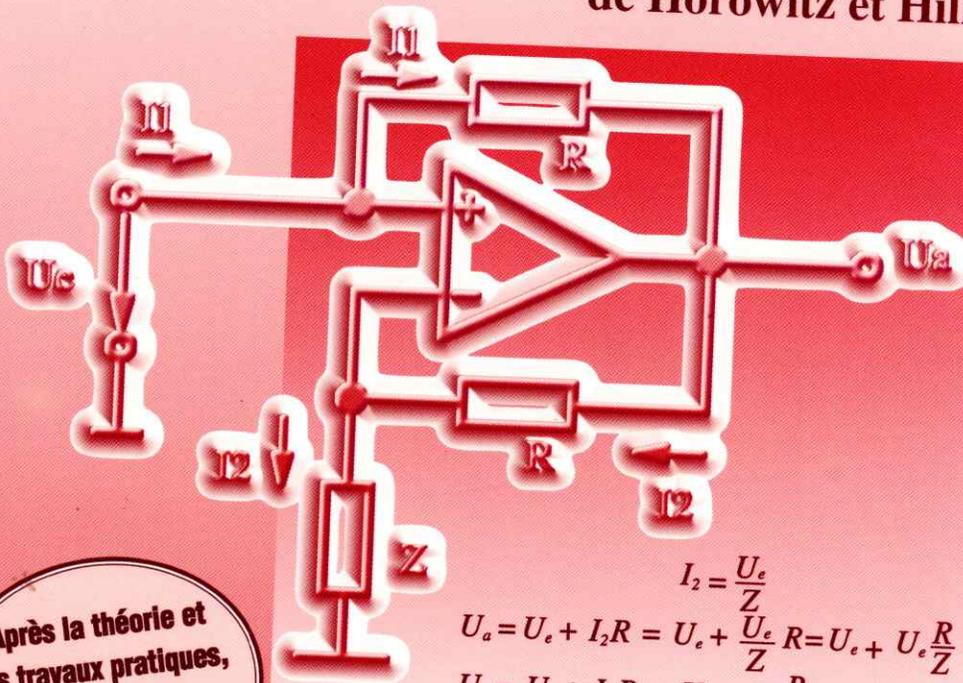


MICHAEL HERZOGENRATH

# Corrigés des exercices et TP du TRAITÉ DE L'ÉLECTRONIQUE

de Horowitz et Hill



Après la théorie et  
les travaux pratiques,  
le corrigé de tous  
les problèmes !

$$I_2 = \frac{U_e}{Z}$$
$$U_a = U_e + I_2 R = U_e + \frac{U_e}{Z} R = U_e + U_e \frac{R}{Z}$$
$$U_e = U_a + I_1 R = U_e + U_e \frac{R}{Z} + I_1 R$$
$$\Rightarrow -\frac{U_e R}{Z} = I_1 R \Rightarrow Z_{in} = \frac{U_e}{I_1} = -Z$$

PREMIÈRE PARTIE :  
ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE



PUBLITRONIC  
ELEKTOR

BIBLIOTHEQUE  
D'ÉLECTRONIQUE

# Table des matières

<b>I. Exercices</b>	<b>11</b>
<b>1. Les bases</b>	<b>13</b>
1.1. Exercices 1.1 à 1.31	13
1.2. Exercices supplémentaires 1 à 8	35
<b>2. Transistors</b>	<b>41</b>
2.1. Exercices 2.1 à 2.14	41
2.2. Exercices supplémentaires 1 à 8	55
<b>3. Transistors à effet de champ</b>	<b>63</b>
3.1. Exercices 3.1 à 3.21	63
<b>4. Rétroaction et amplificateurs opérationnels</b>	<b>77</b>
4.1. Exercices 4.1 à 4.14	77
4.2. Exercices supplémentaires 1 à 7	91
<b>5. Filtres actifs et oscillateurs</b>	<b>97</b>
5.1. Exercices 5.1 à 5.10	97
5.2. Exercices supplémentaires 1 à 4	103
<b>6. Régulateurs de tension</b>	<b>107</b>
6.1. Exercices 6.1 à 6.12	107
6.2. Exercices supplémentaires 1 à 3	114
<b>7. Circuits de précision</b>	<b>121</b>
7.1. Exercices 7.1 à 7.8	121
7.2. Exercices supplémentaires 1 à 6	127

