un faisceau étroit.



Antenne radar marine commerciale.

Modulation 802.11 (MIMO)

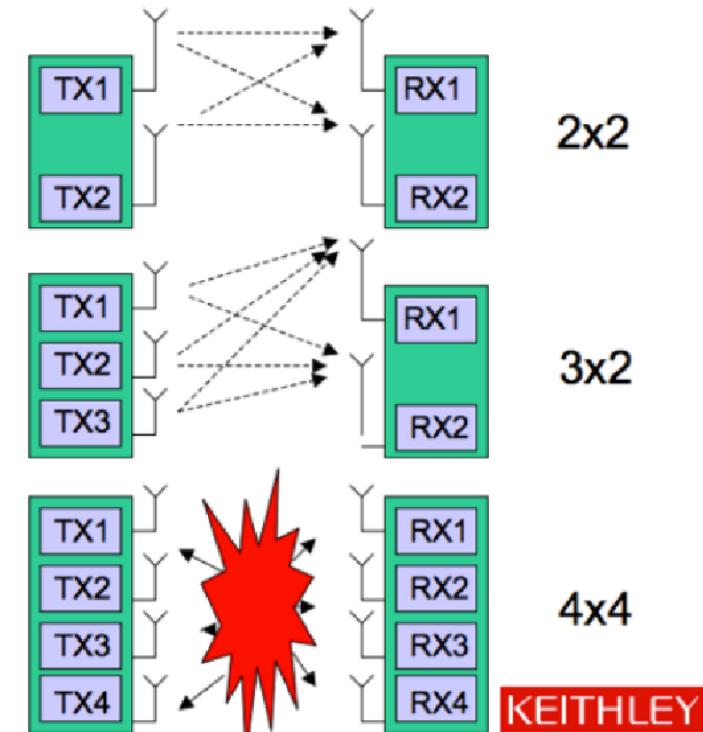
□ **MIMO (Multiple Input Multiple Output)** : Utiliser par **802.11n**

□ Cette technologie est le cœur du **802.11n**, elle propose d'utiliser jusqu'à quatre flux radio simultanés

□ Transmission ou réception **simultanée de plusieurs flux de données** (4 au max) sur un même canal en utilisant **plusieurs antennes**

□ MIMO Allie différentes techniques ce qui améliorent considérablement les capacités du signal:
Débits théoriques jusqu'à 600 Mbit/s

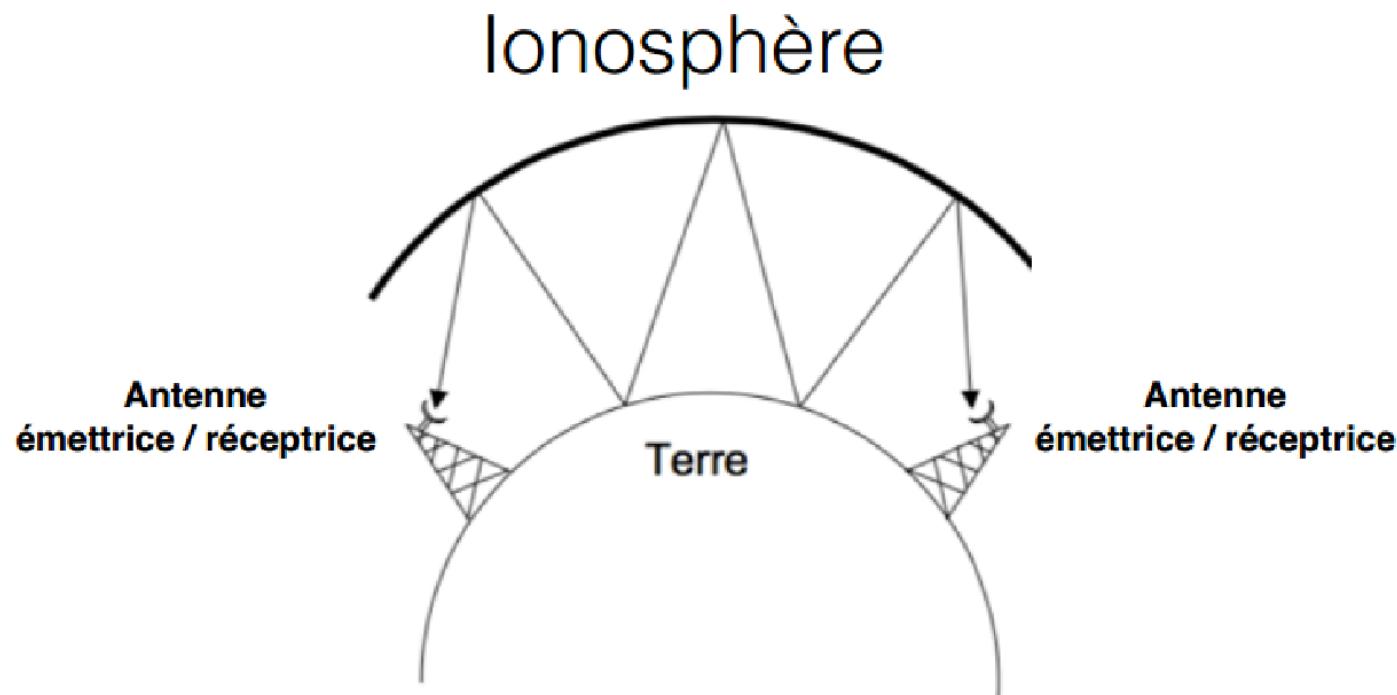
□ La multiplication des flux transmis augmente la consommation électrique, un mode d'économie d'énergie (**Power Save Mode**) a été défini. Il stipule que ces techniques ne seront utilisées que si cela est nécessaire.



