

Partage en fréquence



Eric ALLAIX

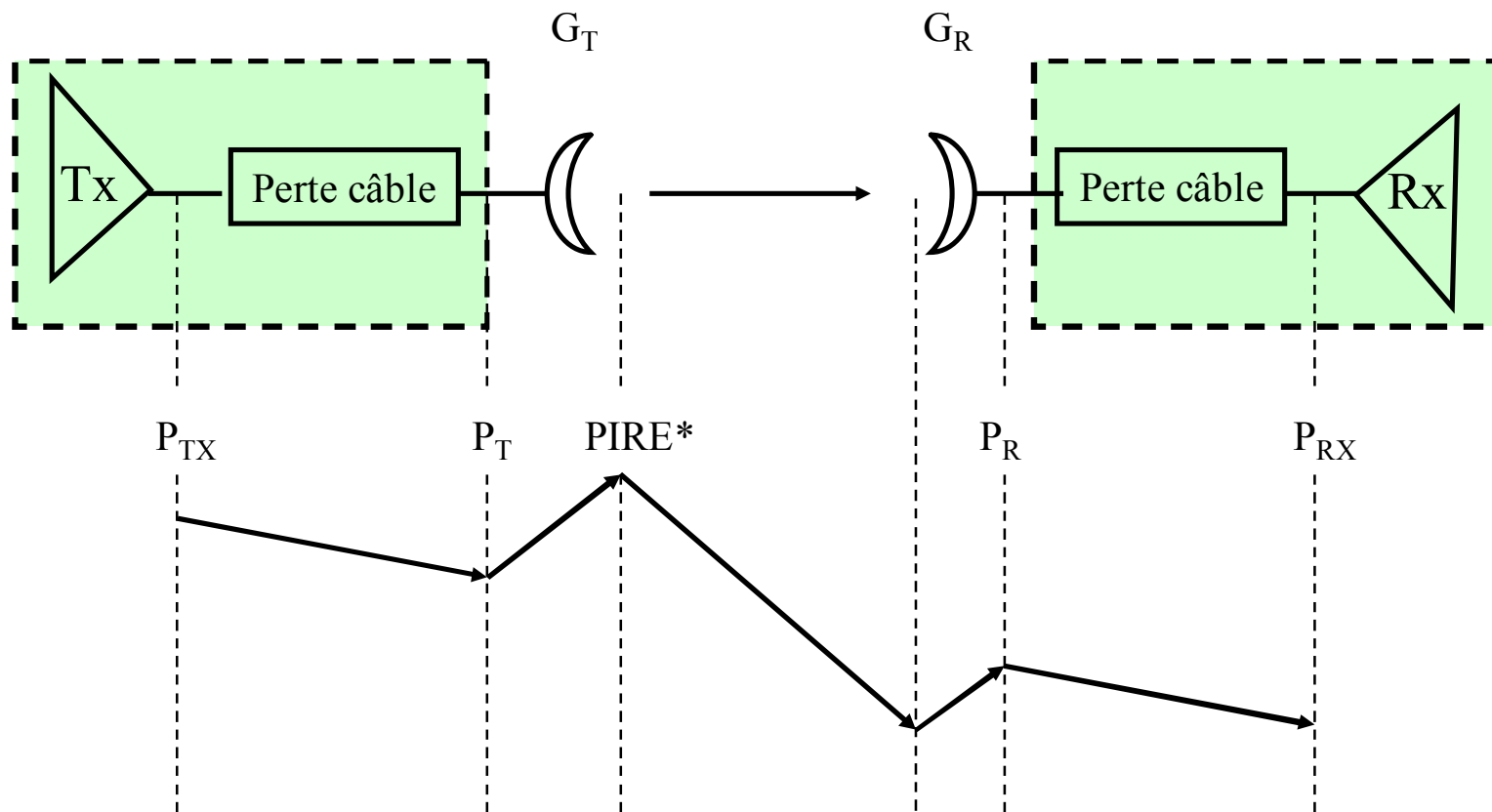
DGAC-DSNA-SDPS-FSR

Recours, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
ravenir**

Partage en fréquence

- le bilan de liaison



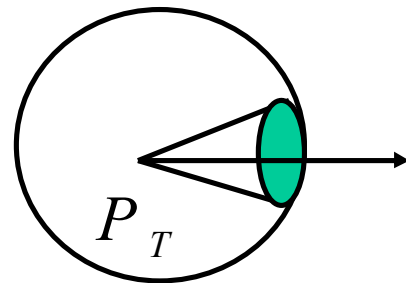
*PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Effective)

Partage en fréquence

- Notions d'antenne

- Antenne isotrope :

