

Nicolas Lescure  
Bruno Mombelli

Exercices corrigés

# ÉLECTRONIQUE

avec Maple et Pspice

66 exercices et problèmes corrigés  
rappels de cours

1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> années MP • PC

*L'intégrale*

PRÉPAS SCIENTIFIQUES

DUNOD



# Table des matières

Avant-propos	IX
CHAPITRE 1 • LES FILTRES	1
RAPPELS DE COURS	1
1. Quadripôles linéaires et fonctions de transfert	1
1.1 Notion de quadripôle	1
1.2 Quadripôle débitant sur une charge : impédances d'entrée et de sortie	1
1.3 Fonction de transfert d'un quadripôle linéaire	2
1.4 Filtres	2
1.5 Diagramme de Bode	3
2. Méthode d'étude des filtres	3
3. Diagrammes de Bode des principaux types de filtres	4
4. Fonction de transfert, équation différentielle et stabilité d'un système linéaire	4
4.1 Fonction de transfert et équation différentielle	4
4.2 Stabilité d'un système linéaire	5
5. Mise en cascade de quadripôles	5
EXERCICES	5
A. Application directe du cours	5
A.1 Filtre $LC$	5
A.2 Filtres $RLC$	6
A.3 Filtre passe-bas du second ordre	6
A.4 Simulation d'un filtre coupe-bande	7
A.5 Équation différentielle et fonction de transfert	7
A.6 Association de filtres	7
B. Qu'en pense-t-on au labo ?	8
B.1 Étude du circuit $RC$	8
B.2 Étude du circuit $CR$	9
C. Problème de concours	10
École de l'Air 1997	10
CORRECTION DES EXERCICES	12

<b>CHAPITRE 2 • LES AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS</b>	<b>31</b>
<b>RAPPELS DE COURS</b>	<b>31</b>
1. Généralités	31
1.1 Description	31
1.2 Propriétés de l'AO en régime linéaire	31
1.3 Fonctionnement non linéaire	32
1.4 Réaction positive et contre-réaction	33
2. Quelques applications en régime linéaire	33
2.1 Montage suiveur	33
2.2 Amplificateur de tension (non inverseur)	33
2.3 Convertisseur courant-tension	34
2.4 Montage amplificateur inverseur	34
2.5 Impédances d'entrée et de sortie	34
2.6 Sommateur	34
2.7 Filtres	35
3. Quelques applications en régime non linéaire	35
3.1 Comparateur simple	36
3.2 Comparateur à hystérésis	36
<b>EXERCICES</b>	<b>36</b>
A. Application directe du cours	36
A.1 Convertisseur tension-courant, ou générateur de courant	36
A.2 Montage soustracteur, AO idéal	37
A.3 Calculs de $Z_e$ , $Z_s$	37
A.4 Rôle des entrées inverseuse et non inverseuse sur la stabilité du montage	37
A.5 Analyse de la contre-réaction en terme de schémas blocs	37
A.6 Limitations dues à la triangularisation	38
A.7 Montage suiveur à AO réel en régime sinusoïdal	38
A.8 Amplificateur inverseur à grande amplification de tension et à grande résistance d'entrée (AO idéal)	38
A.9 Contre-réaction sélective	39
A.10 Simulation d'un circuit <i>RLC</i> série	39
A.11 Influence des courants de polarisation	39
A.12 Exercice Maple	39
A.13 Influence de la présence d'un AO sur la fonction de transfert d'un quadripôle	40
B. Qu'en pense-t-on au labo ?	40
B.1 Utilisation du montage suiveur	41
B.2 Amplificateur non inverseur	41
B.3 Étude du montage amplificateur inverseur	42
B.4 Étude du montage sommateur	43
B.5 Filtres actifs	43
B.6 Étude des montages comparateurs	45