Propagation 802.11

Type de propagation

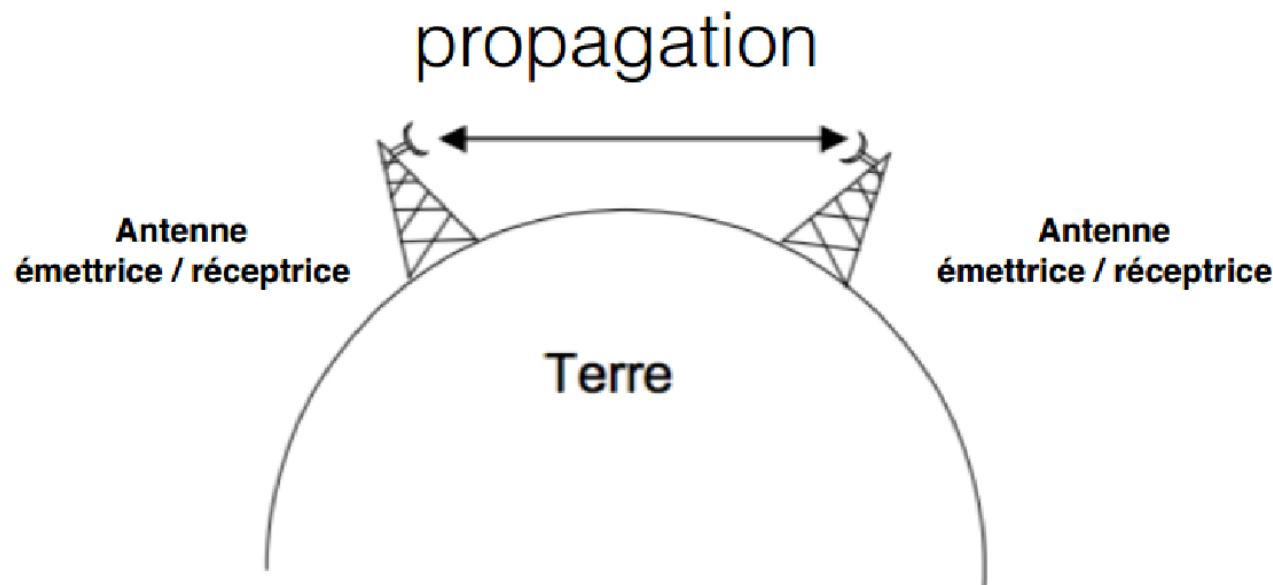
Propagation ionosphérique



Propagation 802.11

Type de propagation

Propagation ligne directe



Propagation 802.11

□ Terminologie

- **Puissance:** La puissance électrique, P , est mesurée en Watt (W). Elle résulte du produit de l'intensité du courant I , par sa tension U : $P=UI$.
- Une loi physique de la radio précise que plus la puissance d'émission de l'onde est élevée, plus sa portée est importante. Par contre, il est nécessaire d'augmenter l'intensité du courant, ce qui réduit la durée de vie de batterie d'un appareil mobile.
- Pour doubler la portée d'un signal, la puissance de l'émetteur doit être quadruplée
- En WiFi, les puissances émises seront mesurées en milliwatt (mW) : $1000\text{mW}=1\text{W}$.

Propagation 802.11

□ Terminologie

- **Gain:** Le gain mesure la capacité d'un équipement à concentrer les ondes
- Son unité est le **décibel (dB)** et il est noté **G**
- Le rapport entre le gain et la puissance est donnée par : $G = 10 \log_{10} (P)$:
Avec $P = P_{\text{sortie}}/P_{\text{entrée}}$
- Si la puissance est exprimée en **mW**, le gain est mesuré en **décibel par milliwatt (dBm)**. Un résultat positif du gain indique une amplification du signal
- Ex: Si $P=1 \text{ mW}$, $G=0 \text{ dBm}$
- Si $P=10 \text{ mW}$, $G=10 \text{ dBm}$
- Si $P=100 \text{ mW}$, $G=20 \text{ dBm}$.

