

Gérard Blanchet

Traitements, algorithmes et simulation avec Scilab



Gérard Blanchet

Traitements, algorithmes et simulation avec Scilab

Lavoisier
hermes

Collection

Information numérique

Traitement, interprétation, communication

dirigée par **Olivier Rioul**

Professeur, Télécom ParisTech,
Université Paris-Saclay, Paris

Comité éditorial :

Gérard Blanchet, Professeur émérite, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Isabelle Bloch, Professeur, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Valérie Fernandez, Professeur, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Benoît Geller, Professeur, ENSTA ParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

Table des matières

Table des matières	5
Avant-propos	9
Notations et abréviations	11
1 Introduction au langage	15
1.1 Variables et constantes	19
1.1.1 Vecteurs et matrices	19
1.1.2 Les chaînes de caractères	24
1.1.3 Matrices prédéfinies	26
1.1.4 Constantes et initialisations	27
1.1.5 Tableaux multidimensionnels	28
1.1.6 Cellules et structures	29
1.2 Opérations et fonctions	33
1.2.1 Opérations matricielles	33
1.2.2 Opérations pointées	36
1.2.3 Produit de Kronecker	36
1.2.4 Relations de précedence des opérateurs	37
1.2.5 Fonctions mathématiques	37
1.2.6 Fonctions de matrices	39
1.2.7 Autres fonctions utiles	39
1.3 Structures de base dans la programmation	41
1.3.1 Opérateurs logiques et variables booléennes	42
1.3.2 Les boucles	44
1.3.3 Boucles implicites	45
1.3.4 Les fonctions personnelles	48
1.4 Les affichages	50
1.4.1 Affichage 2D	50
1.4.2 Autres fonctions utilisables pour les tracés 2D	52
1.4.3 Affichage 3D	54
1.4.4 Les animations	57
1.5 Conversion nombres - chaînes de caractères	58
1.6 Entrées/sorties	59
1.6.1 Messages	60

1.6.2	Entrées à partir du clavier ou de la souris	61
1.6.3	Entrées/sorties dans des fichiers	62
1.6.4	Entrées/sorties spécialisées	66
1.7	Exercices	68
2	Ecriture des programmes et mise au point	71
2.1	Gestion du fonctionnement	71
2.2	Programmes et fonctions, compléments	72
2.2.1	Fonctions locales	72
2.2.2	Bibliothèques de fonctions	73
2.3	Exécution de chaînes de caractères	75
2.4	Appel au système d'exploitation	76
2.5	Mise au point	77
2.5.1	Edition des variables	77
2.5.2	Points d'arrêt	77
2.5.3	Mise au point directe	78
2.5.4	Traitement local des erreurs	79
2.5.5	Extraction d'informations d'exécution	80
2.6	Le développement d'applications	80
3	La transformée de Fourier dans Scilab	83
3.1	Les transformées de Fourier	84
3.1.1	La TF de signaux à temps continu	86
3.1.2	La TF de signaux à temps discret ou TFTD	87
3.1.3	La TF discrète de signaux à temps discret ou TFD	89
3.2	Application au filtrage des signaux	95
3.2.1	Notion de système linéaire invariant	95
3.2.2	Réalisation du filtrage sous Scilab	96
3.2.3	Réponse en fréquences	98
4	Variables aléatoires	101
4.1	Lois usuelles	101
4.1.1	Loi uniforme sur (a, b)	101
4.1.2	Loi de Bernoulli	104
4.1.3	Loi binomiale	105
4.1.4	Variables aléatoires gaussiennes réelles	108
4.1.5	Variables aléatoires gaussiennes complexes	109
4.1.6	Vecteurs aléatoires gaussiens	111
4.2	Estimation de la densité de probabilité	112
4.3	Génération de variables aléatoires	117
4.3.1	Générateurs de Scilab	117
4.3.2	Chaînes de Markov	118
4.3.3	Génération de variables aléatoires	121
4.4	Exercices	123