<b>II. Travaux pratiques</b>	<b>131</b>
<b>1. Circuits à courant continu</b>	<b>133</b>
1.1. Loi d'Ohm . . . . .	133
1.2. Ampoule à incandescence . . . . .	134
1.3. Diode . . . . .	136
1.4. Diviseur de tension . . . . .	137
1.5. Oscilloscope . . . . .	137
1.6. Diviseur de tension alternative . . . . .	138
<b>2. Condensateurs</b>	<b>139</b>
2.1. Circuit R-C . . . . .	139
2.2. Dérivateur . . . . .	140
2.3. Intégrateur . . . . .	142
2.4. Filtre passe-bas . . . . .	143
2.5. Filtre passe-haut . . . . .	145
2.6. Première application d'un filtre . . . . .	145
2.7. Deuxième application d'un filtre . . . . .	146
2.8. Condensateur de découplage . . . . .	147
2.9. Filtre LC . . . . .	147
<b>3. Circuits à diodes</b>	<b>149</b>
3.1. Circuit résonant LC . . . . .	149
3.2. Redresseur mono-alternance . . . . .	151
3.3. Redresseur double alternance . . . . .	152
3.4. Ondulation . . . . .	153
3.5. Diodes « petits signaux » . . . . .	154
3.6. Rétablissement de niveau à diode . . . . .	154
3.7. Limiteur à diodes . . . . .	156
3.8. Impédance des appareils de mesure . . . . .	157
<b>4. Transistors I</b>	<b>161</b>
4.1. Les jonctions de transistors sont des diodes . . . . .	161
4.2. Émetteur-suiveur . . . . .	161
4.3. Impédance d'entrée et de sortie du suiveur . . . . .	162
4.4. Suiveur à alimentation asymétrique . . . . .	164
4.5. Gain en courant du transistor . . . . .	164
4.6. Source de courant . . . . .	165

4.7. Amplificat
4.8. Tampon à
4.9. Commuta
<b>5. Transistors II</b>
5.1. Traceur de
5.2. Amplificat
5.3. Miroir de
5.4. Équation
5.5. Polarisati
5.6. Push-pull
<b>6. Transistors III</b>
6.1. Amplificat
6.2. Auto-élev
6.3. Effet Mille
6.4. Darlington
6.5. Superbeta
<b>7. FET I Premièr</b>
7.1. Propriétés
7.2. Sources de
7.3. Source-sui
7.4. FET com
<b>8. Amplificateurs</b>
8.1. Circuit d'e
8.2. Amplificat
8.3. Amplificat
8.4. Suiveur .
8.5. Source de
8.6. Convertiss
8.7. Amplificat
8.8. Tampon p
<b>9. Amplificateurs</b>
9.1. Imperfecti
9.2. Intégrateu



4.7.	Amplificateur en émetteur commun . . . . .	167
4.8.	Tampon à émetteur-suiveur . . . . .	169
4.9.	Commutateur à transistors . . . . .	170
<b>5.</b>	<b>Transistors II</b>	<b>173</b>
5.1.	Traceur de courbes dynamique . . . . .	173
5.2.	Amplificateur avec émetteur à la masse . . . . .	176
5.3.	Miroir de courant . . . . .	177
5.4.	Équation d'Ebers-Moll . . . . .	179
5.5.	Polarisation : bonne et mauvaise . . . . .	179
5.6.	Push-pull . . . . .	181
<b>6.</b>	<b>Transistors III</b>	<b>183</b>
6.1.	Amplificateur de différence . . . . .	183
6.2.	Auto-élévateur . . . . .	184
6.3.	Effet Miller . . . . .	186
6.4.	Darlington . . . . .	187
6.5.	Superbeta . . . . .	188
<b>7.</b>	<b>FET I Première rencontre</b>	<b>191</b>
7.1.	Propriétés des FET . . . . .	191
7.2.	Sources de courant à FET . . . . .	191
7.3.	Source-suiveuse . . . . .	193
7.4.	FET comme résistance variable . . . . .	196
<b>8.</b>	<b>Amplificateurs opérationnels I</b>	<b>199</b>
8.1.	Circuit d'essai en boucle ouverte . . . . .	199
8.2.	Amplificateur inverseur . . . . .	199
8.3.	Amplificateur non inverseur . . . . .	200
8.4.	Suiveur . . . . .	201
8.5.	Source de courant . . . . .	202
8.6.	Convertisseur courant-tension . . . . .	202
8.7.	Amplificateur sommateur . . . . .	204
8.8.	Tampon <i>push-pull</i> . . . . .	205
<b>9.</b>	<b>Amplificateurs opérationnels II</b>	<b>207</b>
9.1.	Imperfections de l'amplificateur opérationnel . . . . .	207
9.2.	Intégrateur . . . . .	209