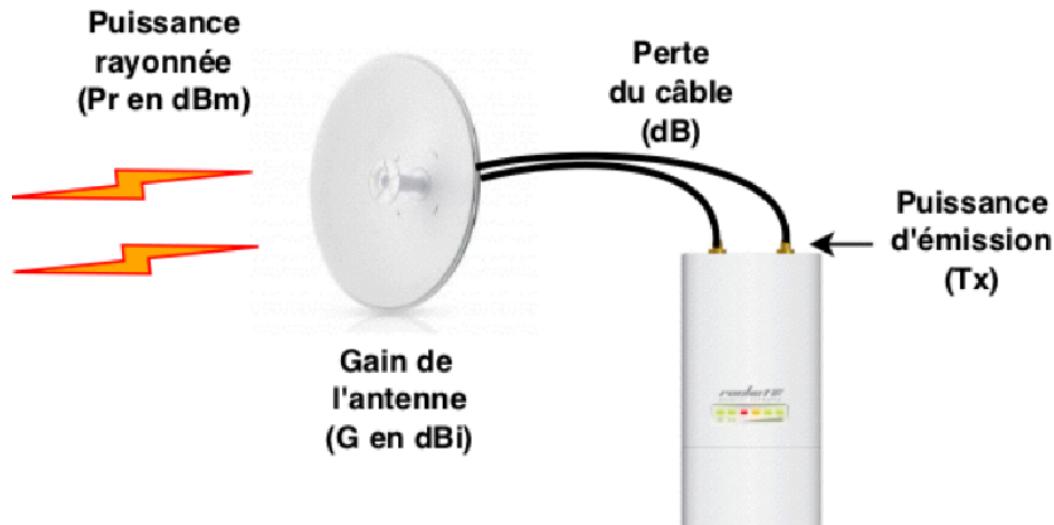
Propagation 802.11

Mesures

- **dBm: Décibel de milliWatts:** Mesure de la puissance d'un équipement radio (point d'accès sans fil)
- **mW: Milli-Watt:** Mesure de la puissance d'un équipement radio (point d'accès sans fil)
- **dBi: Décibel isotrope:** Mesure de la puissance (le Gain) d'une antenne
 - Le gain d'une antenne est exprimé dans un rapport **isotrope**. Une antenne isotrope, est représentée par un point, rayonnant de manière équivalente dans toutes les directions, comme une étoile. Son gain serait de **1**. Un tel composant n'existe pas dans la réalité.
 - La conversion entre dB et dBi s'effectue par un ajout de **2,14**:
 - **Exemple:** Si $G=10$ dB, le gain isotrope G' est égal à **12,14** dBi

Propagation 802.11

☐ Equipement Radio



Rappels sur le câblage :

Type de câble	Perte /m
RG174	- 2 dB
RG 58	- 1 dB
RG 213	- 0,6 dB
AIRCELL	- 0,38 dB
LMR-400	- 0,22 dB
AIRCOM	- 0,21 dB

Point d'accès

$$\text{Puissance rayonnée [dBm]} = \text{puissance d'émetteur [dBm]} - \text{perte dans le câble [dB]} + \text{gain d'antenne [dBi]}$$

Propagation 802.11

- **PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalent)**
- Le gain d'une station d'émission radio est donc l'addition de la puissance de l'émetteur avec le gain de l'antenne.
- Si un câble relie l'un à l'autre, une perte est engendrée.
- Le résultat de cette formule donne la **Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente (PIRE)**
- Exprimée normalement en **décibel/milliWatt (dBm)**, le plus souvent en décibel (**dB**).
- Utilisée dans le cadre de la réglementation

Puissance rayonnée [dBm] = puissance d'émetteur [dBm] - perte dans le câble [dB]
+ gain d'antenne [dBi]

Propagation 802.11

- PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalent): Exemple!!!!**
- Un émetteur de puissance 100 mW, soit 20 dBm, est relié directement à une antenne de gain 2,14 dBi, soit 0 dB: Déterminez le PIRE de la station en déduire la puissance totale de l'équipement
- Solution:**
PIRE = 20 dBm + 0 = 20dBm. (La puissance totale de l'équipement) = 100 mW
- Si l'on souhaite doubler la portée, en changeant l'antenne par une autre de gain 6 dBi, soit 3,86 dB. Déterminez le PIRE et la puissance de la station.
- Solution:**
PIRE = 20 dBm + 3,86 = 23,86 dBm (Puissance de la station) = $10^{\frac{23,86}{10}} = 244mW$

