



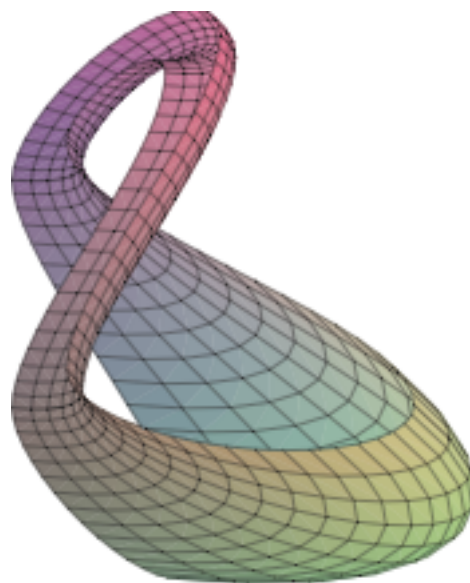
Manuel

MAPLE 9.5

Jean Brillet

Observatoire de Bordeaux

www.obs.u-bordeaux1.fr



Avant-propos

MAPLE est un logiciel développé par l'Université de Waterloo au Canada (www.maplesoft.com). Il permet de manipuler des expressions mathématiques de façon symbolique ou numérique. Établir un dialogue avec une machine pour parler de mathématique suppose un langage de communication particulier. En plus de la notion plus ou moins élémentaire de nombre, celui-ci doit être capable de “comprendre” des concepts plus abstraits comme ceux d'infini, de fonctions, de dérivée et d'intégrale, d'intervalles, de limites, de continuité, etc. MAPLE n'est qu'un programme informatique et doit de ce fait, pour pouvoir résoudre les problèmes posés, manipuler ces “objets” à travers des algorithmes. Ceci a deux conséquences fondamentales :

1) Outre les problèmes posés par l'entrée des commandes avec un clavier et qui nécessite l'abandon des notations traditionnelles, il est nécessaire de bien comprendre comment MAPLE appréhende et manipule ces concepts.

2) MAPLE n'est pas un mathématicien : c'est un manipulateur puissant et rapide d'expressions mathématiques. Aussi ne résoudra-t-il pas un problème si l'utilisateur n'a pas les idées claires sur la façon de le formuler et de conduire les calculs (cela dit, c'est aussi un outil pédagogique puissant pour se familiariser avec de nouveaux concepts).

L'objet de ce cours est d'introduire le point 1) mais en aucun cas le point 2). Les possibilités de MAPLE sont si vastes qu'il est impossible d'en donner un aperçu complet à travers un manuel comme celui-ci. Il est donc plus que recommandé de compléter cette information en explorant les aides disponibles, soit en ligne sur l'ordinateur soit dans des livres.

On conçoit qu'un logiciel aussi sophistiqué puisse comporter ici ou là quelques (rares) anomalies de fonctionnement et la prudence est toujours de mise. Ce manuel a été développé pour MAPLE 9.5 (version pour MacOS X). MAPLE fonctionne sur de nombreuses plates-formes et il n'est pas exclu que d'une machine à l'autre on puisse observer quelques différences mineures de comportement.

ATTENTION : Même si elles sont peu nombreuses, certaines remarques rencontrées dans ce manuel ne correspondent qu'à la version 9.5 et ne sont pas valables pour les autres versions. MAPLE est en constante évolution et les nouvelles versions, non seulement ajoutent des fonctionnalités ou corrigent les erreurs rencontrées, mais modifient aussi le comportement de certains algorithmes.

Table des matières

Figure de la page de garde : coupe d'une bouteille de Klein (voir la fin du chapitre 17)

Divers Cette première rubrique regroupe des sujets divers qui ne sont pas nécessairement faciles à localiser avec les titres de chapitres.

