



Formules pour l'examen de radioamateur (HB9) valable dès le 01.01.2023

Niveau, code couleurs

Niveau	Rapport de puissance	Rapport de tension	Code couleurs	Valeur	Multi-plicateur-	Tolérance
			argent	-	10^{-2}	$\pm 10\%$
			or	-	10^{-1}	$\pm 5\%$
-20 dB	0,01	0,1	noir	0	10^0	-
-10 dB	0,1	0,32	brun	1	10^1	$\pm 1\%$
-6 dB	0,25	0,5	rouge	2	10^2	$\pm 2\%$
-3 dB	0,5	0,71	orange	3	10^3	-
-1 dB	0,8	0,89	jaune	4	10^4	-
0 dB	1	1	vert	5	10^5	$\pm 0,5$
1 dB	1,26	1,12	bleu	6	10^6	$\pm 0,25\%$
3 dB	2	1,41	violet	7	10^7	$\pm 0,1\%$
6 dB	4	2	gris	8	10^8	-
10 dB	10	3,16	blanc	9	10^9	-
20 dB	100	10	aucune	-	-	$\pm 20\%$

Identification des valeurs par des lettres

<i>p</i>	<i>Pico</i>	10^{-12}
<i>n</i>	<i>Nano</i>	10^{-9}

μ	<i>Mikro</i>	10^{-6}
<i>m</i>	<i>Milli</i>	10^{-3}

		10^0
<i>k</i>	<i>Kilo</i>	10^3

<i>M</i>	<i>Mega</i>	10^6
<i>G</i>	<i>Giga</i>	10^9

Loi d'Ohm

$$U = I \cdot R$$

Puissance

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Travail

$$W = P \cdot t$$

Résistance des bobines

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A_n} \quad A_{Dr} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = r^2 \cdot \pi$$

Résistances dans un circuit en série $R_G = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$

avec 2 résistances

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad U_G = U_1 + U_2$$

Résistances dans un circuit en parallèle

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \frac{1}{R_n}$$

avec 2 résistances

$$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} \quad I_G = I_1 + I_2$$

Résistance interne

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Valeurs efficaces et de crête

avec tension alternative sinusoïdale

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \quad U_{SS} = 2 \cdot \hat{U}$$

Durée de période

$$T = \frac{1}{f}$$



Fréquence angulaire

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Résistance inductive

$$X_L = \omega \cdot L$$

Inductances dans un circuit en série

$$L_G = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Inductances dans un circuit en parallèle

$$\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

Inductance de la bobine toroïdale

(aussi pour bobine cylindrique si $l > D$)

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A_S}{l_m}$$

Inductance de la bobine à noyau toroïdal

(aussi pour bobines multicouches)

$$L = N^2 \cdot A_L$$

**Intensité du champ magnétique dans
une bobine toroïdale**

$$H = \frac{I \cdot N}{l_m}$$

Densité de flux magnétique

$$B_m = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

Transformateur

rapport de transformation

$$\tilde{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

transformateur d'alimentation

$$P_P \approx 1,2 \cdot P_S \quad A_{Fe} \approx \sqrt{P_P} \cdot \frac{cm^2}{\sqrt{W}} \quad N_V \approx \frac{42}{A_{Fe}} \cdot \frac{cm^2}{V}$$

P_P ... puissance primaire; P_S ... puissance secondaire

capacité de charges des enroulements

$$I = S \cdot A_{Dr} \quad \text{mit } S \approx 2,5 A/mm^2$$

Résistance capacitive

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Condensateurs dans un circuit en série

$$\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Condensateurs dans un circuit en parallèle

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Capacité d'un condensateur

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

A ... surface de la plaque du
condensateur

$$E = \frac{U}{d}$$

Intensité du champ électrique

Filtre passe-bas RC / passe-haut RC

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

f_g ... fréquence de coupure
(fréquence au point -3-dB)

