

Amplification – Gain - Atténuation - Décibel

Ce qu'il faut savoir.

1°) Le programme

Lu dans le document « programme des épreuves » sur le site de l'ANFR

3. Puissance et énergie :

Rapports de puissance correspondant aux valeurs en dB suivantes : 0 dB, 3 dB, 6 dB, 10 dB et 20 dB (positives et négatives) ;

Rapports de puissance entrée/sortie en dB d'amplificateurs et/ou d'atténuateurs ;

Relation entre puissance d'entrée et de sortie et rendement ;

L'effet de peau.

2°) Gain

a) rendement

Dans un amplificateur, on peut mesurer la puissance consommée (avec un wattmètre) à l'entrée que l'on notera P_e et la puissance à la sortie notée P_s .

On appelle rendement noté r le quotient de P_s par P_e

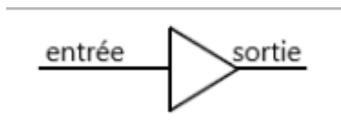
$$r = \frac{P_s}{P_e}$$

Par exemple si $P_e = 150W$ et $P_s = 200W$

$$r = P_s/P_e = 200/150 = 0,75 = 1,33$$

Le rendement est exprimé dans une autre unité, pour des raisons de commodité, en utilisant une échelle logarithmique, le décibel noté dB.

b) Rapport de puissance en dB (décibel) pour un amplificateur



Représentation symbolique d'un amplificateur

Dans le cas particulier où $P_s/P_e = 2$, on dit que le rapport de puissance ou gain en dB (décibel) est $G = 3dB$ ou $G = +3dB$ (pourquoi ? Voir 2° - h un peu plus bas)

Par exemple si $P_s=2w$ et $P_e = 1W$ alors $P_s/P_e = 2$ donc $G = 3db$

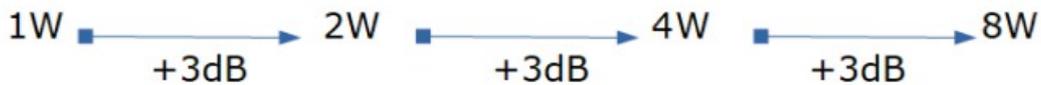
Si la puissance de sortie est le double de la puissance d'entrée, le gain est 3dB

c) Exemple 1

Plaçons en série 2 amplificateurs donc le gain est 3 dB



d) Exemple 2



Le gain global de ces 3 amplificateurs de 3dB en série est 9dB, qui correspond à une multiplication de la puissance d'entrée par 8

e) Amplification 10dB

Un amplificateur de gain 10 dB correspond à une multiplication par 10 de la puissance d'entrée (pourquoi ? Voir 2° - h un peu plus bas)

f) résumé

Gain	explication	La puissance d'entrée est multipliée par	Pe	Ps
3dB		2	25W	50W
6db	3dB + 3dB	4	25W	100W
9dB	3dB+3dB+3dB	8	25W	200W
10dB		10	25W	250W
13dB	10dB + 3dB	20	25W	500W
20dB	10dB + 10dB	100	25W	2,5kW

g) Exemples (voir correction en fin de chapitre)

Gain	explication	La puissance d'entrée est multipliée par	Pe	Ps
+3dB		Multipliée par 2	50W	100W
			1W	100W
			20W	80W
6 dB			50W	
9 dB				800W
13 dB				120W
23 dB			1W	

h) Pour ceux qui veulent en savoir plus (à ne pas apprendre)
 Une formule permet de calculer le gain en dB si on connaît P_e et P_s

$$G = 10 \times \log \left(\frac{P_s}{P_e} \right)$$

Par exemple $P_s = 100W$ $P_e = 25W$ $G = 10 \times \log (100/25) = 6,02$ soit 6dB
 On retrouve le résultat de la première ligne du premier tableau.

Le gain est 0dB si $P_s = P_e$

3°) Atténuation

a) remarques

Si P_s est supérieur à P_e , il y a amplification

Si P_s est inférieur à P_e , il y a atténuation

Employons la formule ci-dessus dans le cas où $P_s = 1W$ et $P_e = 2W$

$$G = 10 \times \log(1/2) = -3,01dB$$

Une atténuation donne un gain négatif

Une atténuation de -3dB correspond à une division par 2 de la puissance d'entrée !

b) à retenir

Gain		La puissance d'entrée est divisé par
-3dB		2
-6dB	(-3dB) + (-3dB)	4
-9dB	(-3dB) + (-3dB) + (-3dB)	8
-10 dB		10
-20dB	(-10dB) + (-10 dB)	100
-30dB	(-10dB) + (-10 dB) + (-10dB)	1 000

c) atténuations et amplifications

P_e (W)	P_s (W)	La puissance d'entrée est multipliée ou divisée par ?	Gain
10	20	Multiplication par 2	+3dB
20	10	Division par 2	-3dB
20	40	Multiplication par 2	+3dB
40	160	Multiplication par 4 soit par 2 puis par 2	(+3dB) + (+3dB) = (+6dB)
10	160	Multiplication par 16 soit par 2 puis par 2 puis par 2 puis par 2	(+3dB) + (+3dB) + (+3dB) + (+3dB) = (+12dB)
10	1	Division par 10	-10dB
100	1	Division par 100	-20dB
100	25	Division par 4	-6dB

