

# Systemes Radar

## 24 - 25 juin 2021



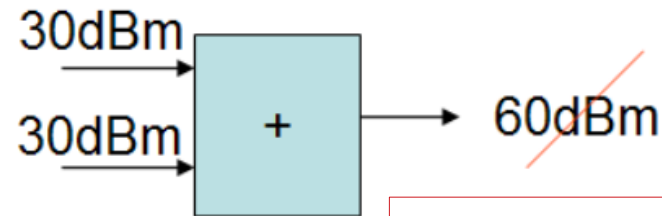
*Bureau d'études  
Systemes radar*

Franck Daout  
fdaout@parisnanterre.fr

<https://cva-geii.parisnanterre.fr/>

CFD - Bourges

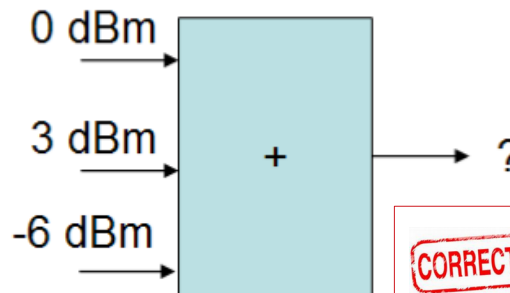
## Attention à l'addition de puissance



CORRECTION

**$33\text{dBm}$**

Exemple :



CORRECTION

**$5.12\text{dBm}$**

## Application a l'utilisation des dB et dBm

- Si l'affaiblissement est de 30 dB, quel est le rapport  $|V_e/V_s|$  ?
- Un filtre a une atténuation de 12 dB. Sachant que la tension d'entrée est de 4,2 V, quelle sera la tension de sortie ?
- On entre une puissance de 2 mW dans un amplificateur de 20 dB. Quelle sera la puissance de sortie ?
- Considérons une liaison point à point qui est réalisée avec une ligne et un seul amplificateur. La perte sur la première portion de la ligne est de 13 dB, le gain de l'amplificateur est de 30 dB et la perte sur la seconde portion de la ligne est de 40 dB. Quel est le gain (ou la perte) ? Quelle est la puissance en dBm du signal de sortie, sachant que le signal d'entrée a une puissance de 1 mW ?

# Application a l'utilisation des dB et dBm



- Si l'affaiblissement est de 30 dB, quel est le rapport  $|V_e/V_s|$  ?
  - 0,0316
- Un filtre à une atténuation de 12 dB. Sachant que la tension d'entrée est de 4,2 V, quelle sera la tension de sortie ?
  - 1,05V
- On entre une puissance de 2 mW dans un amplificateur de 20 dB. Quelle sera la puissance de sortie ?
  - 0.2W (23dBm)
- Considérons une liaison point à point qui est réalisée avec une ligne et un seul amplificateur. La perte sur la première portion de la ligne est de 13 dB, le gain de l'amplificateur est de 30 dB et la perte sur la seconde portion de la ligne est de 40 dB. Quel est le gain (ou la perte) ? Quelle est la puissance en dBm du signal de sortie, sachant que le signal d'entrée a une puissance de 1 mW ?
  - Atténuation de 23dB,
  - Puissance de sortie 23dBm

## Application a l'utilisation des dB et dBm

Sachant que  $X_{dB} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$  complétez le tableau suivant :

$P_1 / P_2$		2		10		1/10000	
$X_{dB}$	0dB		-30 dB		-3dB		20dB

On entre une puissance de 100 mW dans un amplificateur de 20 dB. Quelle sera la puissance de sortie en dBm ?

On entre une puissance de 0 dBm dans un atténuateur de 5 dB. Quelle sera la puissance de sortie en dBm ?

Dans un dispositif il y rentre une puissance de -10 dBm et il en ressort une puissance de 10 dBm. Est-ce qu'il y a eu amplification ou affaiblissement et de combien ?

# Application a l'utilisation des dB et dBm



Sachant que  $X_{dB} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$  complétez le tableau suivant :

$P_1 / P_2$	1	2	0.001	10	0.5	1/10000	100
$X_{dB}$	0dB	3	-30 dB	10	-3dB	-40	20dB

On entre une puissance de 100 mW dans un amplificateur de 20 dB. Quelle sera la puissance de sortie en dBm ?

→ 40dBm

On entre une puissance de 0 dBm dans un atténuateur de 5 dB. Quelle sera la puissance de sortie en dBm ?