- La Puissance émise par unité d'angle solide par une antenne isotrope provenant d'une source radio-fréquence de puissance P_T est donnée par:

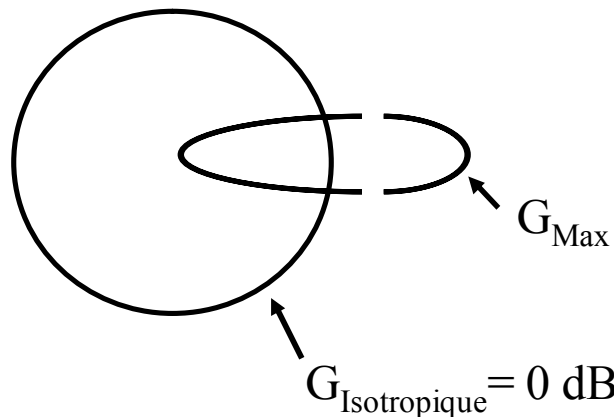


$$\frac{P_T}{4\pi} \quad (\text{W/steradian})$$

Gain d'une antenne isotrope = 0 dB

- Gain d'antenne :

Puissance rayonnée par l'antenne dans une direction donnée
Puissance rayonnée par l'antenne isotrope



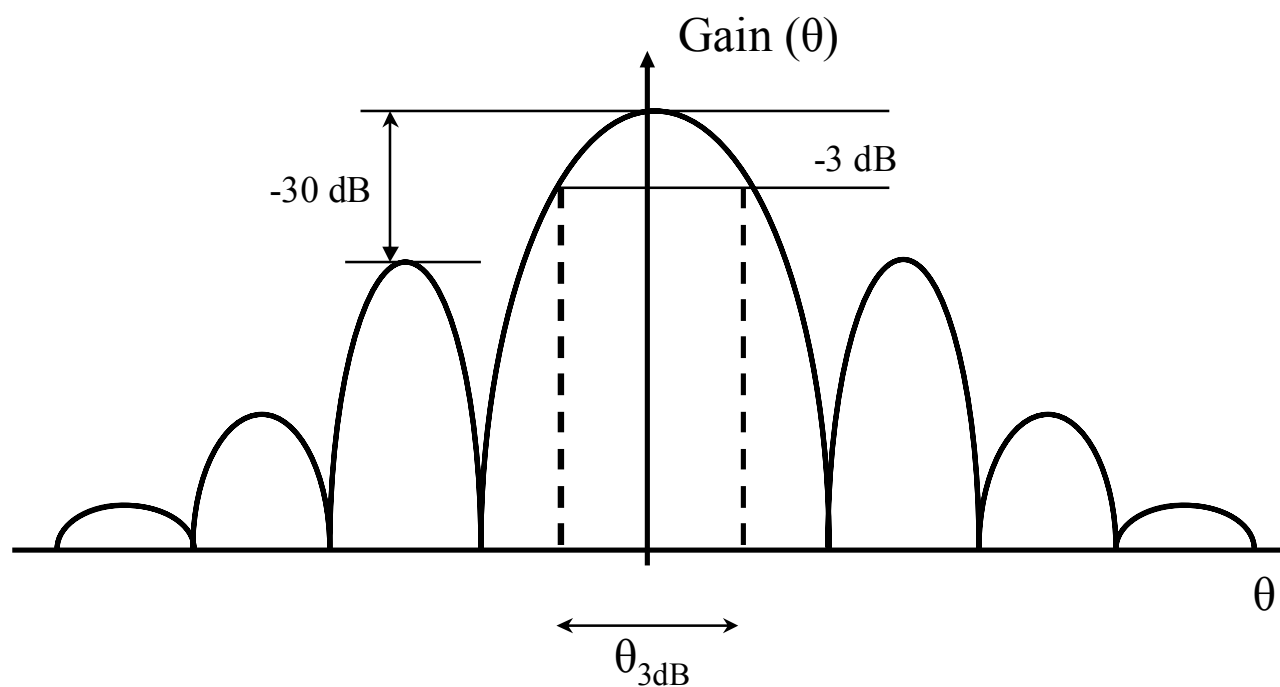
$$G_{Max} = \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right) A_{eff}$$

Pour une antenne de diamètre D :

$$A_{eff} = \eta \frac{\pi D^2}{4} \quad G_{Max} = \eta \left(\frac{\pi D f}{C} \right)^2$$

