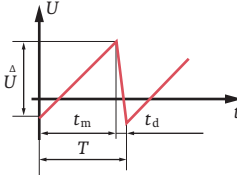


► Table des matières

Mathématiques	5	Résonance parallèle	32	En amplification – polarisation (DC)	62
Algèbre	5	Quadripôles passifs	33	En amplification – petits signaux – analyse en AC	64
Fonctions	7	Réponse harmonique	33	Circuits à rétroaction	66
Vecteurs	8	Réponse impulsionnelle	34	Amplification directe	66
Triangle rectangle	8	Transformateur	34	Rétroaction négative ou contre- réaction	66
Triangle quelconque	9	NOTIONS FONDAMENTALES D'ÉLECTRICITÉ		Rétroaction positive ou oscillateurs	66
Longueur, surface et volume	9	Puissance en alternatif sinusoïdal monophasé	35	Influence due à la fréquence	67
Mécanique	11	Compensation du facteur de puissance (régime sinusoïdal)	35	Réponse en fréquence et bande passante	67
Cinématique	11	Alternatif triphasé	36	Amplificateurs opérationnels – Amplis OP	68
Forces	12	Machines à courant continu	37	Principe	68
Travail	12	Schémas de principe de moteur	38	Caractéristiques idéales	68
NOTIONS FONDAMENTALES D'ÉLECTROTECHNIQUE		Machines triphasées	40	Ampli OP en commutation	68
Bases d'électrotechnique	13	Chaleur (écoulement)	41	Ampli OP en trigger	72
Couplage de résistances	15	Résistances non linéaires	42	Ampli OP en amplification	74
Couplage parallèle	15	Éclairagisme	44	Ampli OP en filtre actif	77
Couplage série	15	Définitions	44	Ampli OP en oscillateur	80
Diviseur de tension	16	Grandeurs photométriques	44	Amplificateur de puissance	82
Montage en pont équilibré	16	Rayonnement solaire et température des couleurs	46	Classes de fonctionnement	82
Conversion des montages: triangle ⇔ étoile	16	Perception lumineuse	47	Classe A	82
Générateurs	17	Installation d'éclairage intérieur	48	Classe B	82
Source de tension	17	Installation d'éclairage intérieur: valeurs pratiques	49	Classe AB	83
Source de courant	18	NOTIONS FONDAMENTALES D'ÉLECTRONIQUE		Classe D	83
Conversion : source de courant ⇔ source de tension	19	Diodes	50	Commutation de puissance	84
Couplage de générateurs	19	Différents types	50	Montages à thyristors (SCR)	84
Pile et accumulateur	19	Montages à diodes	52	TRIAC	84
Thévenin	20	Transistors bipolaires NPN – PNP	55	DIAC	85
Galvanoplastie	21	Commande (principe)	55	Montages variateurs	85
Champ électrique	21	En commutation (principe)	55	Alimentation stabilisée et régulation ..	86
Condensateur	21	En amplification – polarisation DC (principe)	56	Généralité sur la régulation	86
Condensateur en courant continu	22	En amplification – petits signaux – analyse en AC	58	Stabilisation ou régulation de tension ..	86
Condensateur en alternatif	23	Transistors à effet de champ FET	60	Stabilisation ou régulation de courant ..	86
Couplage de condensateurs	24	Commande JFET (principe)	60	Alimentation à découpage	88
Champ magnétique	25	Commande DMOS (principe)	60	Schéma de principe	88
Inductance	26	Commande EMOS (principe)	60	Configurations	88
Inductance en courant continu	26	JFET canal N en commutation (principe)	61	Électronique numérique	90
Inductance en alternatif	27	EMOS canal N en commutation (principe)	61	Logique combinatoire	90
Couplage d'inductances	27	Calcul avec les nombres binaires	98	Algèbre de Boole	92
Couplages de composants résistifs et réactifs en régime sinusoïdal	28	Codes	98	Théorème à 1 variable	92
Couplage série	28			Théorème à 2 variables au moins	92
Couplage parallèle	29			Simplification par Karnaugh	93
Conversion des couplages: série ⇔ parallèle	31			Familles logiques	94
Circuit oscillant	31			Logique séquentielle	96
Résonance série	32				

