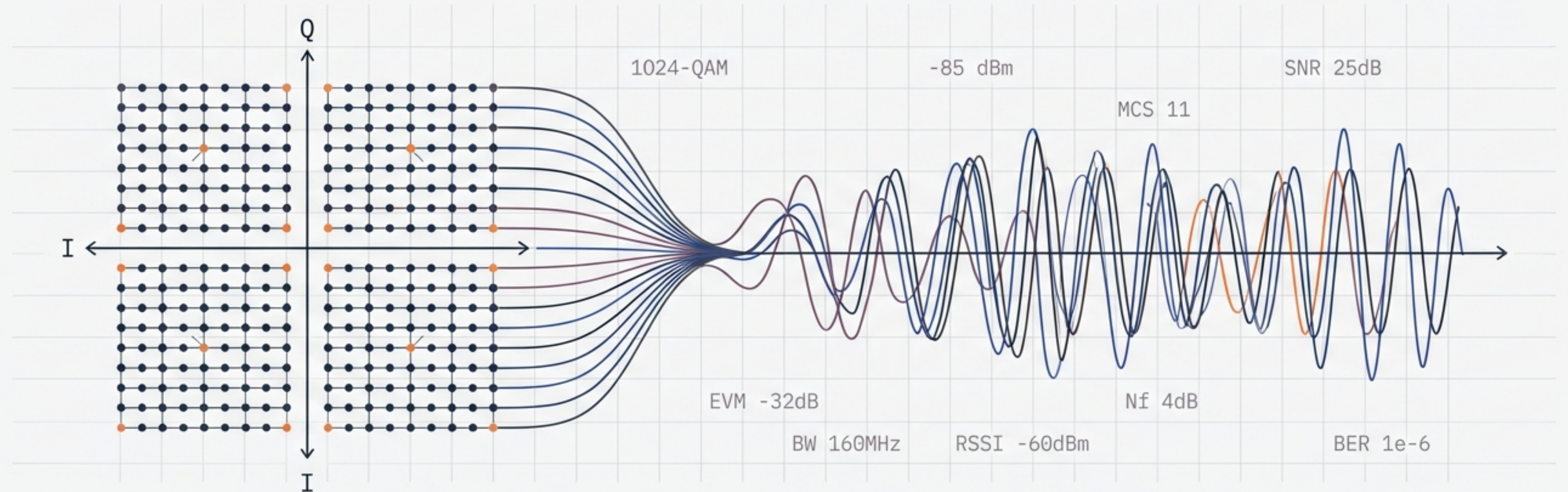


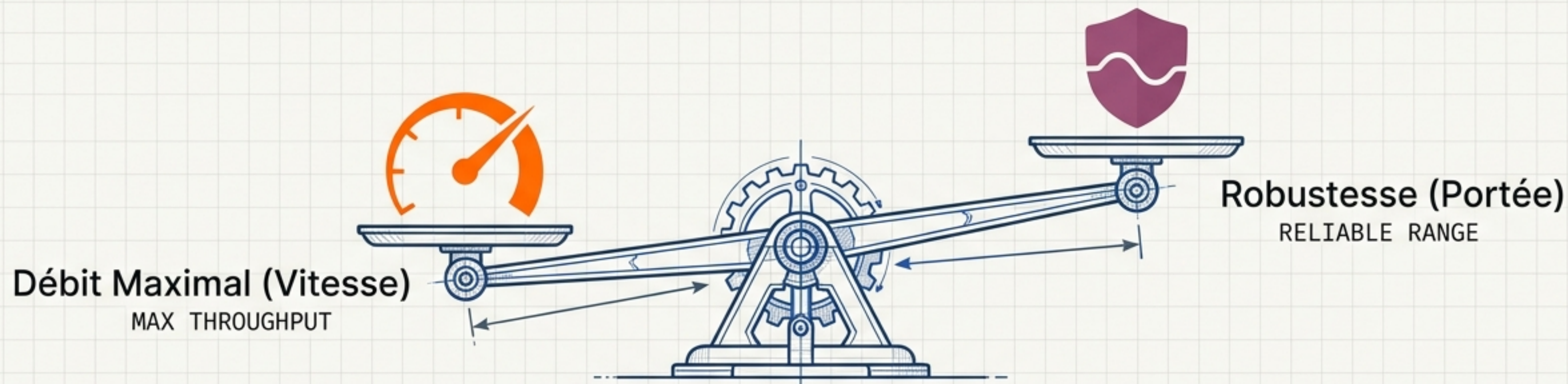
L'Atelier d'Ingénierie RF.



L'Asservissement du Wi-Fi : L'Art de Négocier l'Espace Hertzien

Analyse diagnostique de la couche physique (PHY), de la modulation numérique et de la boucle d'adaptation au signal (RSSI)

La physique impose un choix strict entre la vitesse de transmission et la fiabilité de la portée



Le Mythe

Les normes Wi-Fi promettent des vitesses théoriques exceptionnelles (ex : 9.6 Gbps pour le Wi-Fi 6).