Partage en fréquence

- Notions d'antenne (suite)
 - Diagramme de rayonnement



Partage en fréquence

- Modèle de propagation :
 - Affaiblissement en espace libre LFS
 - Affaiblissement en milieu urbain ou à proximité du sol (obstacles dans l'ellipsoïde de Fresnel) : modèles de Hata
 - atténuation atmosphérique L_A
 - Réflexions atmosphériques (ondes de ciel...)
 - Multitrajets
- Ex: Propagation air (avion) / sol (balise)

$$\text{---} \left(L = L_{FS} + L_A \right) \text{---}$$

$$L_{FS} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$$

- Atmosphère

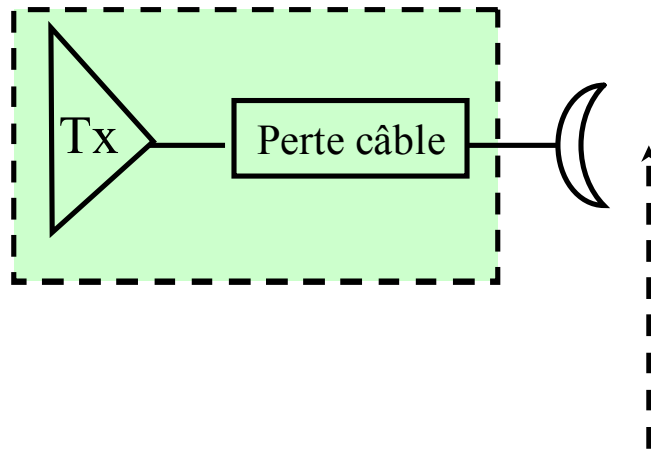
$$L_A = \text{--- Condition météo}$$

- ...



Partage en fréquence

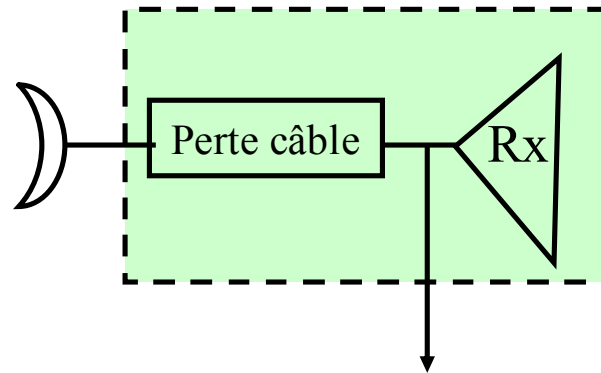
La PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Effective)



$$\text{PIRE(dB)} = G_{T(\text{dB})} + P_{T(\text{dBW})} = G_{T(\text{dB})} + P_{\text{TX}(\text{dBW})} - L_{\text{Câble}(\text{dB})}$$

Partage en fréquence

- **Puissance reçue**



$$P_{RX(dB)} = P_{TX(dBW)} - L_{Câble(dB)} + G_T(dB) - L_{FS(dB)} - L_A(dB) + G_R(dB) - L_{Câble(dB)} - L_{pol}$$

Partage en fréquence

- Notion de bruit :

- Niveau de bruit intrinsèque du récepteur :

$$N_{(w)} = KTB$$

B : largeur de bande FI du récepteur

K : Constante de Boltzmann $1.38 \cdot 10^{-23} > -228.6 \text{ dBW} \cdot \text{Hz}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

T : température de bruit du système (K).

$$N_{0(w/Hz)} = KT$$

$$N_0 = N/B$$

=> Formule utile à $T = 290 \text{ °K}$:

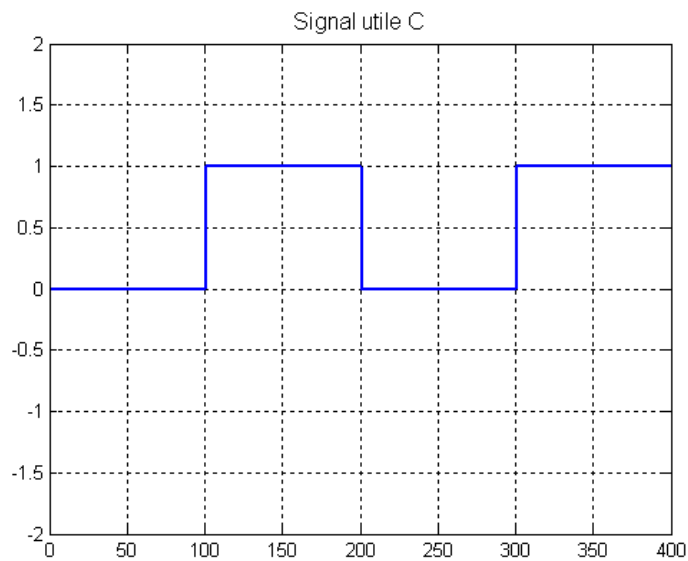
$$10 \log (K \cdot 290) = -204 \text{ dBW/Hz}$$