Filtre passe-bas RL / passe-haut RL

$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$



Circuit oscillant

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L} = \frac{X_L}{R_s}$$

Transistor

pour le courant continu

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

B... amplificateur de
courant continu

pour le courant alternatif

$$v_I = \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

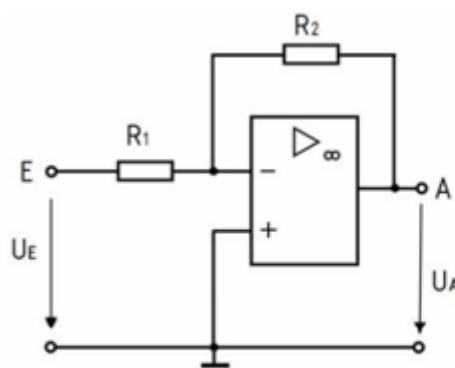
$$v_U = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}}$$

$$v_P = v_U \cdot v_I$$

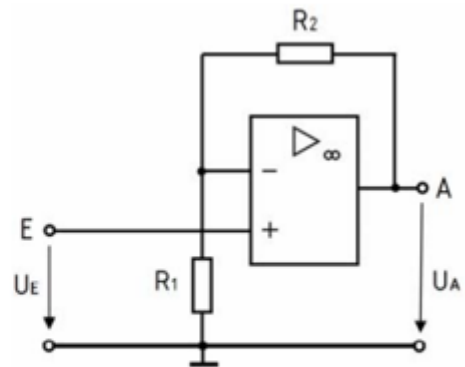
Amplificateur opérationnel

amplificateur inverseur

amplificateur non-inverseur



$$v_U = -\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1}$$



$$v_U = \frac{U_A}{U_E} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Niveau

$$u = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0}$$

$$p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}$$

Niveau relatif: niveaux de tension ou de puissance par rapport à des valeurs arbitraires de U_0 ou P_0 (p. ex. $1\mu V$, $1V$, $1W$, $1\mu W$)

Niveau absolu: $0dB$ (dBm , dBu) se situe à $P_0 = 1mW$ ou à la tension $U_0 = 775mV$ pour un système avec $R_1=R_2=600\Omega$ vor.

Le niveau de puissance absolu est aussi le même pour des systèmes avec d'autres impédances.

Atténuation

$$a = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}$$

$$a = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2}$$

U_1 ... tension d'entrée
 U_2 ... tension de sortie
 P_1 ... puissance d'entrée
 P_2 ...puissance de sortie

Amplification / Gain

$$g = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$$

$$g = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$$

Rendement

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%$$

$$P_{ab} = P_{zu} - P_V$$

Fréquence intermédiaire

$$f_{ZF} = f_E \pm f_{OSZ}$$



Fréquence-image

$$f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF} \quad \text{für } f_{OSZ} > f_E$$

$$f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF} \quad \text{für } f_{OSZ} < f_E$$

Bruit thermique

$$P_R = k \cdot T_K \cdot B \quad \Delta p_R = 10 \cdot \lg \frac{B_1}{B_2}$$

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{P_R \cdot R}$$

P_R ... puissance de bruit
 Δp_R ... différence de niveau des puissances de bruit dans B_1 et B_2

Rapport signal / bruit

$$S/N = 10 \cdot \lg \frac{P_S}{P_N} = 20 \cdot \lg \frac{U_S}{U_N}$$

P_S ... puissance de signal
 P_N ... puissance de bruit
 U_S ... tension de signal
 U_N ... tension de bruit

Facteur de bruit

$$F = \frac{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{\text{EINGANG}}}{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{\text{AUSGANG}}}$$

$$a_F = 10 \cdot \lg F$$

$$a_F = (S/N)_{\text{EINGANG}} - (S/N)_{\text{AUSGANG}}$$

ERP/EIRP

$$P_{ERP} = P_S - a + g_d \quad P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

$$P_{EIRP} = P_{ERP} + 2,15 \text{ dB} \quad P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2,15 \text{ dB}}{10}}$$

g_d ... gain d'antenne par rapport au dipôle demi-onde en dB
 a ... perte (câble, coupleur, etc.)