C. Problème de concours	46
ECRIN 1996, premier problème	46
<b>CORRECTION DES EXERCICES</b>	<b>49</b>
<b>CHAPITRE 3 • L'ANALYSE DE FOURIER</b>	<b>67</b>
<b>RAPPELS DE COURS</b>	<b>67</b>
1. Notion de série de Fourier	67
1.1 Définition	67
1.2 Valeur moyenne, fondamental et harmoniques	68
2. Propriétés de symétrie et conséquences sur les valeurs des coefficients	68
3. Autre écriture du développement en série de Fourier, spectre de fréquences	68
4. Conséquences importantes	69
4.1 Application à l'analyse des circuits	69
4.2 Synthèse des signaux	69
5. Puissance	69
<b>EXERCICES</b>	<b>70</b>
A. Application directe du cours	70
A.1 Série de Fourier et coefficients	70
A.2 Série de Fourier et spectre de fréquences	70
A.3 Recomposition d'un signal à partir d'une série de Fourier	70
A.4 Amplitude des harmoniques d'une série de Fourier	70
A.5 Forme exponentielle des séries de Fourier	71
A.6 Puissance	71
B. Qu'en pense-t-on au labo ?	71
B.1 Étude d'un filtre passe-bas alimenté en signal triangulaire	71
B.2 Principe de fonctionnement d'un analyseur de spectre	72
B.3 Réalisation d'un analyseur de spectre à partir d'un amplificateur sélectif à fréquence d'accord ajustable	73
C. Problèmes de concours	74
C.1 ESIM 1997	74
C.2 ESIM 1996	76
<b>CORRECTION DES EXERCICES</b>	<b>77</b>
<b>CHAPITRE 4 • LES DIODES</b>	<b>91</b>
<b>RAPPELS DE COURS</b>	<b>91</b>
1. Théorie élémentaire des diodes	91
1.1 Nature	91

1.2	Limites de fonctionnement d'une diode	92
1.3	Les diodes Zéner	92
2.	Principes d'étude d'un circuit contenant une diode	92
2.1	Résolution par droite de charge	92
2.2	Méthodes d'approximation	93
2.3	Modélisation d'une diode Zéner	93
3.	Quelques circuits à diodes	94
4.	Diodes électroluminescentes	94
<b>EXERCICES</b>		<b>95</b>
A.	Application directe du cours	95
A.1	Diode en régime continu	95
A.2	Diode Zéner idéale en régime continu	95
A.3	Exercice Maple	95
A.4	Diode Zéner	96
A.5	Charge et décharge d'un condensateur parfait	96
A.6	Doubleur de tension	97
A.7	Filtrage d'une tension redressée monoalternance, application au détecteur d'enveloppe	97
A.8	Quelques circuits électroniques simples	97
A.9	Circuit détecteur crête à crête	98
B.	Qu'en pense-t-on au labo ?	98
B.1	Caractéristiques courant-tension des diodes	99
B.2	Redressement	100
C.	Problèmes de concours	103
C.1	ESIM 1997	103
C.2	ICARE 1997	104
<b>CORRECTION DES EXERCICES</b>		<b>106</b>
<b>CHAPITRE 5 • LES OSCILLATEURS</b>		<b>121</b>
<b>RAPPELS DE COURS</b>		<b>121</b>
1.	Introduction à l'étude des oscillateurs	121
1.1	Quelques remarques importantes	121
1.2	Différents types d'oscillateurs	121
2.	Exemples	122
2.1	Oscillateur à résistance négative	122
2.2	Oscillateur à pont de Wien	123
2.3	Multivibrateur astable	123

<b>EXERCICES</b>	<b>124</b>
A. Application directe du cours	124
A.1 Oscillations et équation différentielle	124
A.2 Multivibrateur astable	124
A.3 Oscillateur à réseau déphaseur	125
A.4 Étude des effets non linéaires avec le modèle de Van der Pol	126
B. Qu'en pense-t-on au labo ?	127
B.1 Oscillateur à résistance négative	127
B.2 Oscillateur à pont de Wien	128
C. Problèmes de concours	129
C.1 École de l'air 1996	129
C.2 CAPES - CAFEP 1996, 1 <sup>re</sup> partie	130
<b>CORRECTION DES EXERCICES</b>	<b>132</b>
<b>CHAPITRE 6 • INTRODUCTION AUX TRANSISTORS</b>	<b>147</b>
<b>RAPPELS DE COURS</b>	<b>147</b>
1. Introduction	147
2. Transistors bipolaires	147
3. Gain en courant, $\beta$	148
4. Caractéristiques du transistor	148
5. Modes de fonctionnement du transistor, méthode d'étude	149
5.1 Introduction	149
5.2 Circuits amplificateurs	149
6. Paramètres hybrides du transistor	150
<b>EXERCICES</b>	<b>150</b>
A. Application directe du cours	150
A.1 Détermination du point de repos	150
A.2 Amplificateur émetteur commun, paramètres hybrides	151
A.3 Montage émetteur commun, étude avec Pspice	151
A.4 Amplificateur de puissance	152
B. Qu'en pense-t-on au labo ?	154
<b>CORRECTION DES EXERCICES</b>	<b>154</b>
<b>ANNEXE A • PSPICE</b>	<b>161</b>
1. Principe d'utilisation	161