160	20	Division par 8	-9dB
-----	----	----------------	------

4°) Suite d'amplificateurs et d'atténuateurs

a) Exemples

exemple1 : un amplificateur est tel que $G_1 = 6\text{dB}$ est suivi d'un atténuateur de -3dB . Injectons une puissance de 1W à l'entrée de l'amplificateur

1W -----(gain 6dB)----- 4W ----- (atténuation -3dB)----- 2W
en résumé

1W ----- 2W

le gain est 3dB (remarque : $6\text{dB} + (-3\text{dB}) = 3\text{dB}$)

exemple2 : un amplificateur est tel que $G_1 = 3\text{dB}$ est suivi d'un atténuateur de -9dB . Injectons une puissance de 1W à l'entrée de l'amplificateur

1W -----(gain 3dB)----- 2W ----- (atténuation -9dB)----- $0,25\text{W}$
en résumé

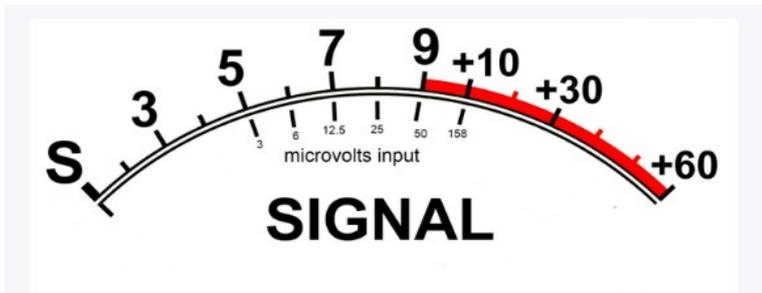
1W ----- $0,25\text{W}$

la puissance d'entrée est divisée par 4 soit $G = -6\text{dB}$

remarque : $3\text{dB} + (-9\text{dB}) = -6\text{dB}$ (ce qui correspond bien à une division par 4 de la puissance d'entrée)

A retenir : le gain global d'une chaîne est égal à la somme des gains et atténuations de chaque élément.

5°) Le S-mètre



Cet appareil est destiné à mesurer la puissance reçue à l'entrée d'un récepteur. Il est gradué de S1 à S9, au-delà, les mesures sont données « en dB au dessus de S9 »

L'IARU (Union Internationale des radioamateurs) a fixé la valeur du point S pour les récepteurs HF et VHF.

Pour la HF

Point S	μV ($50\ \Omega$)	Watt
S9	50.2	50 pW
S8	25.1	12.5 pW
S7	12.6	3.16 pW
S6	6.3	794 fW
S5	3.2	200 fW
S4	1.6	50 fW
S3	0.8	12.6 fW
S2	0.4	3.16 fW

pW : picowatt $1\text{ pW} = 10^{-12}\text{ W}$

fW : femtowatt $1\text{ fW} = 10^{-15}\text{ W}$

aW : attowatt $1\text{ aW} = 10^{-18}\text{ W}$

S1	0.2	794 aW
----	-----	------------------------

La valeur S9 a été fixée pour une tension de 50µV (sur une impédance d'entrée de 50Ω soit une puissance de 50 pW (faites le calcul $P = U^2/R$)

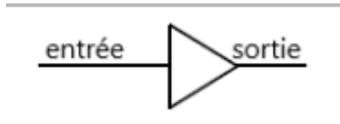
Pour S8, 25µV (la moitié soit -3dB), la puissance est alors de 12,5pW (divisée par 4! soit -6dB)

On peut vérifier que le même phénomène se reproduit pour passer de S8 à S7, de S7 à S6 etc.