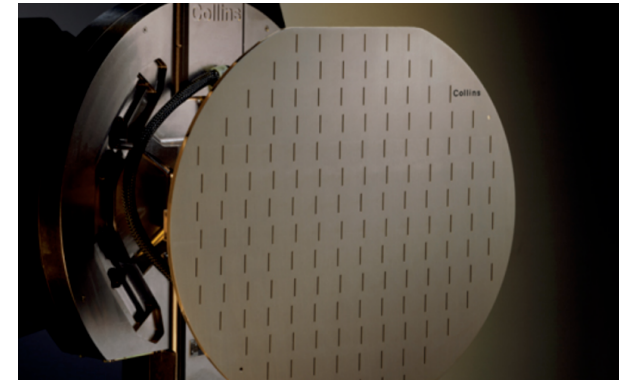
→ -5dBm

Dans un dispositif il y rentre une puissance de -10 dBm et il en ressort une puissance de 10 dBm. Est-ce qu'il y a eu amplification ou affaiblissement et de combien ?

→ Amplification de 20dB

## Atelier 1 : Radar météo TWR-850/WXR-840 Rockwell-Collins

Ref	RTA-800
Range max	340 nm
Ranges	5,10,25,50,100,200,300 nm
Transmitter Power	35W Nominal
Frequency	X band
Pulse length	1.8, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, or 28.8 micro sec
Scan Rate	27°/second
<b>Antenna</b>	
Type	Flat plate
Size	30.5cm (12 in)
Beam Width	8°
Scan Angle	120°
Tilt	+/- 15°



Remarque : 1 mille nautique (marin) = 1852m

### Atelier 1 : analyse des informations constructeur



- 1) Déterminer les bandes de fréquences balayées par le radar.
- 2) Calculer quelle est la bande de longueur d'ondes utilisée par le radar.
- 3) Déterminer les distances minimum et maximum de détection du radar.
- 4) Déterminer le temps de vol associé à ces distances
- 5) Déterminer la précision en distance
- 6) Déterminer la précision angulaire du radar.
- 7) Déterminer la taille minimum de la surface de confusion.
- 8) Quelle est probablement la PRF



# Atelier 1 : Éléments de correction (1/2)



1. La seule information dont on dispose est que la radar opère en bande X. Une recherche internet indique que cette bande est définie entre les fréquences 8GHz et 12GHz. Une recherche plus précise sur ce système montre que la fréquence utilisée est de 9.435GHz
2. La longueur d'onde s'exprime en fonction de  $c=3e8m/s$  et de la fréquence :  $\lambda = c/f$  soit pour la fréquence de 8GHz  $\lambda = 3.75cm$  et pour la fréquence de 12GHz :  $\lambda = 2.5cm$
3. En utilisant le tableau de spécification, la portée minimum est 5 miles nautique soit 9.26km, la portée max est 300 miles nautique soit 556km
4. Pour la portée min, le temps de vol correspond à  $t = 2d/c = 61,7\mu s$  et pour la distance maximum  $t = 3700\mu s$
5. Le pouvoir discriminateur en distance (la résolution) d'un radar est exprimé par la relation :  $\delta d = c\tau/2$  (150m par  $\mu s$ ) avec  $\tau$  la largeur d'impulsion. Dans le tableau de spécification, la durée d'impulsion varie entre  $1.8\mu s$  et  $28.8\mu s$  soit une résolution qui varie entre 270m et 4320m.

## Atelier 1 : Éléments de correction (2/2)



6. Le pouvoir discriminatoire angulaire d'un radar est lié à la nature de l'antenne utilisée notamment à l'ouverture angulaire à mi-puissance de son lobe d'antenne (ouverture à 3dB). On estime en moyenne qu'à : (\*) l'intérieur de l'ouverture à mi-puissance de l'antenne, les échos sont perceptibles ; (\*\*) l'extérieur de cette zone, ces mêmes échos deviennent rapidement très faibles. Cela revient à admettre que deux objets forment deux plots angulairement distincts, s'ils ne se trouvent pas en même temps dans l'ouverture à mi-puissance de l'antenne, ce qui n'est évidemment vrai que dans une certaine plage de force d'échos. En utilisant le tableau de spécification du radar, l'ouverture à 3dB est de  $8^\circ$ .
7. Deux cibles peuvent être séparées en distance ou angulairement, il existe donc un domaine d'espace associé à chaque radar, à l'intérieur duquel deux cibles ne peuvent donner naissance à deux signaux distincts. Ce volume est appelé volume de confusion. Il est défini à partir des pouvoirs discriminatoires : en distance  $\delta d$ , en angle  $\theta_{3dB}$ . La résolution angulaire conduit à une distance en fonction de la portée  $d_\theta = d\theta_{3dB}$  avec  $\theta_{3dB}$  exprimée en rad. Dans notre cas, pour une distance de 5 miles nautique, la résolution angulaire conduit à une distance de 1290m. Pour une largeur d'impulsion de  $1.8\mu s$ , la résolution distance est de 270m. Ainsi le volume de confusion est de  $0.349km^2$
8. La portée maximum du radar est de 340 mile nautique soit 629.7km. En utilisant la relation  $R_{max} < \frac{c}{2PRF}$ , on déduit que  $PRF < \frac{c}{2R_{max}}$  soit dans notre cas  $PRF < 238Hz$