## Table des matières

9.3. Dérivateur . . . . .	210
9.4. Amplificateurs en alternatif . . . . .	210
9.5. Redresseur actif . . . . .	211
9.6. Redresseur actif amélioré . . . . .	212
9.7. Ecrêteur actif . . . . .	213
<b>10. Amplificateurs opérationnels III</b>	<b>213</b>
10.1. Deux comparateurs . . . . .	214
10.2. Oscillateur RC . . . . .	215
10.3. Oscillateur à 7555 . . . . .	216
10.4. Générateur de signal en dents de scie . . . . .	216
10.5. Générateur de signal triangulaire . . . . .	217
10.6. Générateur de signal sinusoïdal . . . . .	218
10.7. Suiveur . . . . .	218
10.8. Instabilité . . . . .	219
<b>11. FET II</b>	<b>219</b>
11.1. MOSFET de puissance . . . . .	222
11.2. Résistance à l'état passant, $R_{ON}$ . . . . .	222
11.3. Traversée . . . . .	223
11.4. Circuit de découpage ( <i>chopper</i> ) . . . . .	223
11.5. Echantillonneur-bloqueur . . . . .	224
11.6. Alimentation négative . . . . .	225
11.7. Filtre à commutation de condensateur I . . . . .	225
11.8. Filtre à commutation de condensateur II . . . . .	227
<b>12. Régulateurs de tension</b>	<b>227</b>
12.1. Régulateur 723 . . . . .	228
12.2. Régulateur tripode à tension fixe . . . . .	229
12.3. Régulateur tripode réglable: le 317 . . . . .	230
12.4. Références de tension . . . . .	230
12.5. Protection contre surtension par court-circuit ( <i>crowbar</i> ) . . . . .	231
<b>III. Annexes</b>	<b>231</b>

MICHAEL HERZOGENRATH

# Corrigés des exercices et TP du TRAITÉ DE L'ÉLECTRONIQUE

PREMIÈRE PARTIE :  
ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE

Le Traité de l'Électronique Analogique & Numérique comporte deux volumes, les Travaux Pratiques du Traité en comptent deux autres, et les Corrigés en comptent deux dont celui-ci est le premier (le second est à paraître) .

Un des mérites du Traité est de ne pas donner de solutions aux exercices qu'il propose ; ses auteurs n'ont pas publié eux-mêmes de tels corrigés sans doute parce qu'ils ne souhaitent pas inciter leurs étudiants à la paresse. L'absence d'une référence incontestable a toutefois de quoi tracasser le lecteur isolé. C'est pourquoi nous lui proposons ce volume, où tous les exercices du volume 1 du Traité de l'Électronique Analogique & Numérique et ceux du volume 1 des Travaux Pratiques trouvent chacun une solution et un commentaire. Les exercices du deuxième volume et les questions de travaux pratiques du quatrième seront traités dans un second volume de Corrigés, consacré à l'électronique numérique.

Dans ces Corrigés, Michael Herzogenrath s'adresse à tous ceux que l'électronique intéresse et qui désirent l'apprendre avec le Traité. Un étudiant pourra-t-il aussi en tirer profit ? Bien sûr, s'il joue le jeu et fait les exercices, d'abord seul, pour comparer ensuite ses propres solutions à celles des Corrigés. En fait, pour en tirer le plus grand profit possible, il serait souhaitable que tout lecteur ait lui-même recherché, un tant soit peu, la solution aux exercices. Mais la seule lecture de ces corrigés, sans participation active, présente déjà un intérêt certain.

Ceci n'est pas un livre de bachotage, il ne prépare à aucun examen particulier et la présentation des corrigés prend d'ailleurs quelques libertés par rapport aux règles habituelles des examinateurs. Il a été écrit par un ingénieur désireux, avant tout, d'apprendre systématiquement l'électronique avec le Traité, et de vous faire profiter de ses efforts. Il l'a fait théoriquement, en résolvant tous les exercices posés par le premier volume du Traité, et pratiquement, en effectuant les T.P. du troisième volume. Il a tout compris, et vous explique comment tout comprendre à votre tour.

**PUBLITRONIC / ELEKTOR**  
**PARIS**

Diffusion GEODIF  
ISBN 2-86661-112-8



9 782866 611125



BIBLIOTHEQUE  
D'ÉLECTRONIQUE