Remarque importante : une atténuation de 6dB en puissance (division par 4) correspond à une atténuation de 3dB (division par 2) en tension. (ceci est dû au fait que $P = U^2/R$)

Exemple : les impédances d'entrée et de sortie sont 50 Ω

Pe= 2W
Calculer Ue



Calculer Ps
Calculer Us

Gain 6 dB

Calcul de Ue : $Ue = \sqrt{RP} = 10V$

Calcul de Ps : un gain de 6dB correspond à une multiplication par 4 donc Ps = 8W

Calcul de Us = $\sqrt{RP} = 20V$ (soit le double de Ue donc 3 dB)

Conclusion : **un gain en puissance de 6dB correspond à un gain en tension de 3dB**

A retenir : Plus généralement, le gain en tension est la moitié du gain en puissance (avec la même impédance)

Pour les VHF

Points S	µV (50 Ω)	Watt
S9	5.0	500 fW
S8	2.5	125 fW
S7	1.26	31.6 fW
S6	0.63	7.94 fW
S5	0.32	2 fW
S4	0.16	500 aW
S3	0.08	126 aW
S2	0.04	31.6 aW
S1	0.02	7.94 aW

On voit ici que la tension d'entrée est passée de 50µV à 5µV pour S9

Remarque : un correspondant est reçu S2, il a une puissance de 100W. Sans changer son antenne ni sa position, il faudra augmenter sa puissance de 6dB (x4) donc 400W pour être reçu S3 !! et passer à 1600W pour être reçu S4.

6°) Câble coaxial et dB

Les courants hautes fréquences circulent sur une **pellicule proche de la surface des conducteurs**, son épaisseur augmente quand la fréquence augmente. Par

conséquent, la résistance augmente quand la fréquence augmente, c'est l'effet de peau. Les pertes vont donc augmenter avec la fréquence.

On n'utilisera donc pas le même câble avec de la HF, des VHF...

L'atténuation d'un câble s'exprime en dB par 100m (dB/100m) pour une bande de fréquence donnée.

Le RG-5/U a une impédance de 50 ohms et une atténuation aux 100m :

- de -6,2dB pour 30 Mhz
- de -8,8 dB à 100 Mhz
- de -19,4 dB à 400 Mhz

Par exemple, si 1W à 400Mhz sont injectés à l'entrée d'un amplificateur de gain +20dB, relié à l'antenne par 25 m d'un coaxial dont l'atténuation est -24dB/100m . Quelle est la puissance reçue par l'antenne et le gain global ?

+20dB = 10dB (X10) suivi de 10dB (X10) donc +20dB correspond à une multiplication par 100

-24dB/100m correspond à -6dB pour 25m (division par 4)



gain (+20dB) + atténuation (-6dB) donnent un gain global de +14dB

7°) Exercices (voir corrections page suivante)

exercice 1

Pe (W)	Ps(W)	Gain	La puissance d'entrée est multipliée ou divisée par ?
10		3dB	
20		-3dB	
	40	6dB	
	320	9dB	
10		-10dB	
	1	-20dB	
1000	1		
2000		-23dB	
20	20		

exercice 2 :

a) un amplificateur de gain 12dB est suivi d'une atténuation de -3dB, le gain global est :

b) 4 amplificateurs de gain 3dB sont placés en série

le gain global est :

on injecte 1W à l'entrée du premier amplificateur, la puissance de sortie est :

c) Quelle est la puissance disponible à la sortie d'un câble ayant 3dB de perte si alimenté par un émetteur de 100W ?

d) 100W sont injectés à l'entrée d'un amplificateur de gain 6dB, la puissance à la sortie est :

e) 100mW sont injectés à l'entrée d'un atténuateur de gain -6dB, la puissance à la sortie est :

f) on mesure 10 μ V à l'entrée d'un amplificateur de gain 12dB. La tension lue à la sortie est :

g) on mesure 8V à la sortie d'un amplificateur de gain 12dB. La tension lue à l'entrée est :

Corrections :
tableau page 2 :

Gain	explication	La puissance d'entrée est multipliée par	Pe	Ps
+3dB		Multipliée par 2	50W	100W
20 dB	10 dB + 10dB	Multipliée par 100	1W	100W
6 dB	3 dB + 3 dB	Multipliée par 4	20W	80W
6 dB	3 dB + 3 dB	Multipliée par 4	50W	200W
9 dB	3 dB + 3 dB + 3 dB	Multipliée par 8	100W	800W
13 dB	10 dB + 3dB	Multipliée par 20	6W	120W
23 dB	10 dB + 10 dB + 3dB	Multipliée par 200	1W	200W

exercice 1 page 6

Pe (W)	Ps(W)	Gain	La puissance d'entrée est multipliée ou divisée par ?
10	20	3dB	x2
20	10	-3dB	Divisée par 2
10	40	6dB	(3dB + 3dB) donc x4
20	320	9dB	(3dB + 3dB+3dB) donc x8
10	1	-10dB	Divisée par 10
100	1	-20dB	(-10dB) + (-10dB) donc divisée par 100
1000	1	-30dB	La puissance d'entrée est divisée par 1000 donc
2000	10	-23dB	(-10dB) + (-10dB) + (-3dB) donc divisée par 200
20	20	0dB	Multipliée ou divisée par 1

exercice 2 page 6:

a) un amplificateur de gain 12dB est suivi d'une atténuation de -3dB, le gain global est :