## Atelier 2 : Radar impulsionnel de poursuite

Un radar impulsionnel de poursuite envoie des impulsions sur la fréquence 3GHz. La durée de ces impulsions est de  $1\mu\text{s}$  avec une fréquence de répétition de 400Hz. La puissance crête est de 800kW.



- **Déterminer la puissance moyenne d'émission de ce radar**
- **Déterminer la dimension de la cellule de résolution**
- **Déterminer la distance aveugle**
- **Quelle est la distance d'ambiguïté associée à ce radar**
- **Une cible est située à 200Km du radar. Indiquer le retard qui est mesuré par le radar.**
- **Une cible est située à 400Km du radar. Indiquer le retard qui est mesuré par le radar.**

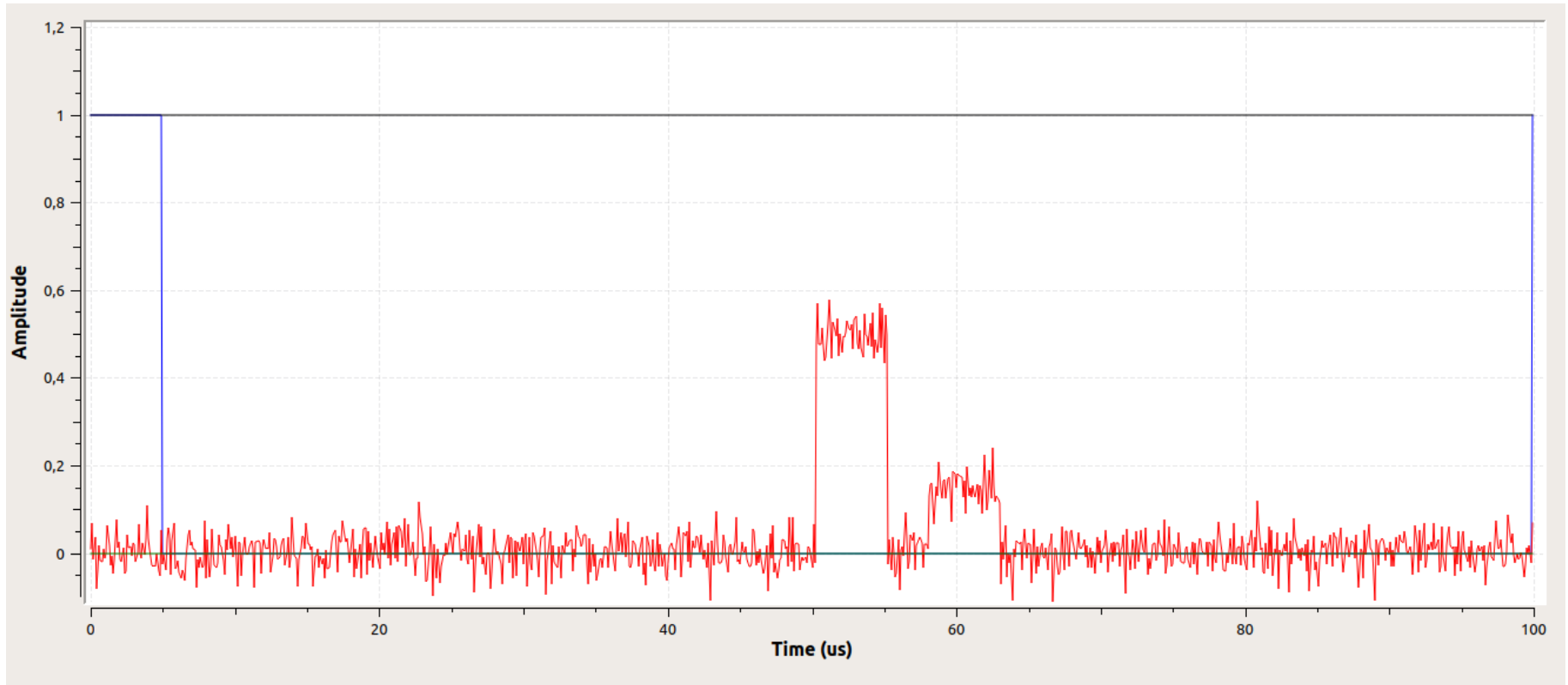
## Atelier 2 : Élément de correction

Un radar impulsionnel de poursuite envoie des impulsions sur la fréquence 3GHz. La durée de ces impulsions est de 1 $\mu$ s avec une fréquence de répétition de 400Hz. La puissance crête est de 800kW.