Conversion de bases	99	Modulation d'amplitude	116	Unités anglo-américaines	132
Convertisseurs CNA et CAN	100	Modulation de fréquence	116	Dimensionnement triphasé des conducteurs polaires isolés au PVC à 30 °C	133
Acoustique	102	Modulation de largeur d'impulsions – pulse width modulation (PWM)	116	Méthodes de références	133
Grandeurs de base	102	Modulation à sauts de phase PSK	117	Modification du courant admissible	133
Transducteurs	102	Modulation d'amplitude en quadrature QAM	117	Vérification de la protection en cas de court-circuit	133
Propagation et perception	103	Modulation OFDM	118	Code des couleurs pour câbles	134
Signal sonore	104	DVB-T Suisse romande	118	Câble U72	134
Technique 100 V	106	Réception DVB	118	Câble G51	134
Installation 100 V	106	Images	120	Câble d'installation	134
Filtres pour haut-parleur	108	Formats, taille	120	Temps de coupure du coupe-surintensité en fonction du courant nominal	135
Calculs avec les décibels	109	Rapport distance de projection/taille d'image	120	Dimensionnement des conducteurs N, PE, PEN et équipotentiel	135
Généralités	109	Définition de l'image	120	Dispositif de protection DDR	136
Niveaux exprimés en dB	109	Résolution de l'image DPI ou PPI	120	Application du DDR	136
Différence de niveaux	109	Taille des fichiers	120	Mesures OIBT	136
Niveaux relatifs	109	Nombre de bits	121	Intensité des coupe-surintensité	136
Chaîne d'amplification	109	Nombre d'échantillons par image pour la résolution 1280 x 720	121	Choix du matériel	137
NOTIONS FONDAMENTALES DE TRANSMISSIONS HAUTES FRÉQUENCES ET NUMÉRIQUES		Débit binaire avant compression	121	Choix des conduits	137
Transmission hautes fréquences	111	Résolutions des standards vidéo-numériques	121	Codes d'installation (CI)	138
Propagation des ondes	111	Techniques de mesures	122	Métrés (normes SIA 380/7)	138
Caractéristiques d'une antenne	111	Appareils analogiques	122	Répartition des frais (CAN)	138
Prise au vent d'un mât	111	Appareils numériques	122	Symboles	139
Ligne en cuivre	112	Mesures à l'oscilloscope	122	Symboles pour plans d'installation	139
Ligne optique	113	Appendices	124	Symboles pour schémas	139
Distribution	114	Signes mathématiques (DIN 1302/8.80)	124	Symboles pour réseaux	139
Topologie réseau réception/distribution terrestre	114	Préfixes et puissances de dix	125	Premiers secours en cas d'accidents électriques	140
Topologie réception/distribution satellite	114	Alphabet grec	125	Dangers du courant électrique	141
Commutation LNB	114	Unités du système SI	126	Table périodique des éléments	142
Formules	114	Définition des unités SI	126	Index	144
Plan des fréquences diffusion hertzienne	115	Unités supplémentaires SI	126	Bibliographie	148
Plan des fréquences CATV et installations collectives	115	Unités dérivées SI	127		
Acronymes	115	Constantes des matériaux	128		
Modulation	116	Constantes physiques importantes	129		
Généralités	116	Constantes diélectriques	129		
		Jeu de caractères ASCII	130		
		Correspondance V 24 – EIA	131		

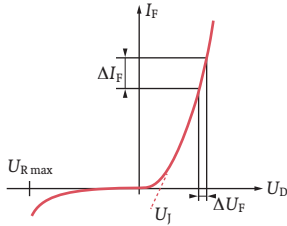
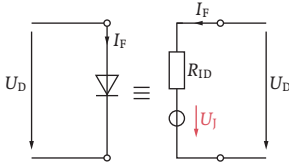
► Bases d'électrotechnique