5	Éléments d'automatique linéaire à temps continu	127
5.1	La transformée de Laplace	128
5.1.1	Définition	129
5.1.2	Quelques propriétés	130
5.1.3	Notion de système	131
5.2	Outils graphiques	135
5.2.1	Diagrammes de Bode	135
5.2.2	Diagramme de Nyquist	142
5.3	Le pourquoi du bouclage	146
5.3.1	Schémas généraux	147
5.3.2	Utilisation du diagramme de Nyquist	147
5.3.3	Autres critères de stabilité	151
5.3.4	Critères de performances	152
5.3.5	La précision	155
5.3.6	Le diagramme de Black-Nichols	155
5.3.7	Le compensateur PID	156
5.3.8	Exemple d'application	157
5.3.9	Lieu d'Evans ou lieu des pôles	162
5.4	Exercices	163
6	Simulation	167
6.1	Éléments de base	167
6.2	Les super-blocs	172
6.3	Passage de paramètres	173
6.3.1	Variables implicites	173
6.3.2	Appel de Xcos à partir de scripts Scilab	174
6.4	Exercices	175
7	Résolution d'équations	177
7.1	Recherche de zéros	177
7.1.1	Zéros d'une fonction par la méthode de Newton	177
7.1.2	Racines d'un polynôme par Newton-Raphson	178
7.1.3	Méthode de Jenkins et Traub	180
7.2	Systèmes d'équations linéaires	183
7.2.1	Algorithmes de base de la décomposition QR	184
7.2.2	Itération de Gauss ou méthode de Jacobi	188
7.2.3	Itération de Gauss-Seidel	188
7.2.4	Remarques	189
7.2.5	Méthode du gradient conjugué	190
7.3	Problèmes de valeurs propres	195
7.3.1	Recherche de la valeur propre de plus grand module	195
7.3.2	Méthode de Schur	197
7.3.3	Calcul du polynôme caractéristique	198
7.4	Systèmes d'équations non linéaires	200
7.5	Résolution d'équations différentielles ordinaires (ODE)	202
7.5.1	Passage du continu au discret	202
7.5.2	Cas linéaire, résolution en temps continu	204

7.5.3	Système différentiel	206
7.6	Exercices	213
8	Quelques éléments sur les images	217
8.1	Définition des images	217
8.2	Utilisation des fonctions fournies par Scilab	217
8.3	Quelques traitements appliqués aux images indexées	221
8.3.1	Filtrage	221
8.3.2	Seuillage	224
8.3.3	Décomposition d'une image	224
8.4	Exercices	229
9	Exercices divers	233
9.1	Communications	233
9.2	Méthode de Monte-Carlo	237
9.3	Corde vibrante	239
9.3.1	Solution en temps continu	239
9.3.2	Simulation en temps discret	241
	Annexes	243
A.1	Rappels sur les variables aléatoires	243
A.1.1	Définitions	243
A.1.2	Moments et fonction caractéristique	247
A.2	Construction d'interfaces graphiques	251
A.2.1	Les éléments de contrôle	251
A.2.2	Pour aller plus loin...	256
A.2.3	Exemple	258
A.3	Les extensions	261
A.3.1	Appel à l'aide de la fonction <code>call</code>	261
A.3.2	Introduction à l'API	265
A.4	Indications sur les exercices	272
A.4.1	Introduction au langage	272
A.4.2	Ecriture des programmes et mise au point	276
A.4.3	La transformée de Fourier dans Scilab	276
A.4.4	Variables aléatoires	277
A.4.5	Éléments d'automatique linéaire à temps continu	286
A.4.6	Résolution d'équations	293
A.4.7	Quelques éléments sur les images	307
A.4.8	Simulation	309
A.4.9	Exercices divers	313
	Bibliographie	322
	Index	324

Avant-propos

Cet ouvrage se donne pour but d'apporter des éléments sur l'utilisation du langage Scilab et des exemples pouvant déboucher sur des applications pédagogiques. Pour certains des thèmes présentés nous donnerons, et/ou rappellerons, les propriétés et résultats indispensables pour les aborder.

La documentation sur Scilab est très riche et offre de nombreux documents [16, 17, 18, 19, 20] disponibles sur le site scilab.org, ou accessibles à partir de ce dernier.