Facteur de gain d'antenne

dipôle demi-onde
antenne verticale $\lambda/4$

$$G_i = G_d \cdot 1,64 \quad g_i = g_d + 2,15 \text{ dB} \quad G = 10^{\frac{g}{10}}$$

$$G_i = 1,64 \quad g_i = 2,15 \text{ dBi}$$

$$G_i = 3,28 \quad g_i = 5,15 \text{ dBi}$$

Intensité du champ dans la région du champ lointain d'une antenne *)

$$E = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$$

*) pour propagation à l'air libre dès $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$; P_A ... puissance à l'antenne

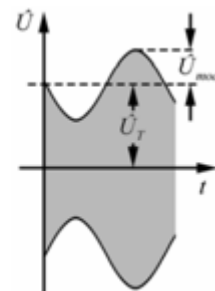
Modulation d'amplitude

degré de modulation

largeur de bande

$$m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$$

$$B = 2 \cdot f_{mod \max}$$



Δf_T ... décalage de fréquence

Modulation de fréquence

index de modulation

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

largeur de bande de Carson
(largeur de bande FM approximative)

$$B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \max})$$

B contient env. 99% de la puissance totale d'un signal FM.



Vitesse de phases

$$c = f \cdot \lambda$$

Facteur de raccourcissement de lignes HF

$$k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{c_0}$$

l_G ... longueur géométrique

l_E ... longueur électrique

Rapport d'ondes stationnaires/ VSWR

$$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r} \quad s = \frac{1+|r|}{1-|r|} \quad \text{mit} \quad r = \frac{R_2 - Z}{R_2 + Z}$$

$$s = \frac{R_2}{Z} \quad \text{wenn} \quad R_2 > Z \quad \text{und} \quad s = \frac{Z}{R_2} \quad \text{wenn} \quad R_2 < Z$$

facteur de réflexion

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

puissance réfléchie

$$P_r = P_v \cdot r^2 \quad \text{mit} \quad P_r \neq P_v$$

puissance relevée à R_2

$$P_{ab} = P_v \cdot (1 - r^2)$$

atténuation par désadaptation

$$a_s = -10 \cdot \lg(1 - r^2)$$

U_v ... tension de l'onde descendante; U_r ... tension de l'onde réfléchie;

Z ... impédance de la puissance HF; R_2 ... résistance de terminaison de la puissance HF;

P_v ... puissance directe; P_r ... puissance réfléchie; P_{ab} ... puissance à R_2

Impédance caractéristique

lignes HF

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

lignes coaxiales

$$Z = \frac{60\Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d}$$

D ... diamètre intérieur conducteur extérieur

d ... diamètre du conducteur intérieur

lignes bifilaires symétriques
avec $a/d > 2,5$

$$Z = \frac{120\Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{2 \cdot a}{d}$$

a ... entraxe du conducteur

d ... diamètre du conducteur

Transformateur quart d'onde

$$Z = \sqrt{Z_E \cdot Z_A}$$

Z impédance caractéristique nécessaire d'une ligne de transformation $\lambda/4$

Fréquence maximale utilisable

$$MUF = \frac{f_c}{\sin \alpha}$$

$$f_{opt} = MUF \cdot 0,85$$

Sensibilité des systèmes de mesure

$$E_{MESS} = \frac{R_i}{U_i} = \frac{1}{I_i}$$

E_{MESS} ... sensibilité mesurée en Ω/V

U_i ... tension dans le système en cas de déviation maximale

I_i ... courant à travers le système en cas de déviation maximale

Extension de la plage de mesure

n ... facteur d'extension

U nouvelle plage de mesure de la tension

$$R_v = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{U_M}{I_M} \cdot (n-1) = R_M \cdot (n-1)$$



voltmètre

U_m ... plage de mesure de la tension
l'instrument

amplimètre

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n - 1}$$

I ... nouvelle plage de mesure du
courant

I_M ... courant en cas de déviation
maximale de l'instrument

R_V ... résistance en série

R_P ... résistance parallèle (Shunt)