<p>En dents de scie (asymétrique en tension et en temps)</p> 	$U = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \hat{U} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$ $T = \frac{1}{f}$ $T = t_m + t_d$	<p>U Tension efficace [V] \hat{U} Valeur de crête [V] \tilde{U} Valeur de creux [V] \acute{U} Valeur de crête à creux [V] T Période [s] t Temps considéré [s] t_m Temps de montée [s] t_d Temps de descente [s] f Fréquence [Hz]</p>
<p>Longueur d'onde</p> <p>Valeurs de c, voir pp. 102 et 129</p>	$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T$	<p>λ Longueur d'onde [m] f Fréquence [Hz] c Vitesse de propagation [m/s] T Période [s]</p>
<p>Densité de courant</p>	$J = \frac{I}{S}$	<p>J Densité de courant [A/mm²] ou [A/m²] I Intensité du courant [A] S Section ou [mm²] ou [m²]</p>
<p>Conductance</p>	$G = \frac{1}{R}$	<p>R Résistance [Ω] Z Impédance [Ω] G Conductance [S]</p>
<p>Résistance d'un conducteur</p>	$R = \frac{\rho \cdot \ell}{S} = \frac{\ell}{\gamma \cdot S}$	<p>ℓ Longueur du fil [m] ρ Résistivité [Ωmm²/m] ou [Ωm] γ Conductivité [m/Ωmm²] ou [1/Ωm]</p>
<p>Résistance et température</p>	$\Delta R = \alpha \cdot R_{20} \cdot \Delta \vartheta$ $R_{\vartheta} = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$ $\Delta \vartheta = \vartheta - \vartheta_{20}$	<p>ΔR Variation de résistance [Ω] R_{20} Résistance [Ω] à 20 [°C] R_{ϑ} Résistance [Ω] à ϑ [°C] α Coefficient de température [1/K] $\Delta \vartheta$ Variation de température [K] ou [°C]</p>
<p>Loi d'Ohm</p>	$U = R \cdot I \text{ ou } U = Z \cdot I$ $R = \frac{U}{I} = \frac{\hat{U}}{\hat{I}} = \frac{\acute{U}}{\acute{I}} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$	<p>ΔR Variation de résistance [Ω] R_{20} Résistance [Ω] à 20 [°C] R_{ϑ} Résistance [Ω] à ϑ [°C] α Coefficient de température [1/K] $\Delta \vartheta$ Variation de température [K] ou [°C]</p>
<p>Puissance</p>	$P = \frac{W}{t} = U_R \cdot I_R = \frac{U_R^2}{R} = R \cdot I_R^2$ $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	<p>P Puissance [W] W Travail électrique [Ws] ou [J] t Temps [s] P_p Puissance perdue [W] P_u Puissance utile [W] P_a Puissance absorbée [W] φ Déphasage entre U et I [°] η Rendement [-] ou [%]</p>
<p>Énergie ou travail</p>	$W = P \cdot t$	<p>ϑ Température considérée [°C] ϑ_{20} Température initiale admise à 20 [°C]</p>
<p>Rendement</p>	$\eta = \frac{P_u}{P_a} [-]; \eta = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 [\%];$ $P_u = P_a - P_p$	<p>P Puissance [W] W Travail électrique [Ws] ou [J] t Temps [s] P_p Puissance perdue [W] P_u Puissance utile [W] P_a Puissance absorbée [W] φ Déphasage entre U et I [°] η Rendement [-] ou [%]</p>
<p>Relations</p> <p>1 [Ws] = 1 [J] 1 [kWh] = 3,6 · 10⁶ [J] 1 [J] = $\frac{1}{3,6 \cdot 10^6}$ [kWh]</p>		