• Aide MAPLE	3
• Commentaires sur le fonctionnement de MAPLE	15
• Entrée des commandes	1,15
• Syntaxe des noms, alphabet grec, noms indicés	15
• Noms indicés	15, 38, 117, 351
• « Fausses » erreurs de syntaxes	15
• État de MAPLE, noyau	16
• Ordre restart	17
• Initialisation de MAPLE	17
• Gestion des noyaux	18
• Accès aux bibliothèques, fonction with	18, 94, 371
• Ouvertures et sauvegardes des feuilles de calculs	18
• Organisation des feuilles de calcul	19
• Impression des feuilles de calculs	20
• Affichage des résultats, étiquetage	20
• Dito (%)	1, 17, 403
• Symboles et chaînes de caractères, manipulations	37, 350
• Fonction map	68, 156
• Fonction zip	70, 157
• Fonction de tri : sort	66, 128
• Distribution de nombres pseudo-aléatoires	147
• Interpolation et lissage (CurveFitting)	159, 410
• Fonction alias	134, 136, 142
• Opérateurs logiques (>,<=, etc.) or , and	346
• Expressions définies par morceaux, fonction piecewise	158
• Transformations en Z	231
• Transformations de Fourier discrètes (FFT)	209
• Mot clé NULL	56
• Point décimal et opérateur « . »	7, 91
• Génération de code C, Fortran, ...	165
• Unités physiques, Constantes physiques	255, 257
• Fonctions spéciales	252
• Distributions	212

Chapitre 1 Les nombres dans Z, Q, R et C	1
• Nombres entiers	1
• Élision	2
• Nombres rationnels	4
• Nombres irrationnels	4
• Nombres remarquables	5
• Nombres décimaux	6
• Évaluations décimales implicites	7
• Évaluations décimales forcées	9
• Fonction evalf , variable Digits	9
• Fonction evalhf	10
• Nombres complexes	11
• Identification des nombres décimaux	13
• Divers	14
• Commentaires sur l'utilisation de MAPLE	15
Chapitre 2 Assignations, Evaluations et Substitutions, Types,	
Éléments sur la structure des expressions.	21
• Assignations et évaluations	21
• Assignations multiples	21
• Désassignation	22
• Évaluation, assignation et désassignation	22
• Évaluations explicites, fonction eval	23
• Fonction inerte Eval et fonction d'activation value	23
• Évaluations à valeurs multiples	24
• Modification d'une expression par eval	24, 31
• Non évaluation d'un nom ou d'une expression	26
• Test d'assignation, fonctions assigned , anames	27
• Protection d'un nom : fonctions protect et unprotect	27
• Éléments sur la structure des expressions : opérandes	28
• Soustractions et divisions	30
• Indéterminées d'une expression : fonction indets	31
• Retour sur les évaluations et substitutions	31
• Fonction subs	33
• Fonctions subsop et algsops	34
• Type : fonctions whattype et type , profils de types	35
• Fonction whattype	35

• Fonction type	37
• Profils de types	41
• Noms des types et profils de type créés	42
• Fonction subtype	44
• Bibliothèque TypeTools	44
• Types attribués, fonctions setattribute et attributes	46
Chapitre 3 Intervalles, Suites, Listes, Ensembles	49
• Intervalles	49
• Suites	50
• Comptage, changement des éléments	52
• Génération automatique, fonction seq (voir aussi 62) et \$	52
• Ensembles	53
• Évaluations, substitutions	55
• Changements et suppressions d'un élément	55
• Égalité entre ensembles, appartenance d'un élément	56
• Opérations globales, union , minus , select , remove	59
• Listes	61
• Deuxième forme de la fonction seq	62
• Transformation en suites et réciproque	62, 63
• Suppression des éléments d'une liste	65
• Modification, ajout et insertion	65
• Bibliothèque ListTools	66
• Tri d'une liste	66
• Transformation en ensembles	66
• Addition et soustraction de listes	67
• Addition ou multiplication des éléments	67
• Fonction map	68
• Fonction zip	70
Chapitre 4 Vecteurs, Matrices et Algèbre Linéaire	71
• Construction des vecteurs et des matrices	71
• Constructions élémentaires	71
• Extraction, assignation, changement des éléments	74
• Affichage des grands vecteurs et des grandes matrices	76
• Génération automatique des composantes	77
• Vecteurs de type ligne	78
• Types et opérandes des vecteurs et des matrices	78