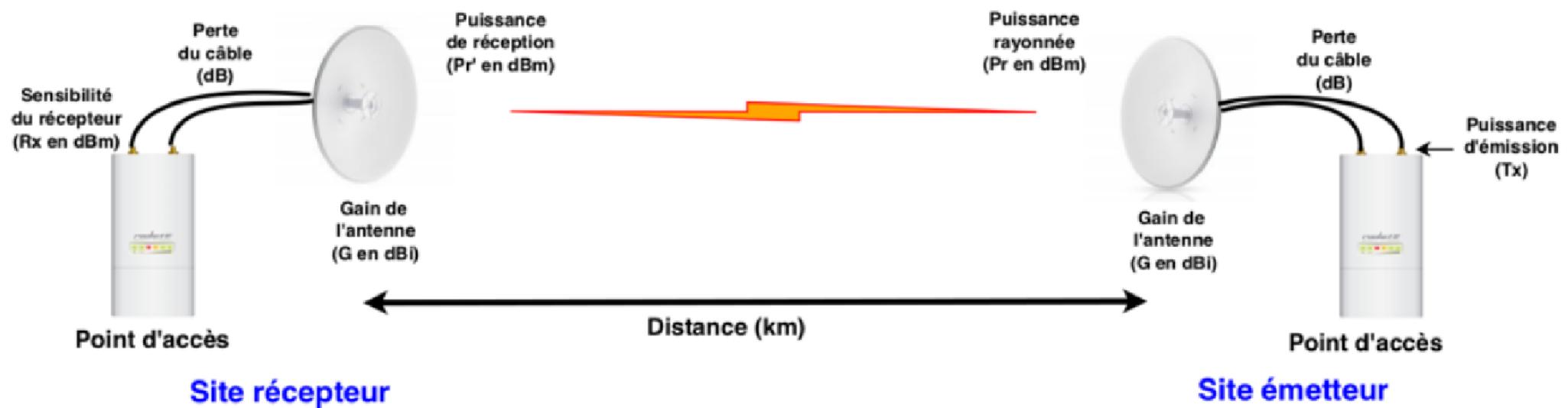
Propagation 802.11

□ PIRE et Sensibilité

- Équivaut à la limite de puissance rayonnée autorisé en tenant en compte de son gain.
Dépend du pays et de la fréquence utilisée.
- PIRE pour 2.4 GHz = +20 dBm soit 100 mW (Dans le cas général)
- PIRE pour 5 GHz = +23 dBm en intérieur et 30 dBm en extérieur (Dans le cas général)
- Le PIRE peut être réglé au niveau de l'émetteur comme du récepteur. Dans ce dernier cas, on parlera de sensibilité de l'appareil plutôt que de puissance.
- **Sensibilité de réception:** Détermine le seuil minimal de puissance devant être reçu pour que la carte radio du point d'accès puisse décoder le signal reçu
- La sensibilité se mesure en dBm, elle est toujours **négative**

Propagation 802.11

□ Schéma d'un lien radio



Propagation 802.11

□ Type d'antennes



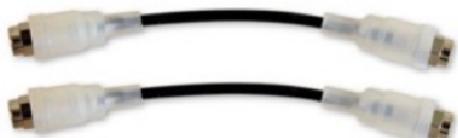
Sectorielle
45° à 120°



Omnidirectionnelle
360°



Parabole
angle étroit <20°



Câble RF compatible wifi



- Perte câble en 2,4GHz
- RG58 Ø5mm = 0.66 db/mètre
 - H200 Ø5.4mm = 0.42 db/mètre
 - LMR400 Ø10.30mm = 0.20 db/mètre

Propagation 802.11

□ **Free Space Path Loss (FSPL)**: Perte de puissance ou affaiblissement en l'espace Libre

$$\text{FSPL(dB)} = 32,45 + 20 \cdot \log(D) + 20 \cdot \log(F)$$

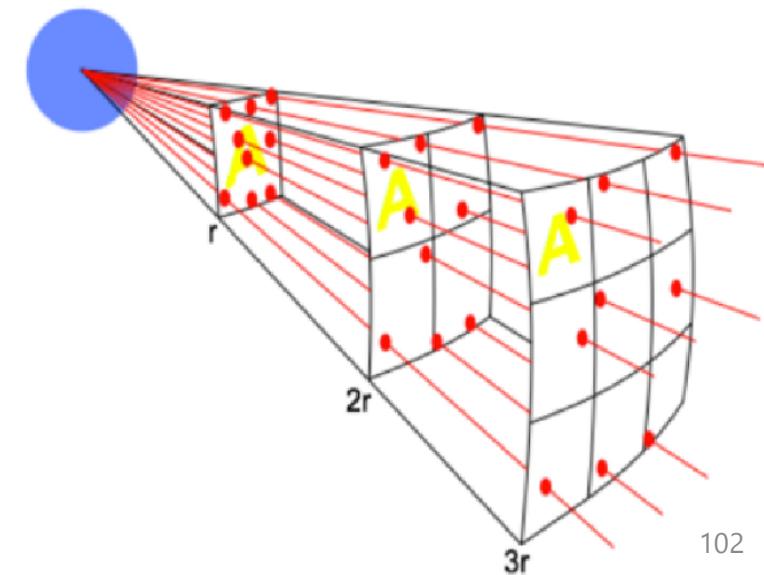
Distance (**D**) en **Km** et la Fréquence (**F**) en **MHz**

Ex:2,4 GHz

1km -> 100dB
2km -> 106dB
4km -> 112dB
8km -> 118dB
10km -> 120dB
20km -> 126dB
40km -> 132dB
80km -> 138dB
100km -> 140dB