- **Déterminer la puissance moyenne d'émission de ce radar :**  
 $P_{\text{moy}} = 320\text{W}$
- **Déterminer la dimension de la cellule de résolution :**  
 $\delta r = 150\text{m}$
- **Déterminer la distance aveugle :**  $d_{\text{aveugle}} = 150\text{m}$
- **Quelle est la distance d'ambiguïté associée à ce radar :**  
 $d_{\text{ambigue}} = 375\text{Km}$
- **Une cible est située à 200Km du radar. Indiquer le retard qui est mesuré par le radar :**  $t_1 = 1.34\text{ms}$
- **Une cible est située à 400Km du radar. Indiquer le retard qui est mesuré par le radar :**  $t_1 = 0.167\text{ms}$  (ambiguïté)

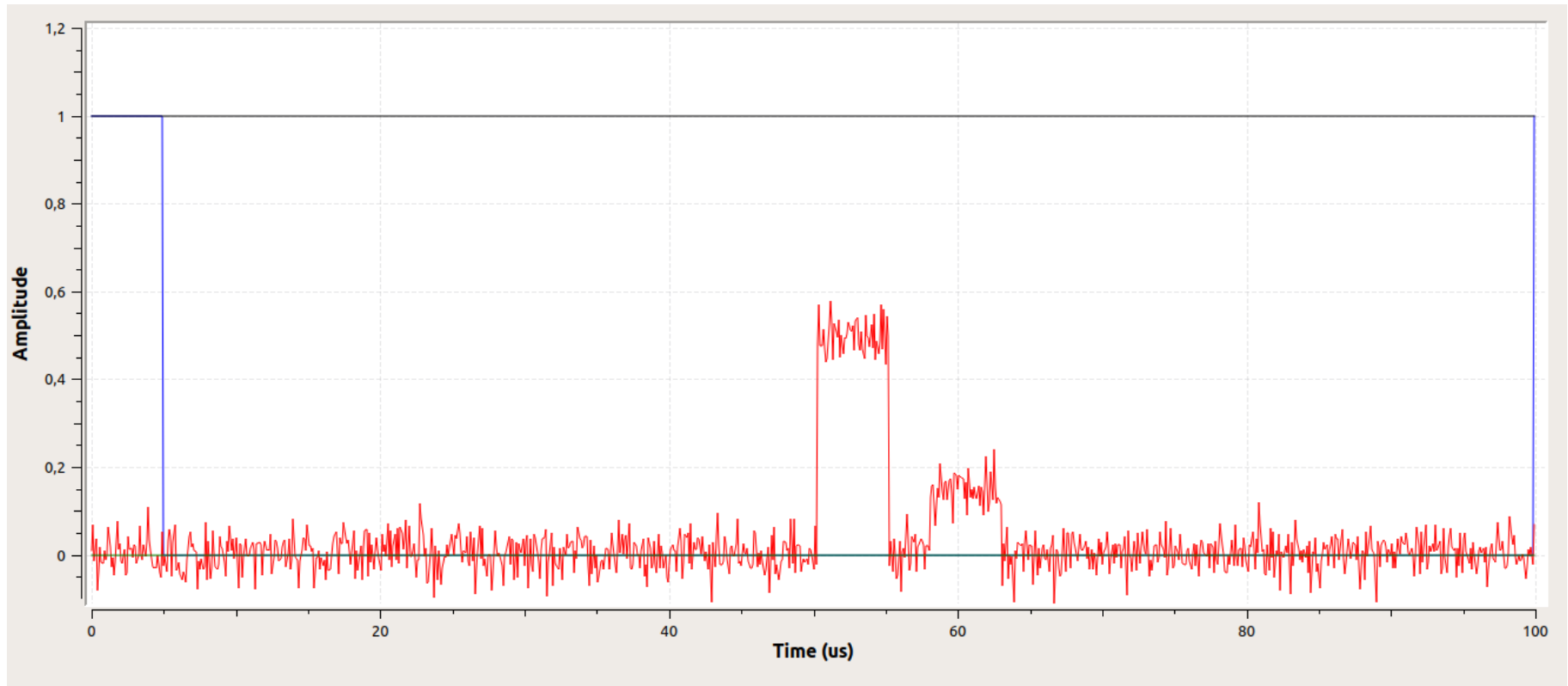
## Atelier 3 : Étude d'un signal radar impulsionnel