• Constructions avec options	80
• Option shape	80
• Option scan	83
• Option fill	83
• Combinaisons des options shape, scan et fill	84
• Option datatype	85
• Option storage	87
• Option readonly	87
• Assignations et fonction copy	88
• Algèbre linéaire élémentaire	89
• Opérateur produit matriciel	91
• La bibliothèque LinearAlgebra	92
• Option inplace	93
• Accès aux fonctions de la bibliothèque LinearAlgebra	94
• Quelques exemples de fonctions de LinearAlgebra	95
• Résolution d'un système d'équations linéaires	96
• Tests d'égalité, fonction Equal, verify	97
• Valeurs propres d'une matrice, fonction Eigenvalues	98
• Vecteurs propres d'une matrice, fonction Eigenvectors	101
• Application d'un opérateur sur les éléments d'une matrice	102
• Fonctions Map et Zip	103
• Calculs numériques	104
• Arithmétique câblée	104
• Erreurs numériques	107
• Forme du datatype d'un résultat numérique	108
• Arithmétique émulée	108
Chapitre 5 Tables et Tableaux	111
• Les Tables	111
• Contenus des tables	113
• Les options d'indexation	113
• Indexation <i>symmetric</i>	113
• Indexation <i>antisymmetric</i>	114
• Indexation <i>diagonal</i>	115
• Indexation <i>identity</i>	115
• Indexation <i>sparse</i>	116
• Création de fonctions d'indexation	116
• Fonction copy	116

• Noms indicés	117
• Opérandes et types des objets <i>table</i>	118
• Les Tableaux (Array)	120
• Construction et utilisation des tableaux	120
• Types des tableaux	122
• Fonction d'indexation	123
• Fonctions d'interrogation des tableaux	123
• Tableaux indépendants et duplication, fonction copy	124
• Bibliothèque ArrayTools	125
• Tableaux hfarray	125
Chapitre 6 Polynômes et Fractions rationnelles	127
• Polynômes	127
• Fonctions sort , coeff , degree , expand , collect	127
• Familles de polynômes orthogonaux	129
• Bibliothèque orthopoly	131
• Factorisation et recherche des racines d'un polynôme	131
• Factorisation exacte, fonction factor	131
• Fonction irreduc	131
• Extensions algébriques	132
• Alias RootOf , fonction allvalues	133
• Bibliothèque PolynomialTools	134
• Fonction alias	134
• Fonction roots	134
• Factorisation approchée	134
• Étude d'un exemple	135
• Variable globale _EnvExplicit	137
• Approximations décimales des racines	138
• Fractions rationnelles	139
• Type	139
• Fonctions numer et denom	139
• Division euclidienne, fonction quo (rem)	140
• Réduction au même dénominateur, fonction normal	140
• Décomposition de seconde espèce	141
• Décomposition de première espèce	141
• Radicaux au dénominateur, fonction rationalize	142
• Décomposition en fractions continues	143

Chapitre 7 Fonctions	145
• Définition et création, opérateur \rightarrow (arrow)	145
• Contrôle du type des arguments	150
• Règles générales d'évaluation des arguments et des fonctions	151
• Fonctions de plusieurs variables	152
• Opérateur unapply	153
• Manipulation des fonctions par leurs noms	154
• Composition des fonctions (opérateurs @ et @@)	155
• Fonction map	156
• Fonction zip	157
• Fonctions définies par intervalles, fonction piecewise	158
• Fonctions d'interpolation et de lissage. Approximation	159
• Interpolation polynomiale	159
• Fonctions splines	160
• Lissage au sens des moindres carrés	161
• Approximation d'une fonction, génération de code C/Fortran	162
• Fonctions et procédures	165
• Opérandes d'une fonction ; tables <i>Cache</i> et <i>remember</i>	166
• Fonctions prédéfinies de MAPLE	166
• Fonctions définies par l'utilisateur	170
• Fonction forget	172
• Types associés à une fonction	173
Chapitre 8 Dérivation	175
• Fonctions diff , Diff et value	175
• Dérivation d'ordre 0	176
• Opérateur D	178
• Dérivation des fonctions définies implicitement	180
Chapitre 9 Limites, Continuité	185
• Fonctions limit , Limit et value	185
• Options left et right	186
• Continuité	188
• Fonction iscont	188
• Fonction discont	190
• Détermination numérique des discontinuités, fonction fdiscont	191

Chapitre 10	Intégration	195
•	Fonctions int , Int et value	195
•	Calcul numérique d'une intégrale	197
•	Divers autres aspects de l'intégration	198
•	Manipulations	198
•	Fonctions spéciales	199
•	Intégrales de fonctions définies par morceaux	199
•	Intégrales de fonctions définies par quelques points	200
•	Intégration et contraintes	200
•	Traitement des singularités	201
•	Valeur principale au sens de Cauchy	201
•	Intégrales en un point, opérateurs intat , Intat et value	202
•	Intégration dans le plan complexe	203
•	Illustration du théorème des résidus, fonction residue	204
•	Changements de variables, bibliothèque Student	207
•	Transformations intégrales et transformées de Fourier rapides	207
•	Bibliothèque inttrans	207
•	Transformées de Fourier rapides, FFT	209
•	Distributions, Dirac	212
•	Fonction map et opérateurs d'intégration	214
Chapitre 11	Développements en séries	215
•	Fonction series , variable Order	215
•	Transformation en expression ou fonction	217
•	Fonctions taylor et mtaylor	219
•	Bibliothèque powseries	221
•	Opérandes et types des développements en séries	222
•	Développements asymptotiques	223
•	Développements en fractions continues	224
Chapitre 12	Sommes et Produits	225
•	Sommes, fonctions sum , Sum et value	225
•	Fonction add	230
•	Transformations en Z	231
•	Produits, fonctions product , Product et value	232
•	Fonction mul	233