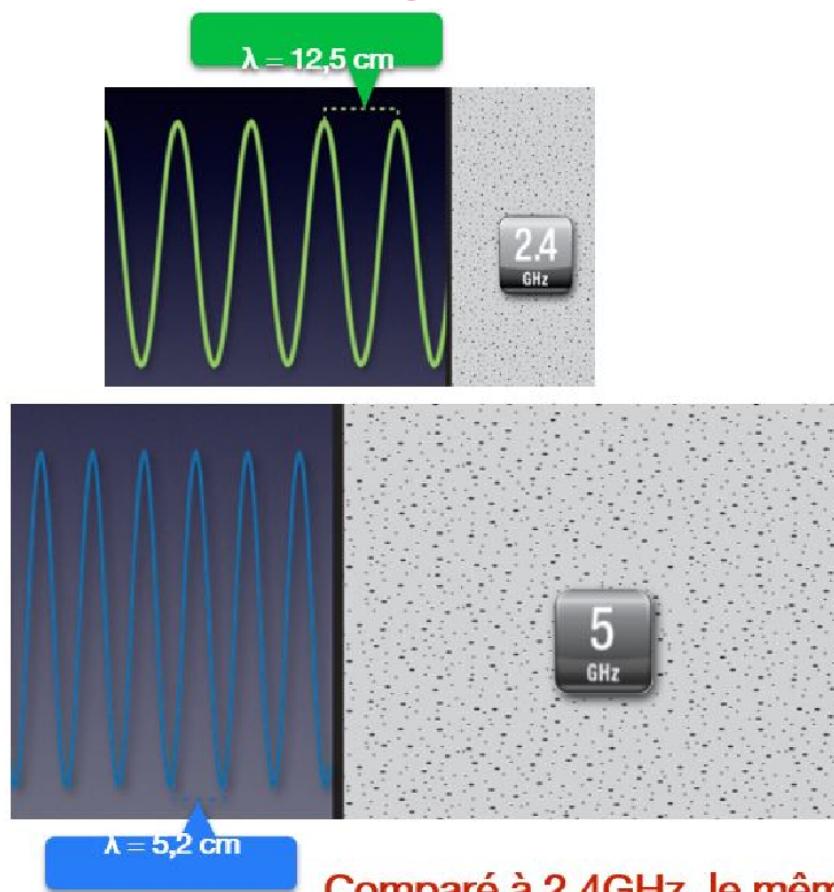
Ex:5 GHz

1km -> 108dB
2km -> 114dB
4km -> 120dB
8km -> 126dB
10km -> 128dB
20km -> 134dB
40km -> 140dB
80km -> 146dB
100km -> 148dB



Propagation 802.11: Propriétés du milieu

□ Affaiblissement du signal en fonction du milieu



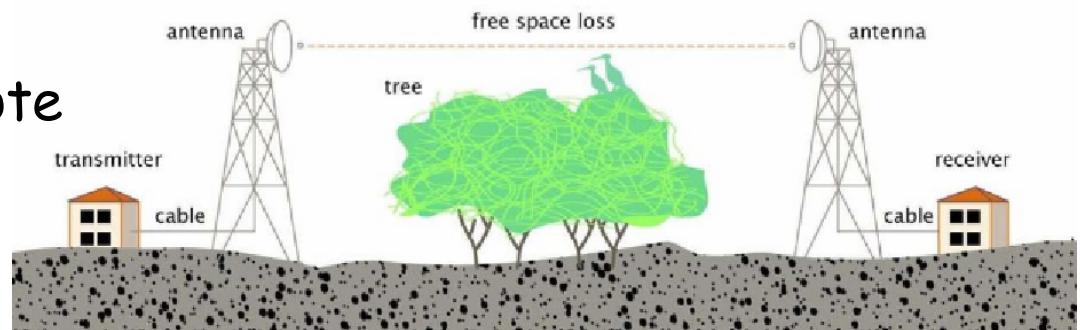
Comparé à 2,4GHz, le même mur apparaît deux fois plus épais en 5GHz

Affaiblissement des ondes en fonction du milieu		
Matériaux	Affaiblissement	Exemples
Air	Aucun	Espace ouvert, cour
Bois	Faible	Porte, plancher, cloison
Plastique	Faible	Cloison
Verre	Faible	Vitres
Eau	Moyen	Aquarium, Fontaine
Êtres vivants	Moyen	Foule, Végétation
Briques, plâtres	Moyen	Murs, cloisons
Céramique	Elevé	carrelage
Béton	Elevé	Murs porteurs, étages, piliers
Métal	Très élevé	Béton armé, miroir, cage d'escaliers

- 1 mur en brique/ciment/armé = -10dB
- Un “petit” arbre feuillus = -5dB

Bilan de liaison

- Différence entre la théorie et la réalité pour les signaux radio
- Nécessité d'établir une marge de sécurité pour une bonne faisabilité du projet
- Le bilan de liaison radio est effectué à partir de la zone géographique à couvrir
- Son but est de définir les meilleurs emplacements des points d'accès et de leurs antennes
- Fondamentalement, un bilan radio est le résultat de calculs prenant en compte le cheminement du signal entre l'émetteur et le récepteur



Emission

Air libre (FSL)

Réception 104

Bilan de liaison: A l'émission

- Au sortir de l'antenne d'émission, le gain total est l'addition de celui du point d'accès et de l'antenne. À cette valeur doit être soustraite la perte occasionnée par un potentiel câble d'antenne
- Gain d'émission[dBm] = gain d'émetteur + perte dans le câble + gain d'antenne.