$$= -144 \text{ dBW/MHz} = -114 \text{ dBm/MHz}$$

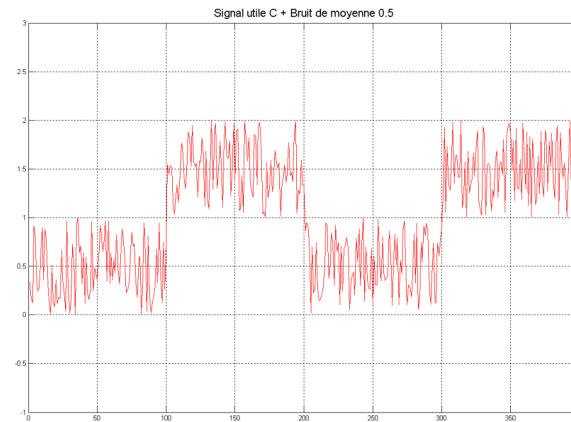
- Température de bruit intrinsèque : T dépend de la température de l'antenne T_A , du câble $T_{\text{Câble}}$ et du récepteur $T_{\text{Récepteur}}$

$$T = T_A / L_{\text{Câble}} + T_{\text{Câble}} (1 - 1/L_{\text{Câble}}) + T_{\text{Récepteur}}$$

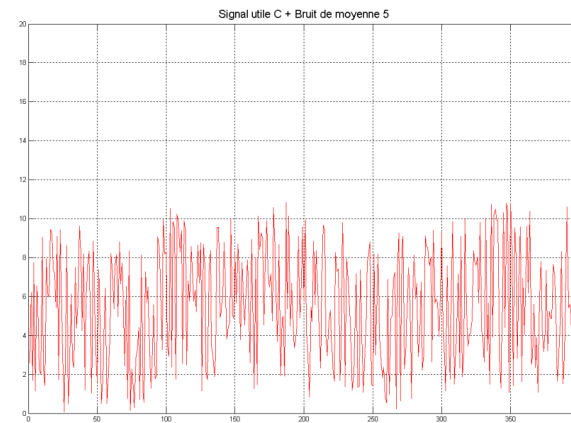
Partage en fréquence



C/N
Suffisant



C/N
Insuffisant



Partage en fréquence

- Rapport signal sur bruit :

$$\frac{C}{N} = \underbrace{\left(\frac{P_{TX} G_{T \max}}{L_{Câble}} \right) \left(\frac{1}{L_{FS} L_A} \right) \left(\frac{G_{R \max}}{L_{Câble} L_{Pol}} \right)}_{\text{Signal utile}} \underbrace{\left(\frac{1}{\frac{T_A}{L_{Câble}} + T_{Câble} \left(1 - \frac{1}{L_{Câble}} \right) + T_{récepteur}} \right) \left(\frac{1}{BK} \right)}_{\text{Bruit}}$$

En dB

$$\frac{C}{N_0} (dB.Hz) = \frac{C}{N} B$$

Partage en fréquence

- Critère de protection d'un système ou d'un service :
 - I/N
 - Ex: pour protéger les radars
 - C/I
 - Ex: pour protéger les DME
 - Marges liées à la « sécurité de la vie »
 - Ex: 6dB de marge pour les systèmes aéronautiques
 - Marges liées au partage des interférences entre plusieurs systèmes
 - Ex: 6dB de marge si 4 systèmes contribuent à l'interférence
 - $\Delta T/T$ ou $\Delta(C/N)$
 - Ex: pour protéger les satellites

Partage en fréquence

- Critère $\Delta T/T$:
 - $T_{\text{tot}} = KB(T+\Delta T)$ avec $\Delta T=I/KB$
 - Intérêt du critère : I est souvent plus dimensionnant que N

- Critère $\Delta(C/N)$:

$$\Delta \frac{C}{N_0} = \left(\frac{C}{N_0} \right) \cdot \left(\frac{N_0 + I}{C} \right) = \frac{N_0 + I}{N_0}$$

- Utilisé dans les calculs de limitation de la puissance surfacique rayonnée par le satellite au niveau du sol



Partage en fréquence

$\Delta T/T$ (Système satellitaire)

I/N

- Ex: pour protéger les radars l'interférence ne doit être au maximum 6 dB en dessous du Bruit: $I/N = -6$ dB.

Séparation géographique:

- LFS suffisamment grand pour que le $C/(N_0+I)$ soit suffisamment grand.