Chapitre 13	Simplifications, Manipulations.	
	Fonctions Spéciales.	
	Calculs avec unités et Constantes physiques	235
	Simplifications, manipulations	
	• Introduction, position du problème	235
	• Fonctions expand , combine et convert	236
	• Simplifications et valeurs complexes	239
	• Options de la fonction simplify	240
	• Fonctions is et coulditbe	241
	• La fonction is	241
	• La fonction coulditbe	242
	• Fonctions assume et additionally	242
	• Fonction assume	242
	• Fonction additionally	244
	• Fonctions about et getassumptions	246
	• Fonctions assume et protect	247
	• Évaluations des fonctions et variables contraintes	247
	• Environnement assuming	248
	• Relations de simplification	249
	• Les fonctions factor et normal	250
	• Autres exemples de transformation	251
	Fonctions spéciales	252
	• Les fonctions expand et convert	252
	• FunctionAdvisor	253
	• convert(..., StandardFunction)	254
	Utilisations d'unités physiques	255
	• Conversions d'unités, conversions d'échelles	255
	• Environnement Units[Natural]	256
	• Environnement Units[Standard]	257
	• Librairie ScientificConstants	257
Chapitre 14	Equations ordinaires	261
	• Résolutions exactes	261
	• Équation, définition et type. Fonction solve	261
	• Solutions, absence de solution,	
	Non résolutions, Résolutions partielles	263
	• Variable globale _SolutionsMaybeLost	263
	• Fonctions solve et variables contraintes	264

• Fonction de Lambert	264
• Ensemble infini de solutions	265
• Résolutions de systèmes d'équations	266
• Assignation des solutions, fonction assign	267
• Résolutions des inéquations et systèmes d'inéquations	268
• Variable globale _EnvExplicit	269
• Résolutions numériques, fonction fsolve	270
• Équations non polynomiales	270
• Équations polynomiales	274
• Module RootFinding	276
• Résolution numérique d'une équation dans le plan complexe	277
• Système de polynômes bivariés	278
• Solution par homotopie	279
• Résolutions des équations de récurrence, fonction rsolve	279
• Résolutions de Systèmes Linéaires	280
Chapitre 15 Equations différentielles	283
• Résolutions exactes, fonctions dsolve et odetest	283
• Conditions initiales	284
• Transformation des solutions en fonctions	284, 285
• Opérateurs diff et D , conversion	285
• Divers aspects de l'intégration des équations différentielles	286
• Résolution par transformations intégrales	286
• Fonctions discontinues définissant les équations différentielles	287
• Solutions explicites et implicites	288
• Classes des équations différentielles, fonction odeadvisor	289
• Développement en série de la solution	291
• Systèmes d'équations différentielles	292
• Résolutions numériques, conditions initiales, aux limites	293
• Tracés, fonction odeplot de plots	294
• Création d'une procédure (fonction) solution	295
• Systèmes d'équations	296
Chapitre 16 Représentations graphiques 2D	299
• Représentations cartésiennes , fonctions plot	299
• Modifications interactives du dessin	299
• Tracés de fonctions définies par une procédure ou un opérateur	300
• Exemples des options de plot	303

• Couleurs	303
• Intervalle des ordonnées	303
• Discontinuités	303
• Système d'axes orthonormés	304
• Axes infinis	305
• Précision du tracé	305
• Tracés de données discrètes	305
• Modification du mode de tracé (lignes, points, etc)	306
• Tracés multiples	307
• Ajout d'un titre, modification des polices, etc.	307
• Modification du style des axes	308
• Courbes paramétriques	309
• Courbes en coordonnées polaires , option <i>coords</i>	310
• Bibliothèque plots	312
• Options permanentes	312
• Fonctions définies de façon implicite, fonction implicitplot	312
• Tracés logarithmiques, fonctions loglogplot	313
• Tracés dans le plan complexe, fonction complexplot	314
• Transformations conformes, fonction conformal	315
• Représentations animées, fonction animate	316
• Structures INTERFACE_PLOT, fonction display de plots	317
• Animations avec la fonction display , option <i>insequence</i>	320
• Création de fichiers dessins	320
• Représentations graphiques des solutions d'équations différentielles	321
• Bibliothèques plottools et geometry	324
• Création d'une fonction graphique	325