Theoretical Peak: 9.6 Gbps (Wi-Fi 6)

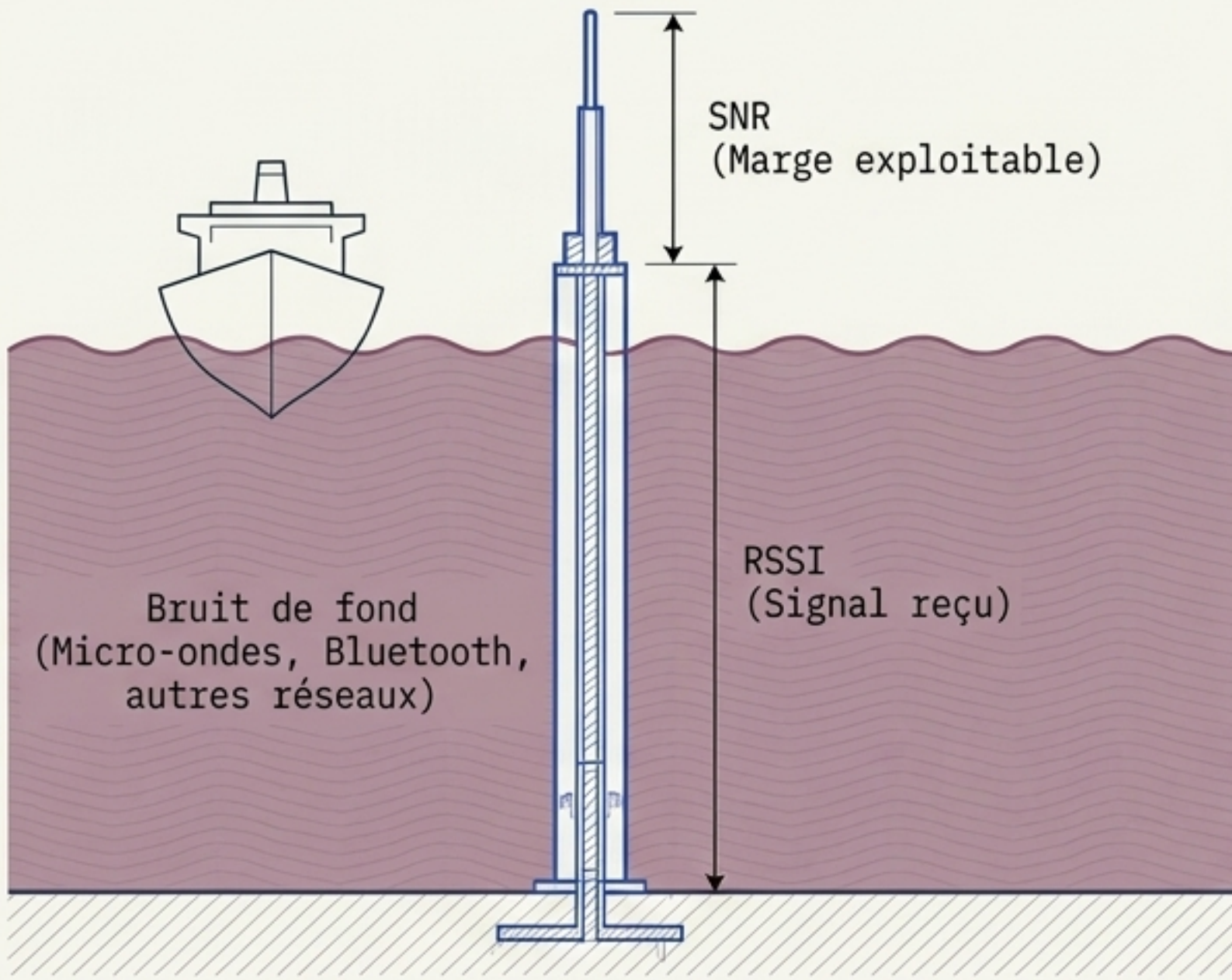
La Réalité

Ces vitesses ne sont atteignables que dans des conditions RF parfaites. Le système sacrifie constamment la vitesse pour garantir l'intégrité des données à mesure que la distance augmente.

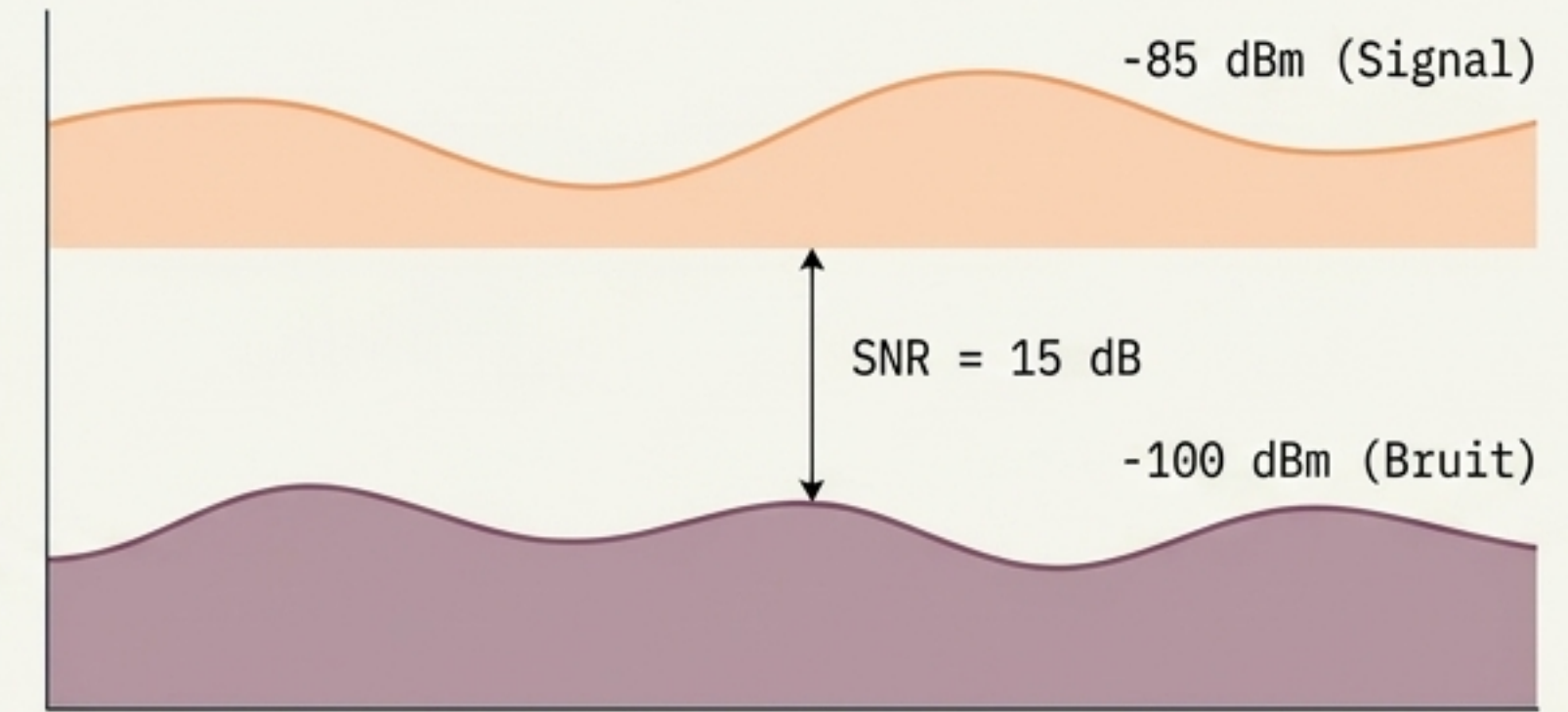
Real-world adaptation: Speed sacrificed for data integrity & range extension.