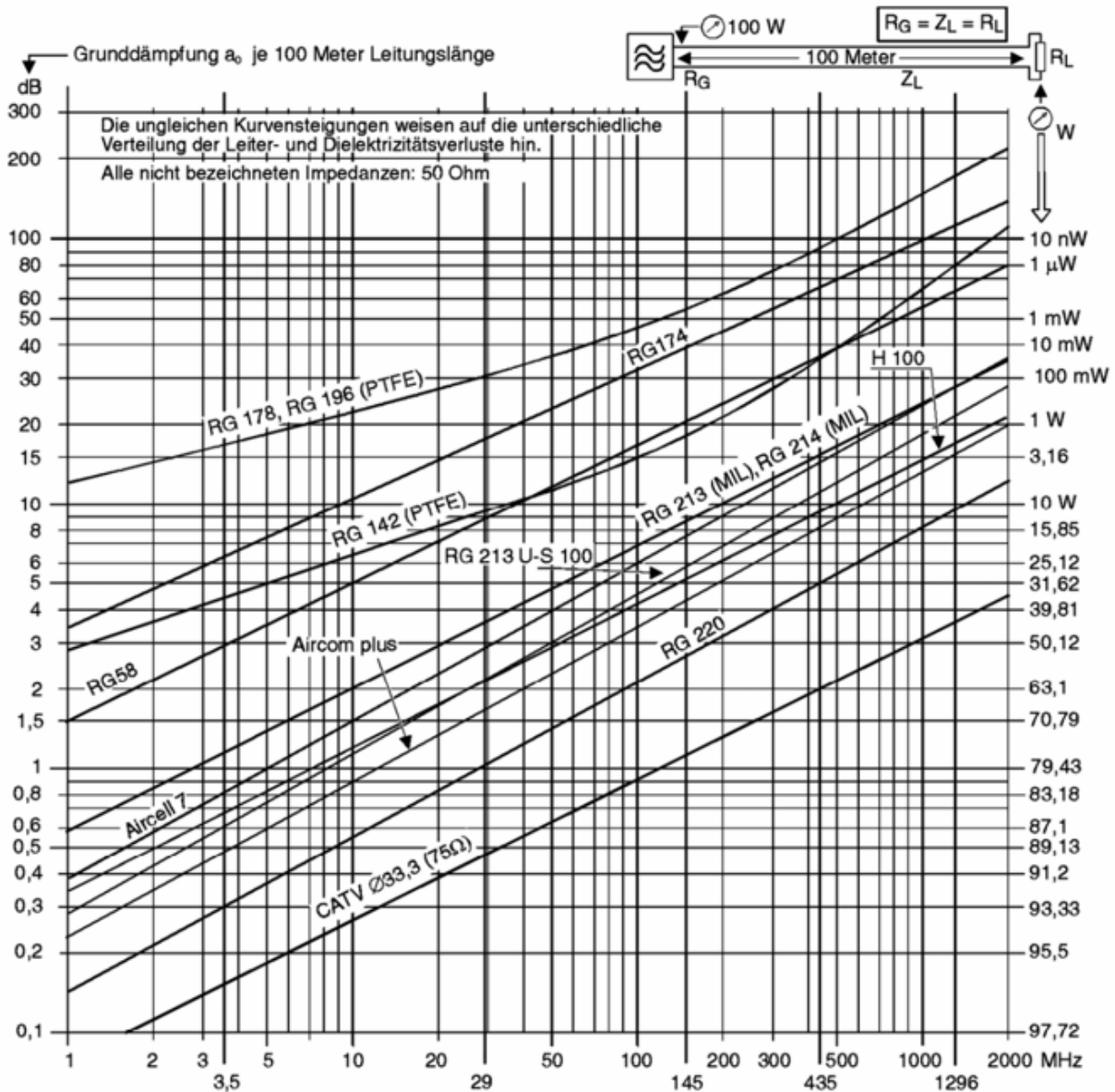
Erreur relative maximale

$$F_W = \pm \frac{G}{100} \cdot \frac{W_E}{W_M}$$

F_W ... erreur relative maximale (in%); G ... classe de précision de l'instrument de mesure;

W_E ... valeur finale de la plage de mesure; W_M ... valeur relevée (valeur réelle)

Diagramme d'atténuation du câble



Atténuation fondamentale de différentes lignes coaxiales usuelles en fonction
de la fréquence opératoire pour une longueur de 100 m.