2. Les générateurs	163
2.1 Sources continues	163
2.2 Sources sinusoïdales $V_{\sin}$ ou $I_{\sin}$	163
2.3 Tension créneau et tension dérivée du créneau (VPULSE)	165
2.4 Étude fréquentielle (VAC)	165
3. Paramètre variable : analyse paramétrique	166
 ANNEXE B • MAPLE	 169
1. Un exemple élémentaire	169
2. Les bibliothèques	170
3. Les nombres	170
3.1 Constantes mathématiques	170
3.2 Précision	171
3.3 Nombres complexes	171
4. Les séquence, liste et ensemble	172
4.1 Séquence	172
4.2 Liste [ ]	173
4.3 Ensemble { }	173
5. Quelques opérations sur les fonctions	173
5.1 Introduction	173
5.2 Valeurs prises par une « fonction »	174
5.3 Dérivée, primitive et intégrale d'une fonction	174
5.4 Comparaison d'un résultat avec une expression connue	175
6. Les tracés	175
6.1 L'instruction plot	175
6.2 Tracés en deux dimensions	176
6.3 Tracés de données	177
6.4 Tracés en trois dimensions	177
6.5 Axes logarithmiques ou semi-logarithmiques	178
6.6 Options de tracés	178
7. Les équations, équations différentielles, systèmes d'équations	178
7.1 Résolution d'équations algébriques	178
7.2 Système d'équations	179
7.3 Équations différentielles	179
8. Les utilitaires de simplification	180
9. Remarque d'ordre général	180
Index	181

Nicolas Lescure  
Bruno Mombelli

## ÉLECTRONIQUE avec Maple et Pspice 66 exercices et problèmes corrigés

EXERCICES

Ce recueil d'exercices résolus d'électronique couvre le nouveau programme de première et deuxième années des filières MP et PC.

Chaque chapitre débute par un résumé de cours, suivi de nombreux exercices, qui s'articulent en trois catégories :

- les exercices d'application, qui permettent de dégager les notions essentielles du cours ;
- une rubrique « Qu'en pense-t-on au labo ? », dont le but est de mettre en relation le cours et les TP ; ces exercices sont conçus de manière à donner un sens concret au phénomène physique étudié ;
- des problèmes de concours enfin, pour vérifier les acquis et préparer à l'examen.

Certaines questions proposent une solution assistée par ordinateur, soit grâce à *Maple*, dont les applications à la physique sont d'un intérêt parfois méconnu, soit à l'aide de *Pspice*, logiciel de simulation très couramment utilisé. Ici, l'accent est mis sur le raisonnement et la méthode à mettre en œuvre.

Après chaque énoncé, les auteurs donnent des conseils destinés à guider l'étudiant dans sa résolution de l'exercice. La solution est alors proposée, claire et détaillée.

NICOLAS LESCURE  
est professeur au  
prytanée national  
militaire de La Flèche.

BRUNO MOMBELLI  
est professeur au lycée  
Sud Médoc à  
Le Taillan.



Nicolas Lescure  
Bruno Mombelli

## ÉLECTRONIQUE avec Maple et Pspice 66 exercices et problèmes corrigés

EXERCICES

Ce recueil d'exercices résolus d'électronique couvre le nouveau programme de première et deuxième années des filières MP et PC.

Chaque chapitre débute par un résumé de cours, suivi de nombreux exercices, qui s'articulent en trois catégories :

- les exercices d'application, qui permettent de dégager les notions essentielles du cours ;
- une rubrique « Qu'en pense-t-on au labo ? », dont le but est de mettre en relation le cours et les TP ; ces exercices sont conçus de manière à donner un sens concret au phénomène physique étudié ;
- des problèmes de concours enfin, pour vérifier les acquis et préparer à l'examen.

Certaines questions proposent une solution assistée par ordinateur, soit grâce à *Maple*, dont les applications à la physique sont d'un intérêt parfois méconnu, soit à l'aide de *Pspice*, logiciel de simulation très couramment utilisé. Ici, l'accent est mis sur le raisonnement et la méthode à mettre en œuvre.

Après chaque énoncé, les auteurs donnent des conseils destinés à guider l'étudiant dans sa résolution de l'exercice. La solution est alors proposée, claire et détaillée.

NICOLAS LESCURE  
est professeur au  
prytanée national  
militaire de La Flèche.

BRUNO MOMBELLI  
est professeur au lycée  
Sud Médoc à  
Le Taillan.