▶ Diodes

DIFFÉRENTS TYPES

Diode à jonction



$$U_J \approx 0,6 \text{ [V]} - 0,7 \text{ [V]}$$

Sens passant

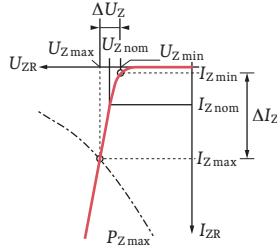
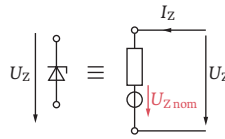
$$R_{ID} = \frac{U_F}{I_F} \quad P = U_F \cdot I_F$$

$$r_{ID} = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}$$

Sens inverse

$$R_{ID} = \frac{U_R}{I_R}$$

Diode Zener



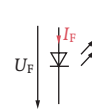
$$r_{iZ} = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$$

$$P_Z = U_Z \cdot I_Z = U_{Z,nom} \cdot I_Z + r_{iZ} \cdot I_Z^2$$

$$U_{Z\theta} = U_{Z2\theta} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

$$I_Z = \frac{U_Z - U_{Z,nom}}{r_{iZ}}$$

Diode électroluminescente



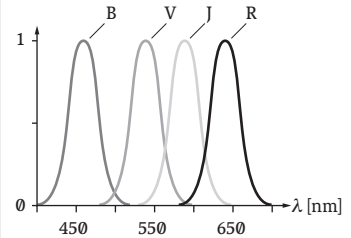
Infrarouge
 $U_F \approx 1,7 \text{ [V]}$

Ultraviolet
 $U_F \approx 3,2 \text{ [V]}$

I_{nom} 5 à 50 [mA]
 λ de l'IR au blanc en fonction de l'alliage utilisé avec $\Delta\lambda = 40 \text{ [nm]}$ (\approx monochromatique)

k environ 10 [lm/W] (jusqu'à 100 [lm/W] en laboratoire)

IRC voir p. 49



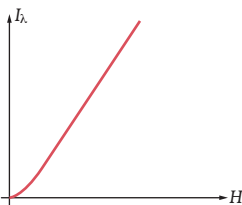
B Bleu J Jaune
V Vert R Rouge

Photo diode



$$R_R = \frac{U_R}{I_λ}$$

$I_λ$ Courant inverse dépendant de l'intensité lumineuse H

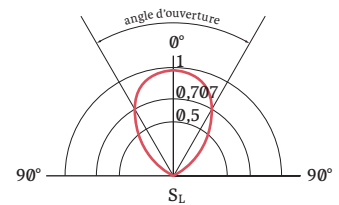
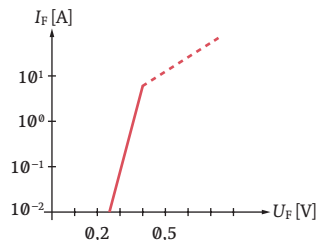


Diode Schottky



$$U_F \approx 0,25 \text{ [V]}$$

Utilisée en haute fréquence

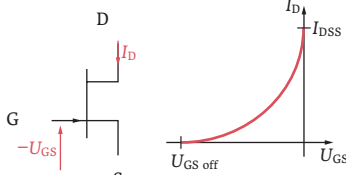


SL Source lumineuse

▶ Transistors à effet de champ FET

COMMANDE JFET (PRINCIPE)

JFET CANAL N



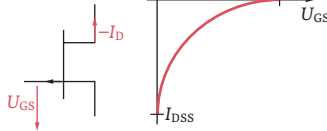
La jonction Grille – Source est polarisée en inverse

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS\ off}}\right)^2$$

$$U_{GS} = U_{GS\ off} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right)$$

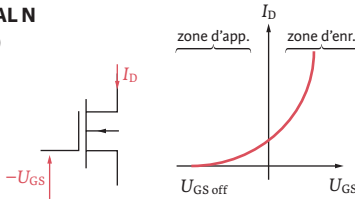
$$P \cong U_{DS} \cdot I_D$$

JFET CANAL P



COMMANDE DMOS (PRINCIPE)

DMOS – FET CANAL N (appauvrissement) (depletion)



Zone d'appauvrissement (app.)