Sauf indication contraire dans la formule:

<p><i>A</i> ... Section transversale, surface <i>A_{Dr}</i> ... Section transversale de fil <i>A_{Fe}</i> ... Section transversale du noyau de fer <i>A_L</i> ... Facteur d'inductance en nH <i>A_S</i> ... Surface de section de la bobine</p> <p><i>a</i> ... Mesure d'atténuation en dB <i>AF</i> ... Facteur de bruit en dB mesuré avec terminaison d'entrée à 290 K</p> <p><i>B, B1, B2</i> ... Largeurs de bande <i>B_m</i> ... Densité de flux magnétique</p> <p><i>C</i> ... Capacité <i>C'</i> ... Capacité linéique (capacité par mètre) <i>CG</i> ... Capacité totale <i>C1, C2, C3, C_n</i> ... Capacités partielles</p> <p><i>c</i> ... Vitesse de phases</p> <p><i>c0</i> ... Vitesse de la lumière dans le vide $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$</p> <p><i>d</i> ... Distance, éloignement</p> <p><i>E</i> ... intensité du champ électrique <i>EIRP</i> ... Puissance rayonnée isotrope équivalente <i>ERP</i> ... Puissance rayonnée équivalente (apparente)</p> <p><i>e</i> ... Nombre d'Euler, $e=2,718$</p> <p><i>F</i> ... Coefficient de bruit (terminaison d'entrée à 290K)</p> <p><i>f</i> ... Fréquence <i>f_c</i> ... Fréquence maximale à laquelle le rayonnement pénétrant verticalement dans l'ionosphère est encore réfléchi par la couche donnée <i>f_E</i> ... Fréquence de réception <i>f_g</i> ... Fréquence de coupure <i>f_{mod}</i> ... Fréquence de modulation <i>f_{modmax}</i> ... Fréquence de modulation maximale <i>f_{opt}</i> ... Fréquence optimale <i>f_{OSZ}</i> Fréquence d'oscillation <i>f_S</i> ... Fréquence-image <i>f_{ZF}</i> ... Fréquence intermédiaire <i>f₀</i> ... Fréquence de résonance</p> <p><i>G</i> ... Facteur de gain <i>G_d</i> ... Facteur de gain par rapport au dipôle demi-onde <i>G_i</i> ... Facteur de gain par rapport à l'émetteur isotrope</p>	<p><i>g</i> ... Amplification/Gain en dB <i>g_d</i> ... Gain en dB par rapport au dipôle demi-onde <i>g_i</i> ... Gain en dB par rapport à l'émetteur isotrope</p> <p><i>H</i> ... Intensité du champ magnétique</p> <p><i>I</i> ... Intensité du courant <i>I_B</i> ... Courant de base en continu <i>I_C</i> ... Courant de collecteur en continu <i>I_E</i> ... Courant émetteur en continu <i>I_G</i> ... Courant total <i>I_P</i> ... Intensité du courant primaire <i>I_S</i> ... Intensité du courant secondaire <i>I_{1, I2}</i> ... Courants partiels</p> <p><i>k</i> ... Constante de Boltzmann $k = 1,38 \cdot 10^{-23} Ws / K$ <i>k_v</i> ... Facteur de raccourcissement</p> <p><i>L</i> ... Inductance <i>L'</i> ... Inductance linéique (inductance par mètre) <i>L_G</i> ... Inductance totale <i>L1, L2, L3, L_n</i> ... Inductances partielles</p> <p><i>l</i> ... Longueur <i>l_m</i> ... Longueur moyenne de la ligne de champ</p> <p><i>MUF</i> ... Fréquence maximale utilisable lors de la propagation d'ondes électromagnétiques en raison de la réfraction ionosphérique</p> <p><i>m</i> ... Index de modulation</p> <p><i>N</i> ... Nombre de spires <i>N_P</i> ... Nombre de spires primaires <i>N_S</i> ... Nombre de spires secondaires <i>N_V</i> Nombre de spires par volt</p> <p><i>P</i> ... Puissance <i>P_R</i> ... Puissance de bruit <i>P_S, P_{ERP}, P_{EIRP}</i> ... Puissances d'émission / de rayonnement <i>P_V</i> ... Puissance dissipée <i>P_{ab}</i> ... Puissance relevée <i>P_{zu}</i> ... Puissance alimentée</p> <p><i>p</i> ... Niveau de la puissance en dB <i>P_S, P_{ERP}, P_{EIRP}</i>, Niveau des puissances d'émission / de rayonnement en dB</p> <p><i>Q</i> ... Facteur de qualité</p> <p><i>R</i> ... Résistance <i>R_G</i> ... Résistance totale <i>R_i</i> ... Résistance interne <i>R1, R2, R3, R_n</i> ... Résistances partielles</p>
---	--