Le rapport signal sur bruit (SNR) dicte les règles du jeu

The Metaphor

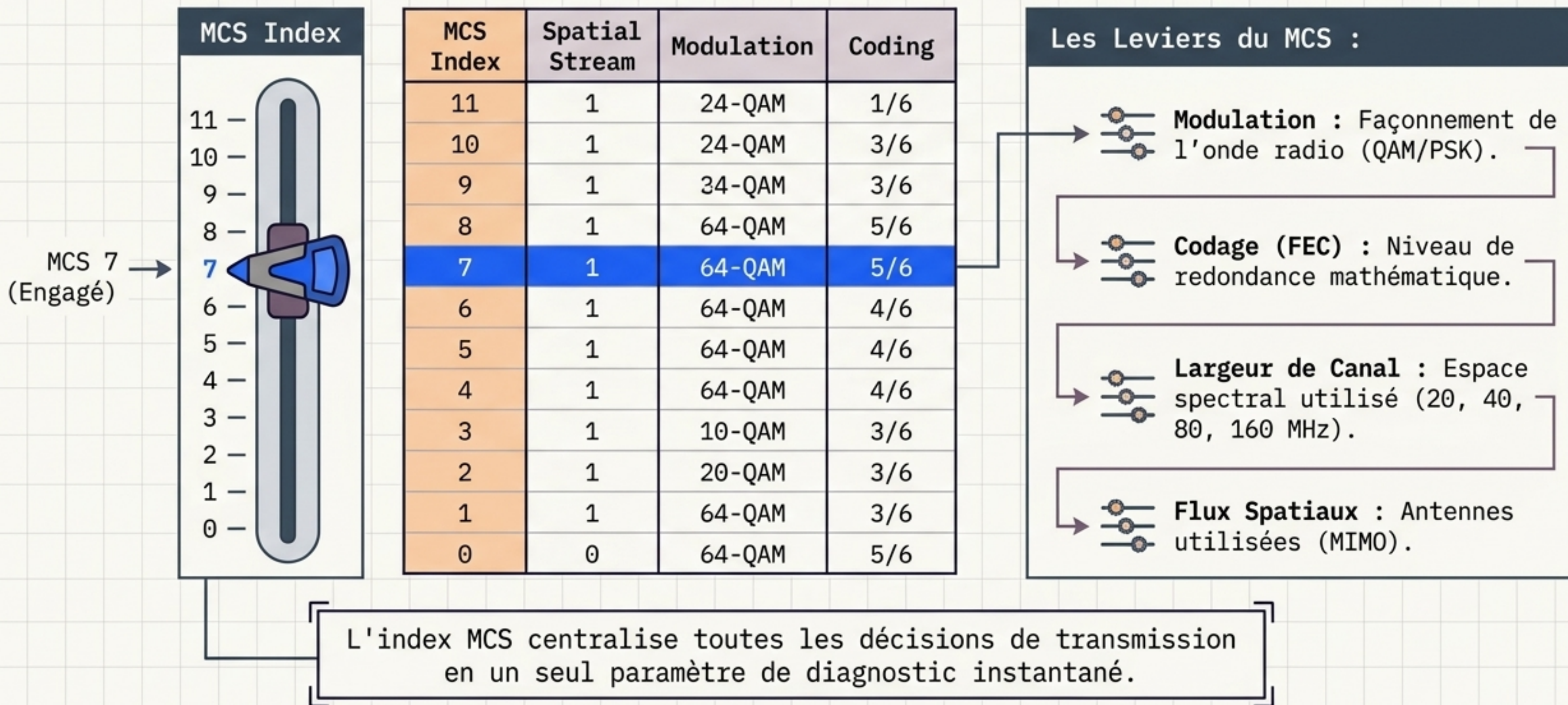


The Data



- Formule : $SNR \text{ (dB)} = RSSI \text{ (dBm)} - \text{Bruit de fond (dBm)}$
- Le système ne se soucie pas uniquement de la puissance absolue (RSSI). Il réagit à l'espace libre au-dessus du bruit de fond (SNR). Un $SNR > 25 \text{ dB}$ est requis pour des flux vidéo HD stables.