Canal N U_{GS} négatif

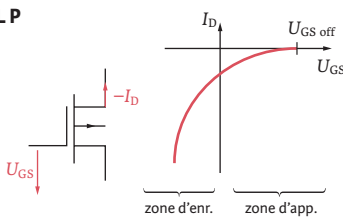
Canal P U_{GS} positif

Zone d'enrichissement (enr.)

Canal N U_{GS} positif

Canal P U_{GS} négatif

DMOS – FET CANAL P (appauvrissement)



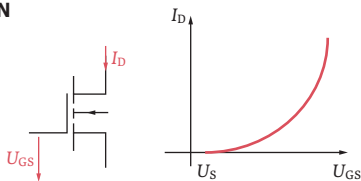
$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS\ off}}\right)^2$$

$$I_{DSS} = I_D \text{ lorsque } U_{GS} = 0 \text{ [V]}$$

$$U_{GS\ off} = U_{GS} \text{ pour } I_D = 0 \text{ [A]}$$

COMMANDE EMOS (PRINCIPE)

EMOS – FET CANAL N (enrichissement) (enhancement)



$$k = \frac{I_{DS\ on}}{(U_{GS\ on} - U_{GS\ off})^2}$$

$$R_{DS\ on} = \frac{U_{DS\ on}}{I_{D\ on}}$$

U_s = tension de seuil

($U_{Th} = U_{Threshold}$)

Valeur typique: 1 [V] à 3 [V]

EMOS – FET CANAL P (enrichissement)

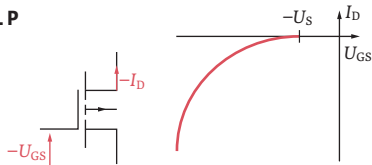
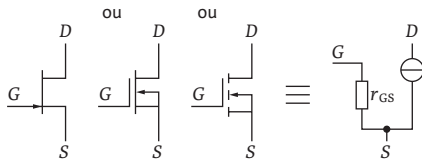


Schéma équivalent (simplifié) du transistor seul



$$r_{GS} = \left| \frac{U_{GS}}{I_{GSS}} \right| \cong \infty$$

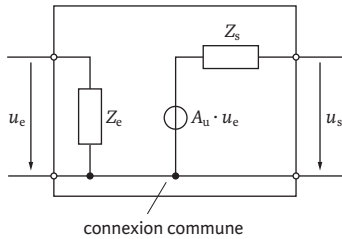
$$I_G = 0 \text{ [A]}$$

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = \frac{I_D}{u_{GS}}$$

$$g_m = g_{m0} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS \text{ off}}} \right)$$

$$g_{m0} = \frac{2 \cdot I_{DSS}}{u_{GS \text{ off}}}$$

Schéma équivalent du montage amplificateur

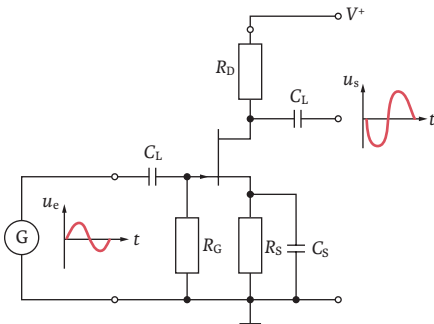


Aux fréquences « normales » d'utilisations (fréquences médianes)