- Déterminer la largeur d'impulsion, en déduire la résolution distance du radar
- Déterminer la PRF, quelle est la portée maximal du radar
- Déterminer le nombre de cibles et leurs locations distance

## Atelier 3 :

**CORRECTION**



- $\tau=5\mu\text{s} \rightarrow \delta_r=750\text{m}$
- $\text{PRF}=10\text{KHz} \rightarrow \text{distance ambiguïté}=15\text{Km}$
- 2 cibles  $\rightarrow \text{distance cible 1} = 7.5\text{Km}$  ;  $\text{distance cible 2} = 8.7\text{Km}$

### Atelier 4 : Utilisation de l'équation radar



*Radar de contrôle de trafic aérien*

**Déterminer la puissance d'émission d'un radar TRACS ayant les caractéristiques suivante**

- $P_{rmin} = 10^{-13}$  Watts
- $G=2000$
- $F=1.3\text{GHz}$
- $PRF=520\text{Hz}$
- $\sigma=2.0\text{m}^2$

- 1) Calculer  $\lambda$
- 2) Exprimer les grandeurs en dB,dBi,dBm
- 3) Déterminer la portée du radar
- 4) Déterminer la puissance d'émission en dBm
- 5) En déduire la puissance en W



## Atelier 4 : Utilisation de l'équation radar



Déterminer la puissance d'émission d'un radar TRACS ayant les caractéristiques suivante

- $P_{rmin} = 10^{-13}$  Watts
- $G = 2000$
- $F = 1.3\text{GHz}$
- $PRF = 520\text{Hz}$
- $\sigma = 2.0\text{m}^2$

1) Calculer  $\lambda$

$$\lambda = 0.23$$

2) Exprimer les grandeurs en dB,dBi,dBm

$$P_{rmin} = -100\text{dBm}, G = 33\text{dBi}, \sigma = 3\text{dBi}$$

3) Déterminer la portée du radar

$$R_{max} = 288\text{km}$$

4) Déterminer la puissance d'émission en dBm

$$P_e = P_{rmin} - G_e - G_r - \sigma + 40\log(R_{max}) - 20\log(\lambda) + 33 = 94.7\text{dBm}$$

5) En déduire la puissance en W

$$P_e = 2.95\text{MW}$$





## Atelier 5



**Problème : Déterminer la puissance reçue par le système radar décrit ci-dessous :**

- **Fréquence : 2800MHz**
- **Bande de fréquence : 1.67MHz**
- **PRF : 1200 Hz**
- **Largeur de l'impulsion : 0.6 $\mu$ s**
- **Puissance d'émission : 1.4MW (puissance peak)**
- **Gain de l'antenne : 33dBi**
- **Distance de la cible : 110 km (60 Mille marin)**
- **SER de cible : 1m<sup>2</sup>**

## Atelier 5

**CORRECTION**

$$P_{R(dBm)} = P_{E(dBm)} + G_{E(dBi)} + G_{R(dBi)} + \sigma_{dBm^2} + 20 \log(\lambda) - 40 \log(D) - 33$$

	+	-
$P_e = 1.4 \text{ Mw} \rightarrow 91.5 \text{ dBm}$	91.5	
$G_e = 33 \text{ dBi}$	33	
$G_r = 33 \text{ dBi}$	33	
$\sigma = 1 \text{ m}^2 \rightarrow 0 \text{ dBm}^2$	0	
$F = 2800 \text{ MHz} \rightarrow \lambda = 0.107$		19.4
$D = 110 \text{ Km}$		202
		33
	158	254

Puissance recue =  $158 - 254 = -96 \text{ dBm} \rightarrow 0.25 \text{ pW}$