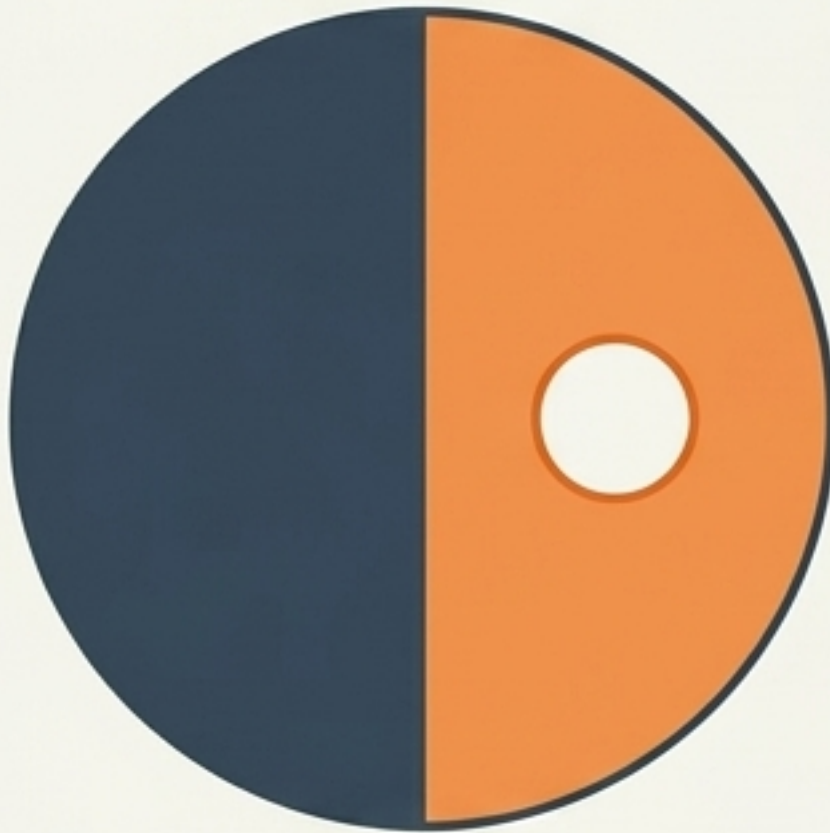
L'index MCS agit comme la boîte de vitesses de la connexion réseau



La modulation QAM exige un signal pur proportionnel à sa densité

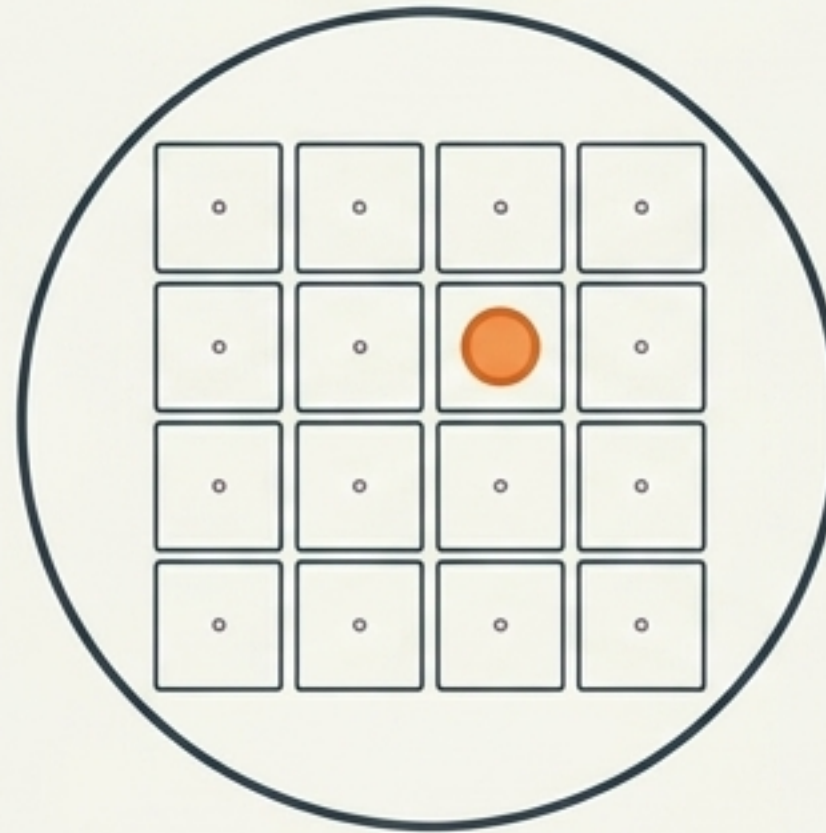
Cibles de tir

BPSK (1 bit/symbole)