- Les condensateurs sont des courts-circuits
- V^+ est au même point de référence que le 0 [V]
- Une des connexions du transistor est reliée au point de référence

$$A_u = \frac{\Delta U_s}{\Delta U_e} = \frac{u_s}{u_e}$$

Montage Source commune pour le JFET



$$Z_e = r_{GS} // R_G \cong R_G$$

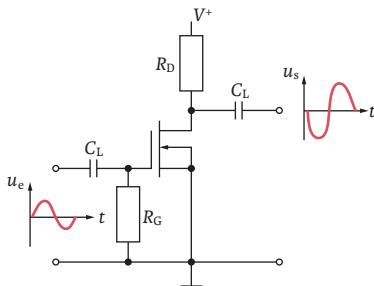
$$Z_s = r_{DS} // R_D \cong R_D$$

$$A_u = \frac{u_s}{u_e} \cong g_m \cdot R_D$$

Sans C_s

$$A_u = \frac{u_s}{u_e} = \frac{R_D}{R_S + 1/g_m} \cong \frac{R_D}{R_S}$$

Montage Source commune pour le DMOS



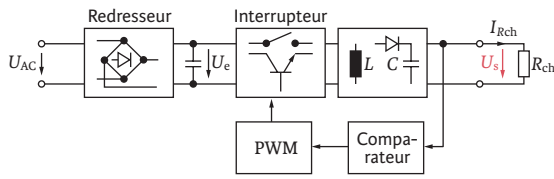
$$Z_e = r_{GS} // R_G \cong R_G$$

$$Z_s = r_{DS} // R_D \cong R_D$$

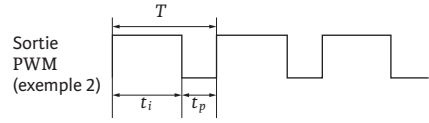
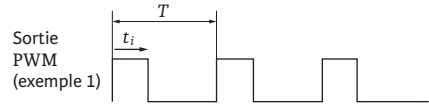
$$A_u = \frac{u_s}{u_e} \cong g_m \cdot R_D$$

► Alimentation à découpage

SCHÉMA DE PRINCIPE



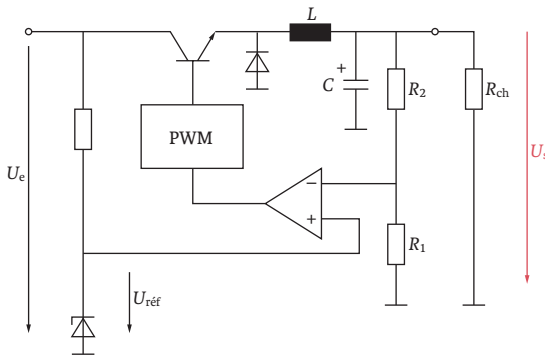
$$\eta_{\text{alim}} \cong \frac{P_{\text{AC}}}{P_{\text{Rch}}} \cong 90\%$$



$$R_{\text{cycl}} = \frac{t_i}{T} \cdot 100$$

CONFIGURATIONS

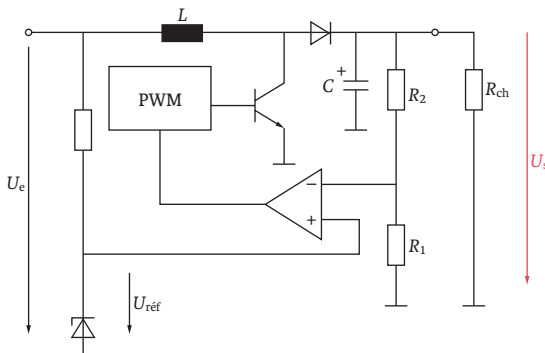
Configuration dévolteur



$$U_s = U_e \cdot \frac{t_i}{T}$$

$$U_s = U_{\text{réf}} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_1}$$

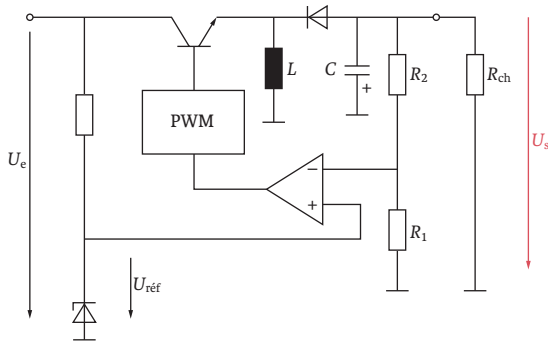
Configuration survolteur



$$U_s = U_e \cdot \frac{T}{t_i}$$

$$U_s = U_{\text{réf}} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_1}$$

Configuration inverseur



U_s est proportionnel à $\frac{T}{t_i}$

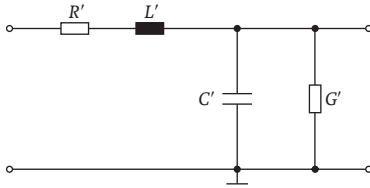
$$U_s \cong -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$U_s = -U_{\text{réf}} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_1}$$