Bilan de liaison: lors de la propagation dans l'espace

- Le gain d'émission, calculé précédemment, est affaibli en fonction de l'espace libre traversé
- La formule de calcul tient compte de la distance ainsi que de la longueur d'onde du signal
- **Perte de propagation [dB] = $20 \log (4\pi \times \text{distance} / \lambda)$**

$$\text{FSPL(dB)} = \mathbf{32,45} + 20 \log(D) + 20 \log(F)$$

Bilan de liaison: A la réception

1. Le signal reçu a donc pour gain celui de l'émetteur auquel est retiré l'affaiblissement par la distance
2. À cette valeur est ajoutée le gain de l'antenne de réception et soustraite la perte du câble
3. On tient compte également de la sensibilité de l'interface de réception

□ Gain de réception[dBm] = gain d'antenne - perte dans le câble + sensibilité de récepteur.

Bilan de liaison: Marge

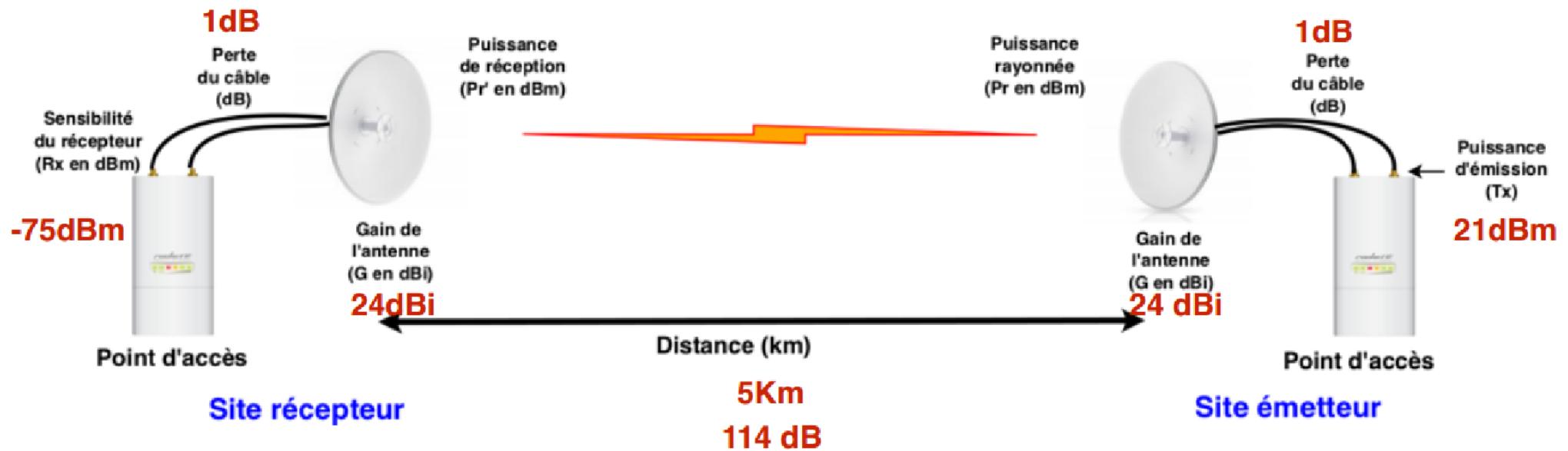
- Pour que le système soit opérationnel, l'addition du gain d'émission, de la perte de propagation et du gain de réception doit être supérieure à zéro
- Une valeur de résultat donnant une **marge** d'environ **6 dBm** est souhaitable pour espérer se rapprocher de la réalité.
 - Marge > 10 dB → sécurité, lien plus fiable
 - Marge < 10 dB → risque de coupure, ou manque précision
- Le Bilan de la liaison permet ainsi de quantifier la performance de la liaison radio

Bilan de liaison: Marge

Marge = (Puissance du PA émetteur (**Tx**) [dBm]
+ Gain de l'antenne émetteur (**Ge**) [dBi]
- Perte câble PA émetteur (**Pce**) [dB])
- Perte dans l'espace libre (**FSPL**) [dB]
+ (Gain de l'antenne réceptrice (**Gr**) [dBi]
- Perte câble PA réceptrice (**Pcr**) [dB]
- Sensibilité de réception du répéteur (**Rx**)[dBm])