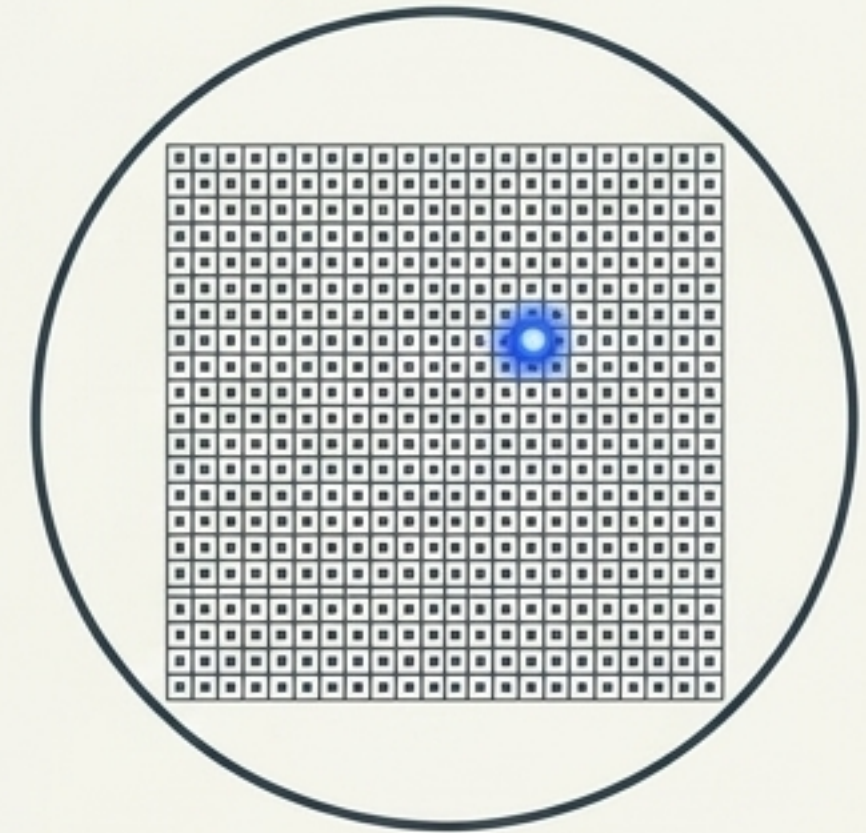
Facile à viser, tolère un SNR très faible.

16-QAM (4 bits/symbole)



Exigence modérée, nécessite une précision moyenne.

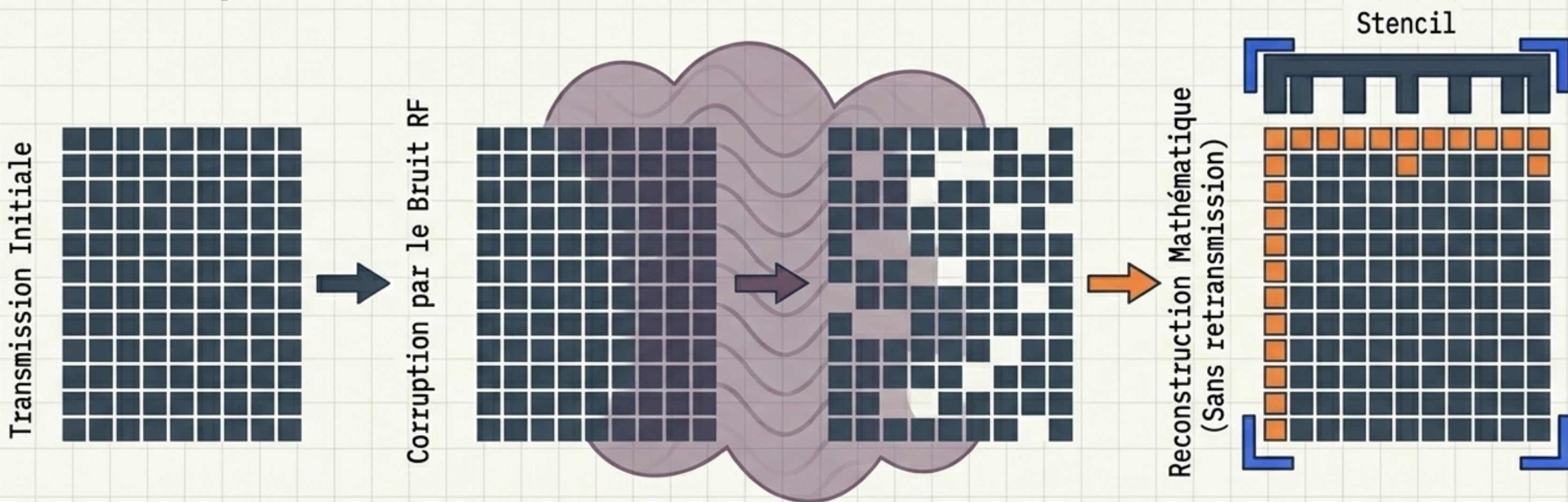
1024-QAM (10 bits/symbole)





Marge d'erreur infime. Exige un SNR exceptionnel (> 35dB).