Chapitre 17 Représentations graphiques 3D **327**

• Surface définie par $z = f(x,y)$	327
• Tracés des axes	328
• Limitation des ordonnées du graphique	328
• Modification du rendu des surfaces	328
• Modification de l'orientation du système d'axes	329
• Tracés multiples	330
• Tracés multiples de mêmes caractéristiques	330
• Tracés multiples composés, fonction display de plots	330
• Limitation du domaine du tracé, définition du tracé des surfaces	331
• Tracés de données contenues dans un fichier, fonction surfdata	332

• Surfaces en coordonnées paramétriques	333
• Surfaces en coordonnées sphériques , cylindriques , option <i>coords</i>	334
• Coordonnées sphériques	334
• Coordonnées cylindriques	336
• Bibliothèque plots	338
• Options permanentes	338
• Surfaces en coordonnées tubulaires	338
• Courbes paramétriques	338
• Surfaces définies implicitement	339
• Visualisation d'une matrice	340
• Surfaces animées, animate3d	340
• Fonction display de plots , option <i>insequence</i>	340

Chapitre 18 Eléments du langage de programmation

Symboles et chaînes de caractères	343
• Les boucles	343
• Les boucles for	343
• Règles de syntaxe	344
• Boucles sans variable de comptage	346
• Les boucles for-while	346
• Boucle commandée par des opérandes	347
• Contrôle du déroulement d'une boucle	348
• Boucle do-break	348
• Branchements conditionnels : bloc if	349
• Symboles et chaînes de caractères	350
• Définitions	350
• Fonctions de recherche	352
• Bibliothèque StringTools	353
• Conversions	354
• Fonction parse	354
• Concaténation	355
• Fonction cat	355
• Opérateur 	356

Chapitre 19 Procédures et modules. Librairies

• Procédures	359
• Définition, proc ... end proc	359
• Ponctuation et style d'écriture	360

• Contenus des procédures	360
• Principe de fonctionnement et résultats rendus par les procédures	361
• Arguments des procédures. Variables locales et globales	363
• Variables locales et globales	366
• Déclaration local	366
• Transfert de données sans utiliser les arguments	368
• Déclaration global	369
• Variables globales d'environnement	369
• Arguments optionnels, variables args et nargs	370
• Appels des fonctions de MAPLE dans une procédure	371
• Gestion des erreurs	371
• La fonction error	372
• Le bloc try/catch	374
• Retour anticipé, instruction return , mot clé procname	377
• Options cache , remember et trace	379
• Option cache	379
• Option remember	380
• Option trace	380
• Contrôle simplifié des arguments	381
• Génération d'une procédure par une procédure	383
• Opérandes d'une procédure	385
• Modules	386
• Définition, exportation	386
• Noms exportés particuliers	388
• Nom ModuleApply	388
• Noms ModuleLoad et ModuleUnload	389
• Variables structurées, fonction Record	389
• Définition, exportation	389
• Types	391
• Bloc use...in/end use	392
• Héritage	392
• Surcharge des opérateurs	394
• Enregistrement et lecture des bibliothèques	396
• Création, sauvegarde et modification	396
• Création de pages d'aide	399
• Utilisation	400
• Sauvegarde simple, lecture de procédures, de fonctions, etc.	401

Chapitre 20	Lecture et écriture de fichiers	403
•	Lecture interactive de données au clavier	403
•	• Fonction readstat	403
•	• Fonction readline	404
•	Lecture de données dans un fichier	404
•	• Désignation du fichier	405
•	• Fichier de données numériques seules.	405
•	• Fonction readdata	405
•	• Manipulation des données	406
•	• Fichier de données numériques mélangées à du texte	410
•	• Fonction readline	410
•	• Fonction sscanf	413
•	Ecriture dans un fichier	414
•	• Mode d'écriture <i>Maple Notation</i>	414
•	• La fonction writedata	414
•	• La fonction fprintf	417