T Période de la fréquence de l'oscillateur [s]
 t_i Durée de l'impulsion [s]
 U_s Tension continue de sortie [V]
 U_e Tension continue d'entrée [V]
 U_{AC} Tension alternative d'entrée [V]
 η_{alim} Rendement de l'alimentation [%]

L Inductance [H]
 $U_{\text{réf}}$ Tension sur la Zener [s]
 PWM Oscillateur à largeur d'impulsion variable (Pulse Width Modulation)
 R_{cycl} Rapport cyclique en [%]

Généralités



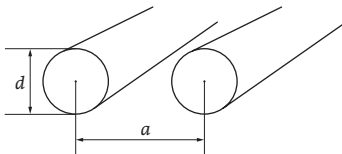
$$Z_C = \sqrt{\frac{|Z'|}{|Y'|}} = \sqrt{\frac{\sqrt{R'^2 + (\omega L')^2}}{\sqrt{G'^2 + (\omega C')^2}}}$$

$$\alpha = 8,686 \cdot \frac{R'}{2} \cdot \frac{C'}{\sqrt{L'}} + \frac{G'}{2} \cdot \frac{\sqrt{L'}}{\sqrt{C'}}$$

$$v \cong \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = k \cdot c_0$$

$$k = \frac{v}{c_0} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Ligne bifilaire (symétrique)

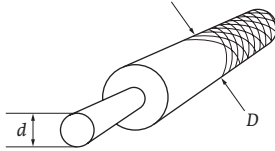


En pratique : $k \cong 0,75 \dots 0,8$

$$Z_C = 276 \cdot \log \frac{2 \cdot a}{d}$$

$$Z_C \cong \left(\frac{276,31}{\sqrt{\epsilon_r}} \right) \cdot \log \frac{2 \cdot a}{d}$$

Ligne coaxiale (asymétrique)



$$Z_C = 138 \cdot \log \frac{D}{d}$$

$$Z_C \cong \left(\frac{138,15}{\sqrt{\epsilon_r}} \right) \cdot \log \frac{D}{d}$$

$$Z_C \cong \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

Atténuation d'une ligne en longueur

$$A_L = \frac{\ell \cdot a_{cc}}{100}$$

en fréquence

$$A_{L,f_2} \cong A_{L,f_1} \cdot \sqrt{f_2/f_1} \quad (f_2 > f_1)$$

En pratique : $k \cong 0,67 \dots 0,8$

- Z_C Impédance caractéristique de la ligne [Ω]
- Z' Impédance linéique [Ω/km]
- Y' Admittance linéique [S/km]
- R' Résistance linéique [Ω/km]
- L' Inductance linéique [H/km]
- C' Capacité linéique [F/km]
- G' Conductance linéique [S/km]
- a_{cc} Atténuation caractéristique du câble [$\text{dB}/100 \text{ m}$]
- A_L Atténuation de la ligne [dB]

- v Vitesse de propagation dans la ligne [m/s]
- c_0 Vitesse de propagation électrique [m/s]
 $c_0 \cong 3 \cdot 10^8$ [m/s]
- ϵ_r Permittivité relative de l'isolant [-]
- k Coefficient de raccourcissement [-]
- ω Pulsation [rad/s]
 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$
- f Fréquence utilisée [Hz]
- A_{L,f_1} Atténuation à la fréquence f_1 [dB]
- A_{L,f_2} Atténuation à la fréquence f_2 [dB]