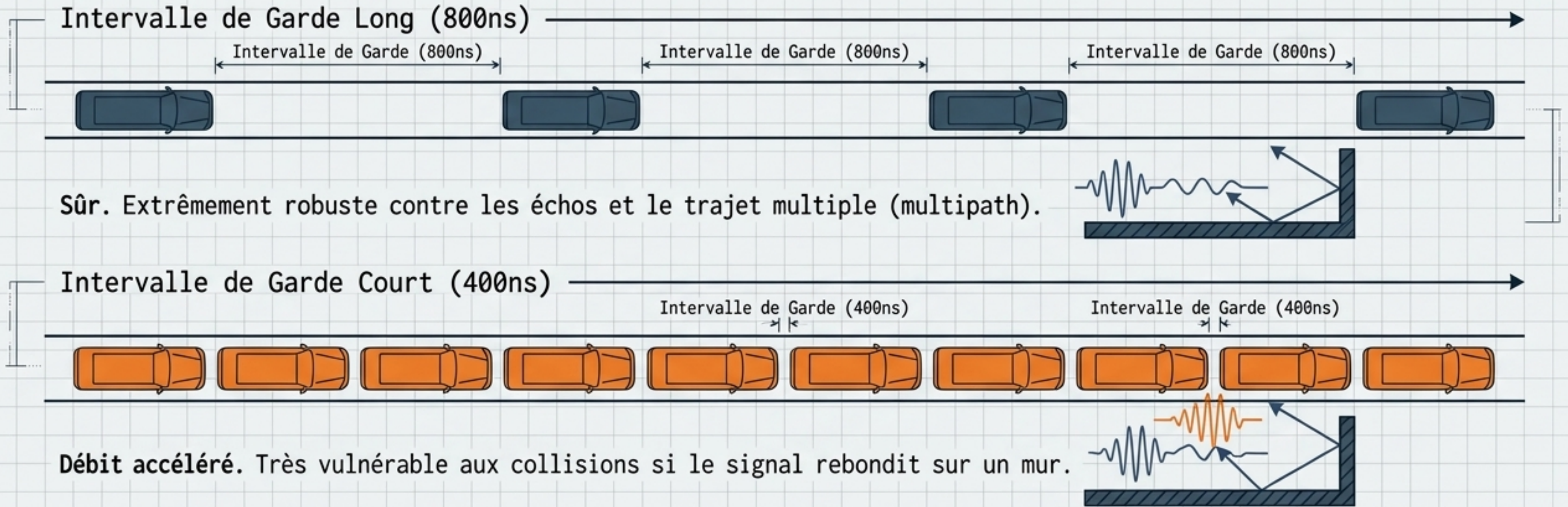
La **modulation** manipule l'**amplitude** et la **phase** de l'onde. Plus l'ordre de modulation est élevé, plus la marge d'erreur entre les symboles est infime. Le moindre **bruit de fond** provoque des corruptions de données immédiates.

Le codage (FEC) répare mathématiquement les dégâts causés par le bruit



MCS 0 (Codage 1/2) 	MCS 7 (Codage 5/6) 
50% de données, 50% de redondance. Un bouclier lourd conçu pour la survie aux longues distances.	83% de données, 17% de redondance. Très rapide, mais incapable de survivre à une forte interférence.

L'intervalle de garde prévient les collisions temporelles entre les paquets



L'intervalle de garde est le **temps de pause obligatoire** entre chaque transmission de symbole. Réduire ce temps accélère le **débit physique**, mais exige un **environnement RF 'propre'** et sans obstacles réfléchissants.

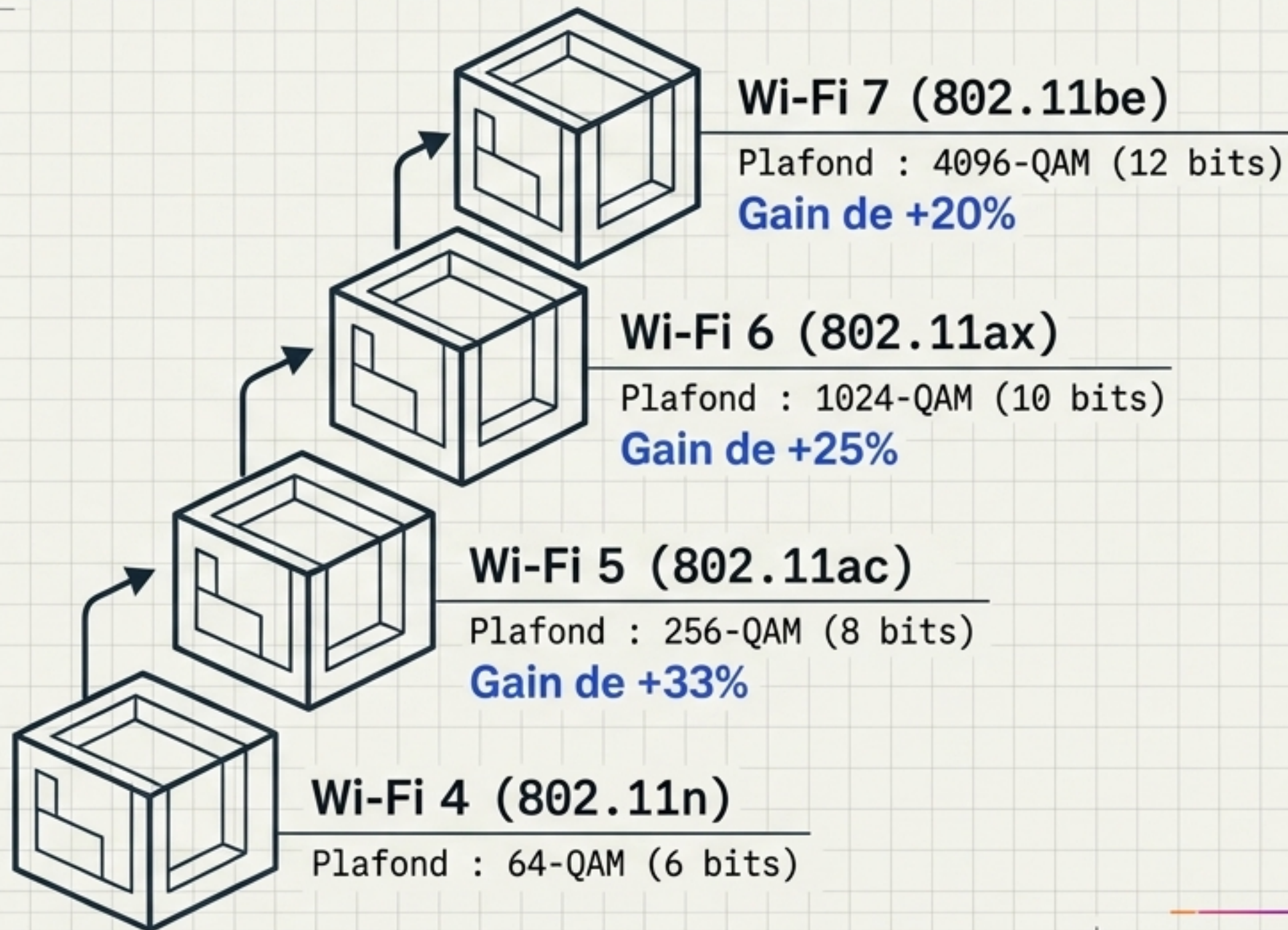
L'échelle des modulations :