Bilan de liaison

- Cas 1: projet liaison point à point 2.4 GHz

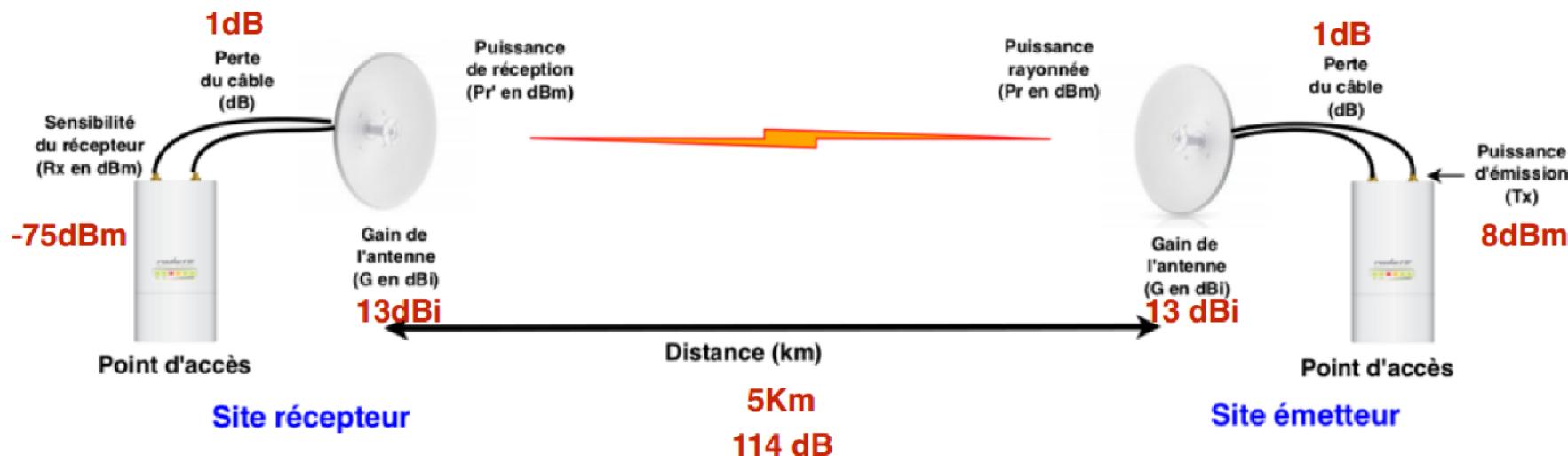


$$\text{Marge} = (\text{Tx} + \text{Ge} - \text{Pce}) - \text{FSLP} + (\text{Gr} - \text{Pcr} - \text{Rx})$$

$$\text{Marge} = (21 + 24 - 1) - 114 + (24 - 1 - (-75)) = \mathbf{28}$$

Bilan de liaison

- Solution 1 - Cas 1: projet liaison point à point 2.4 GHz

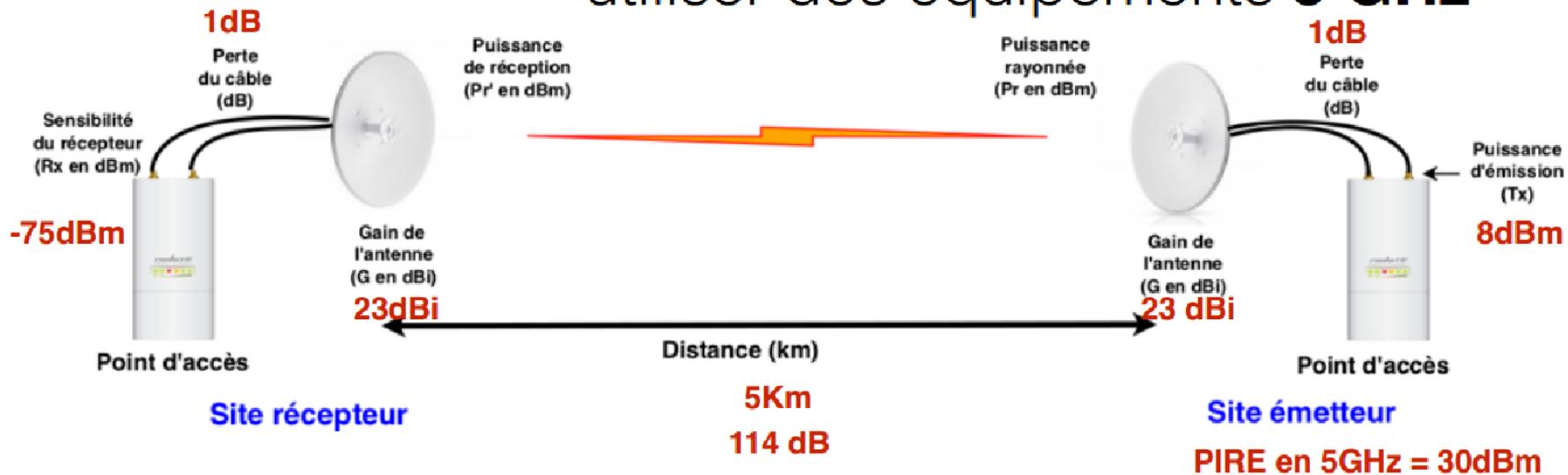


$$\text{Marge} = (8 + 13 - 1) - 114 + (13 - 1 - (-75)) = -7$$

Projet impossible sur 5km
en respectant la limitation de la PIRE

Bilan de liaison

- Solution 2 - Cas 1: projet liaison point à point utiliser des équipements **5 GHz**