Limite de PIRE

Limitation du diagramme de rayonnement de l'antenne

Limitation des rayonnements non désirés (filtrage en émission)

Séparation spectrale

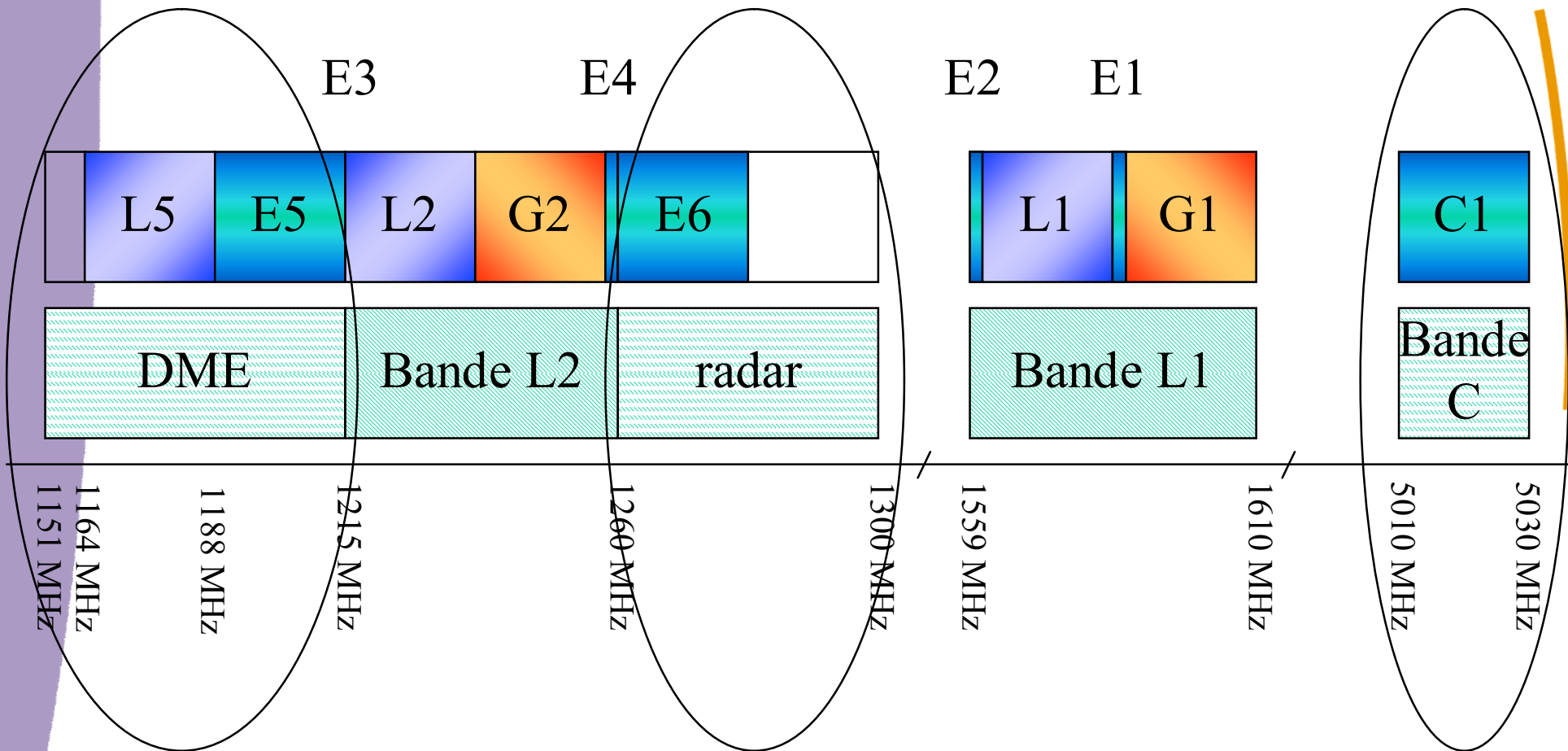
....

Exemple: les systèmes satellitaires

TYPES DE BROUILLAGES

Système brouillé	Système brouilleur	Solution du problème	
		Limitations	Méthode d'élimination
Satellite	Faisceau hertzien	Pointage et PIRE du faisceau hertzien	—
Faisceau hertzien	Satellite	Puissance surfacique rayonnée par le satellite à la surface de la Terre	—
Station terrienne Faisceau hertzien	Faisceau hertzien Station terrienne	Limites en vue de faciliter la compatibilité	Zone de coordination et contours auxiliaires
Système à satellite	Système à satellite	Limites en vue de faciliter la compatibilité	Accroissement de température de bruit $\Delta T/T$

Etude de partage en fréquence



MERCI!