<p>R_p ... Perte parasite en parallèle R_s ... Perte parasite en série</p> <p>r ... Facteur de réflexion</p> <p>S ... Densité du courant S/N ... Rapport signal-bruit en dB, désigné aussi par SNR ou $\frac{S+N}{N}$</p> <p>s ... Rapport d'ondes stationnaires ou ondulation</p> <p>T ... Durée de période T_K ... Température en kelvin par rapport au zéro absolu T_0 ($T_0 = 0K = -273,15^\circ C$; d.h. $20^\circ C \approx 293K$)</p> <p>t ... Temps U ... Tension U_{eff} ... Tension efficace U_G ... Tension accumulée U_P ... Tension primaire U_R ... Tension de bruit efficace à R U_S ... Tension secondaire U_1, U_2 ... Tensions partielles \hat{U} ... Tension de crête \hat{U}_{mod} ... Amplitude de la tension de modulation \hat{U}_T ... Amplitude de la tension de porteuse HF</p> <p>u ... Niveau de la tension en dB \ddot{u} ... Rapport de transformation</p> <p>VSWR ... Rapport d'ondes stationnaires ou ondulation</p> <p>v_1 ... Gain en courant alternatif v_U ... Gain en tension alternative v_P ... Gain en puissance pour courant alternatif</p> <p>W ... Travail</p>	<p>X_C ... Réactance capacitive X_L ... Réactance inductive</p> <p>Z ... Impédance Z_A ... Impédance d'entrée Z_E ... Impédance de sortie Z_{F0} ... Impédance de champ libre, $Z_{F0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120 \cdot \pi \cdot \Omega$</p> <p>$Z_P$... Impédance primaire Z_S ... Impédance secondaire</p> <p>ΔI ... Variation de courant ΔI_B ... Variation de courant de base ΔI_C ... Variation de courant de collecteur ΔU ... Variation de tension ΔU_{CE} ... Variation de tension collecteur-émetteur ΔU_{BE} ... Variation de tension base-émetteur</p> <p>α ... Angle de rayonnement de l'antenne β ... Gain en courant alternatif $\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2} = 0,885 \cdot 10^{-11} \frac{As}{Vm}$ ϵ_r ... Facteur diélectrique relatif (voir tableau 2) n ... Rendement $n\%$... Rendement en pourcent λ ... Longueur d'onde $\mu_0 = 10^{-7} \frac{Vs}{Am} = 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m}$ μ_r ... Perméabilité relative ρ ... Résistance électrique spécifique (voir tableau 1) ω ... Fréquence angulaire</p>
--	---

Tableau 1: Résistance électrique spécifique ρ

Matériau	Cuivre	Aluminium	Fer
ρ in $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ à $20^\circ C$	0,0178	0,030	0,17

Tableau 2: Facteur diélectrique relatif ϵ_r

Diélectrique/ matériau isolant	Air (sec)	Polyéthylène (PE)	Mousse de PE	PTFE (téflon)
ϵ_r	1,00059	2,29	1,5	2,0