$$\text{Marge} = (8 + 23 - 1) - 114 + (23 - 1 - (-75)) = 13$$

Projet possible sur 5km
Marge > 10

Bilan de liaison

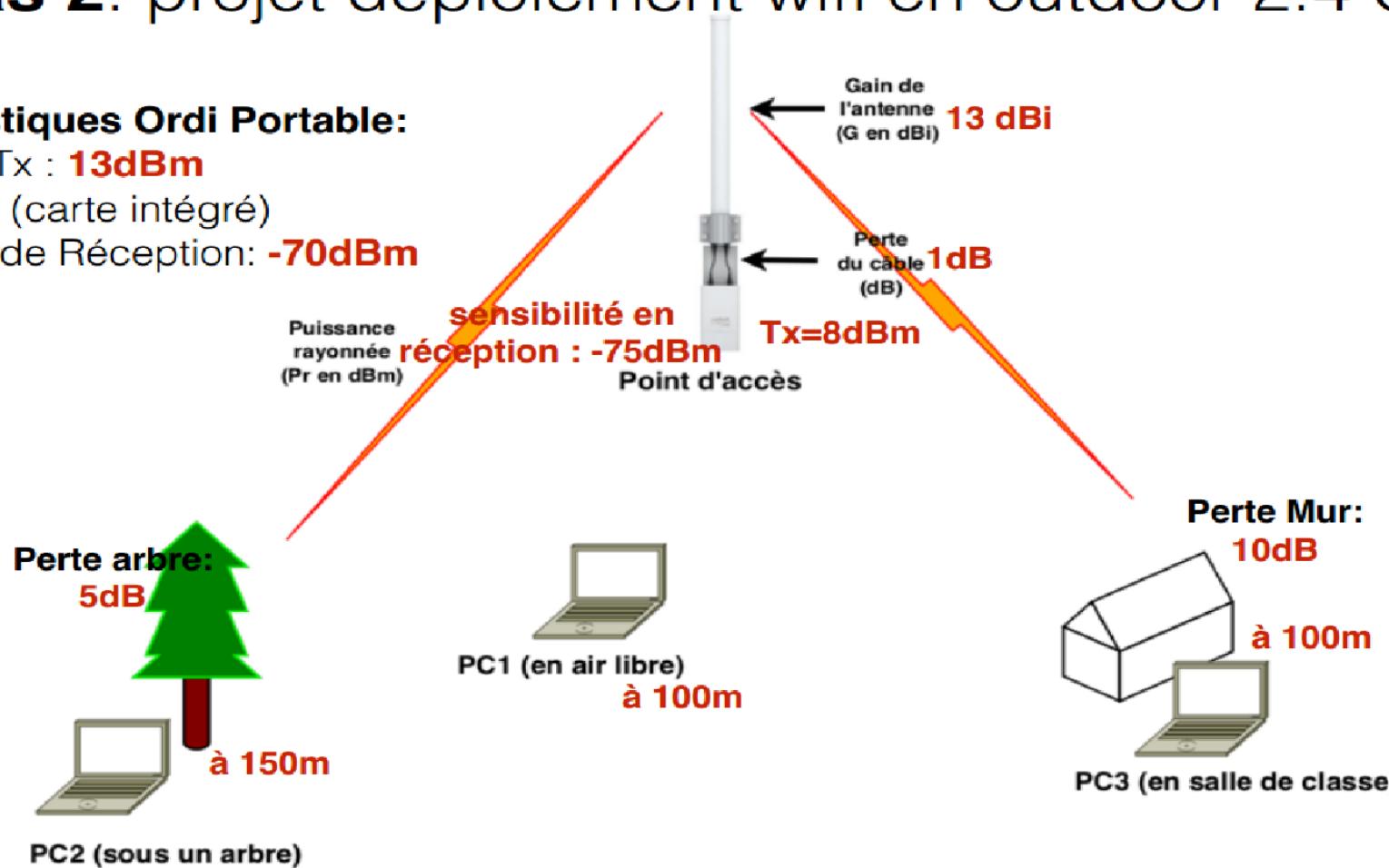
□ Cas 2: projet déploiement wifi en outdoor 2.4 GHz

Caractéristiques Ordi Portable:

PuissanceTx : **13dBm**

Gain: **3dBi** (carte intégré)

Sensibilité de Réception: **-70dBm**



Bilan de liaison

- Cas 2: projet déploiement wifi en outdoor 2.4 GHz
- PA vers PC1
 - Marge = $(8 + 13 - 1) - 80 + (3-0-(-70)) = 13$
- PC1 vers PA
 - Marge = $(13+3 - 0) - 80 + (13-1-(-75)) = 23$
- PA vers PC3
 - Marge = $(8 + 13 - 1) - 80 - 10 + (3-0-(-70)) = 3$
- PC3 vers PA
 - Marge = $(13+3 - 0) - 80 - 10 + (13-1-(-75)) = 13$