Les domaines d'applications de Scilab sont nombreux. On y trouve l'automatique, le traitement du signal, les probabilités et statistiques, etc. En ce qui concerne l'algorithmique numérique (résolution d'équations ou d'équations différentielles), la littérature est très vaste tant en livres ([5], [8], [9], [13], etc.) qu'en documents pédagogiques¹. Pour ce qui est de l'automatique linéaire temps continu ou du traitement du signal, de nombreuses fonctions sont données. Celles-ci facilitent la simulation, le tracé des principaux diagrammes utiles, le calcul de compensateurs ou de filtres, etc.

Cet ouvrage inclut les chapitres suivants :

1. un chapitre d'introduction au langage ;
2. un chapitre sur l'écriture des programmes et la mise au point ;
3. un chapitre consacré à la transformée de Fourier, sa définition, son interprétation et son utilisation ;
4. un chapitre présentant quelques éléments sur l'utilisation de Scilab dans le cadre des probabilités ;
5. Scilab étant largement utilisé dans le domaine de l'automatique, un chapitre est consacré à l'automatique linéaire temps continu sous forme d'un cours rapide avec exemples. Ce chapitre est un peu plus développé dans la mesure où l'on parle de la transformée de Laplace ;
6. un chapitre aborde le problème de la simulation utilisant des « blocs » (Xcos) ;

1. G. W. Collins-II, <http://bifrost.cwru.edu/personal/collins/numbk/>, Numerical Methods and Data Analysis, 2003

7. un chapitre traite de la recherche de zéros, de la résolution d'équations linéaires ou non-linéaires et des équations différentielles. Etant donné l'ampleur du sujet, ce chapitre se contente de présenter des exemples de traitement ;
8. un chapitre expliquant comment afficher des images et faire quelques traitements sans utiliser l'outil SIVP ;
9. un chapitre d'exercices complémentaires est ensuite proposé.
10. Les annexes donnent quelques éléments sur les probabilités et les variables aléatoires. Suivent les interfaces graphiques et les éléments de contrôle disponibles : boutons-poussoirs, cases à cocher, menus déroulants, etc. Enfin sont données des indications sur les exercices.

Quelques liens et documents utiles :

1. <http://wiki.scilab.org/Tutorials> ;
2. <http://www.scilab.org/resources/documentation> ;
3. www-fourier.ujf-grenoble.fr/~decauwer/polyscilab.pdf.

Scilab fait partie des environnements de développement et de simulation qui sont aujourd'hui incontournables pour l'enseignement des sciences de l'ingénieur et la recherche appliquée.

Les thèmes les plus théoriques tels que probabilités ou transformées de Fourier sont abordés dans cet ouvrage par le biais de programmes sans négliger toutefois les aspects théoriques et les principaux résultats qui sont donnés en annexe.

L'automatique et l'algorithmique numérique constituent deux chapitres « applicatifs ». Le premier aborde l'automatique « temps continu » avec étude du comportement des systèmes, bouclage et calcul de correcteurs. Le second présente les grands classiques de l'algorithmique numérique tels que la résolution d'équations simples ou différentielles ou d'équations algébriques par les techniques itératives.

L'outil de simulation Xcos de Scilab offre de grandes possibilités qui viennent en complément de la programmation directe. La résolution d'équations différentielles non linéaires en est une application notable.

Des indications et les corrigés des exercices sont donnés en fin d'ouvrage.

Ce livre tente, au-delà de la simple utilisation de Scilab, de présenter des applications mettant en œuvre programmation, algorithmes ou simulation. Il propose ainsi des éléments de base sur les sciences de l'ingénieur; éléments qui sont autant de sources d'exercices et de problèmes pour les étudiants des premier et deuxième cycles.

Gérard Blanchet est professeur émérite au sein de Télécom-Paristech. Membre du département « Image, données, signal » (IDS), il est auteur et co-auteur de plusieurs ouvrages et articles de synthèse traitant d'automatique, de traitement du signal et des architectures d'ordinateurs.