Les gains et atténuations s'ajoutent : (+12dB) + (-3dB) = +9 dB

b) 4 amplificateurs de gain 3dB sont placés en série

le gain global est : **4 x (+3dB) = +12dB**

on injecte 1W à l'entrée du premier amplificateur, la puissance

de sortie est : **3dB correspond à une multiplication de la puissance par 2**

donc :

1W -----2W -----4W -----8W -----16W

c) Quelle est la puissance disponible à la sortie d'un câble ayant 3dB de perte si alimenté par un émetteur de 100W ?**Une perte de 3dB correspond à une division par 2 de la puissance d'entrée donc la puissance de sortie est 50W**

d) 100W sont injectés à l'entrée d'un amplificateur de gain 6dB, la puissance à la sortie est :

6dB c'est 3dB + 3dB donc une multiplication par 4, la puissance de sortie est 400W

e) 100mW sont injectés à l'entrée d'un atténuateur de gain -6dB, la puissance à la sortie est :

-6dB c'est une division par 4 de la puissance d'entrée donc la réponse est : 25mW

f) on mesure 10 μ V à l'entrée d'un amplificateur de gain en puissance de 12dB. La tension lue à la sortie est : le gain en tension est la moitié du gain en puissance donc donc $12/2 = 6$ dB, ce qui correspond à un rapport de 4. La réponse est 40 μ V

g) on mesure 8V à la sortie d'un amplificateur de gain 12dB. La tension lue à l'entrée est : le gain en tension est la moitié du gain en puissance donc donc $12/2=6$ dB, ce qui correspond à une multiplication par 4. la réponse est 2 V

8°) Les dBm (à lire, non demandé pour la licence)

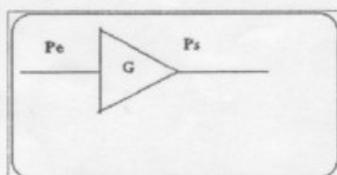
Les dBm sont une autre façon d'exprimer une puissance.

0 dBm correspond à une puissance de 1mW

Valeur en dBm	Valeur en Watt
0 dBm	1mW
3 dBm	2mW
10 dBm	10mW
13 dBm	20mW
17 dBm	50mW
20 dBm	100mW
23 dBm	200mW
27 dBm	500mW
30 dBm	1Watt
33 dBm	2Watt
-10dBm	0.1mW ou 100 μ W
-20dBm	0.01mW ou 10 μ W
-30dBm	0.001mW ou 1 μ W

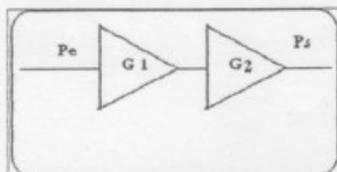
Remarque : lorsque qu'un récepteur HF indique une signal S9, la puissance du signal reçu est 50pW ce qui correspond à -73 dBm (voir tableaux de conversion sur internet ainsi que la formule de calcul)

Partie.1 : Observer le dessin suivant et compléter le tableau pour les questions 1 à 7



Question n°	Puissance d'entrée P_e	Gain en dB	Puissance de sortie P_s
1	1 mW		15 W
2	1 W		50 mW
3	10 W	+ 3 dB	
4	30 W	- 10 dB	
5	1 mW		10 W
6		- 13 dB	100 mW
7		+ 20 dB	50 W

Partie.2 : Observer le dessin suivant et répondre aux questions 8 à 14



Question	Puissance d'entrée P_e	Gain de l'ampli 1 G_1	gain de l'ampli 2 G_2	Puissance de sortie P
8	10 W	10 dB	10 dB	
9		3 dB	-3 dB	100 W
10	1 mW	20 dB		1 W
11	1 W		3 dB	20 W
12	4 W	6 dB		8 W
13	1 W	-8 dB	-12 dB	

Exercice n° 14: La puissance d'un émetteur sur la bande amateur 144MHz est 100W. Il alimente une antenne à l'aide de 20 mètres de câble coaxial dont la perte est 15dB/100m sur cette fréquence. Quelle est la puissance arrivant à l'antenne?

Grille de réponses

Question n°	A	B	C	D	Question n°	A	B	C	D
1	42 dB	-4 dB	4,2 dB	-0,42 dB	8	1kW	100W	1W	0,1W
2	13 dB	-1,3 dB	-13 dB	-10 dB	9	1kW	100W	10W	1W
3	5W	20W	50 mW	10W	10	+10dB	-10dB	1dB	-1dB
4	300mW	3W	300W	30W	11	-10dB	-6dB	+10dB	+3dB
5	-5dB	-10dB	4dB	40 dB	12	3dB	-6dB	6dB	-3dB
6	40 mW	200mW	30W	2W	13	10mW	1W	100mW	10W
7	5kW	500W	0,5W	50 mW	14	100W	75W	50W	25W

Préparation à la licence Radioamateur. Questionnaire n° 16 F6FTC