Matrice diagnostique des performances

Modulation	Bits par symbole	Sensibilité aux erreurs	Exigence SNR	Cas d'usage
BPSK	1	Très Faible	Très Bas	Limite de portée (Survie)
QPSK	2	Faible	Bas	Croisière longue distance
16-QAM	4	Modérée	Modéré	Équilibre optimal
64-QAM	6	Élevée	Élevé	Vidéo HD (Distance courte)
256-QAM	8	Extrême	Très Élevé (>30 dB)	Proximité immédiate (Performance)

Diagnostic: Chaque saut de modulation augmente drastiquement le débit, mais **rétrécit simultanément la zone de couverture radio.**

L'évolution du Wi-Fi pousse la densité spectrale sans changer la physique



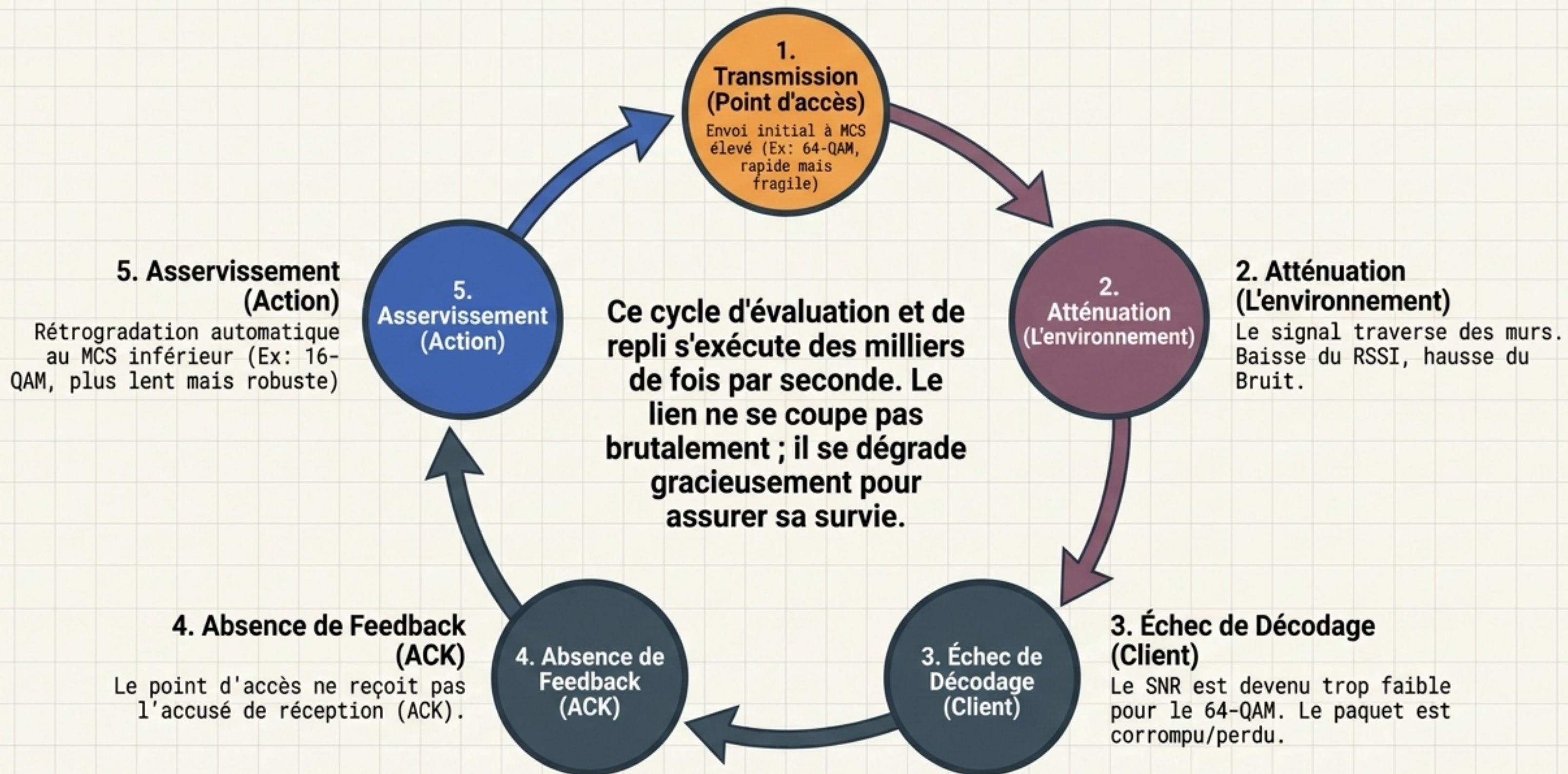
La Limite Physique :

Chaque génération ajoute des 'vitesses' supérieures à la boîte MCS.

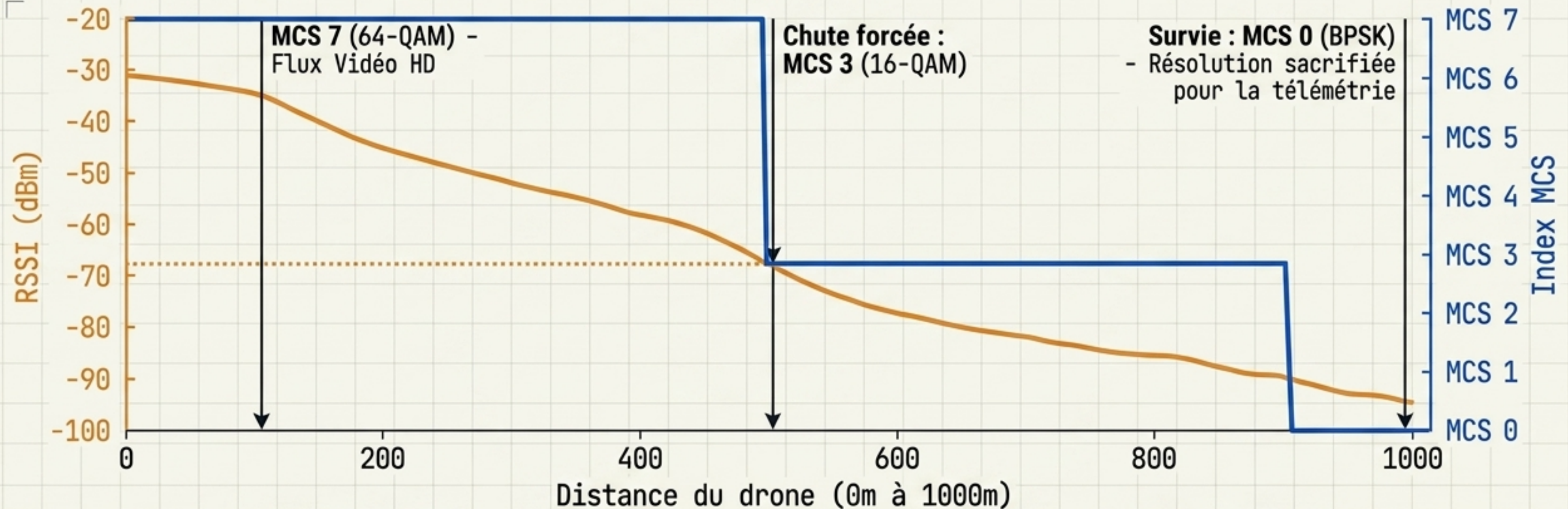
Cependant, atteindre 4096-QAM requiert un SNR colossal (>43 dB).

Sans un signal parfait (proximité immédiate), un client Wi-Fi 7 rétrogradera automatiquement aux mêmes modulations qu'un client Wi-Fi 4.

La Boucle d'Asservissement : Le Wi-Fi comme organisme réflexif

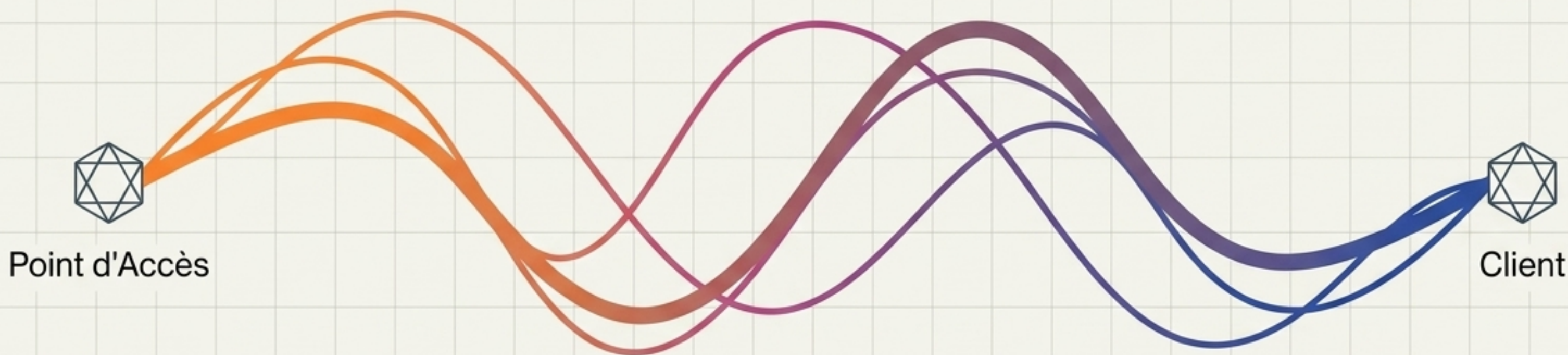


Cas Pratique (OpenHD) : Maintenir un lien vidéo vital à la limite de portée



Dans les systèmes de télémétrie de drones, la gestion dynamique de la variable '**Bitrate**' via l'asservissement MCS empêche l'écran noir (le '**Cliff Effect**'). La survie du contrôle prime absolument sur la résolution de l'image.

Conclusion : La négociation permanente de la couche physique



Une Conversation Dynamique

Un lien Wi-Fi n'est pas un câble statique invisible. C'est une négociation continue et millimétrée entre deux antennes.

Le Dictat de l'Environnement

La capacité réelle d'un réseau ne dépend pas uniquement du matériel dernier cri, mais de la clarté absolue de l'environnement RF (SNR).

Le Cœur du Protocole

L'asservissement (Rate Adaptation) est le mécanisme exact qui empêche le monde sans fil de s'effondrer sous le poids de son propre bruit.