



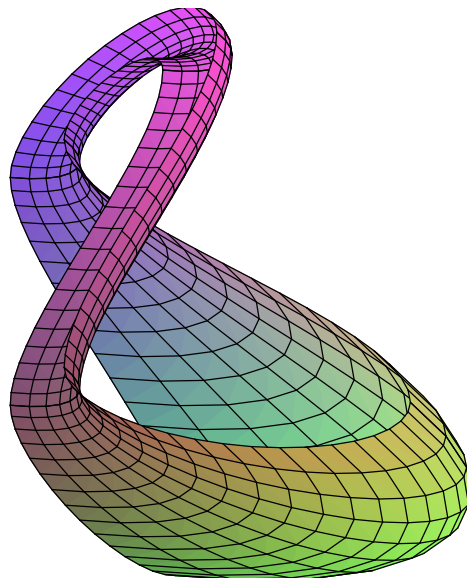
Centre de Ressources
en Physique

Manuel
MAPLE 7

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 cours a été développé pour MAPLE 7 (version pour Macintosh). 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 7 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 (il est, en particulier, vivement recommandé aux utilisateurs de la version 6 de passer à la version 7...)

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 qui ne sont pas nécessairement faciles à localiser avec les noms des chapitres.*

• Aide MAPLE	3
• Commentaires sur le fonctionnement de MAPLE	11
• Entrée des commandes	1,11
• Noms, alphabet grec	11
• « Fausses » erreurs de syntaxes	11
• Feuille de calcul et état de MAPLE, noyau, ordre restart	12
• Ouvertures et sauvegardes des feuilles de calculs	14
• Organisation des feuilles de calcul	14
• Feuilles de calculs	14
• Sections, sous-sections, hyperliens	15
• Impression des feuilles de calculs	15
• Affichage des résultats, étiquetage	16
• Chargement des bibliothèques, fonction with et opérateur :-	72,74-75
• Dito (%)	1, 13
• Chaînes de caractères et symboles, manipulations	30, 265
• Noms indicés	11, 32, 93
• Fonctions map et zip	49, 51-53,,123, 124, 157, 228
• Fonction de tri : sort	49, 99
• Distribution de nombres pseudo-aléatoires	116
• Fonctions d'interpolation et de lissage (CurveFitting)	126,149, 231, 295
• Fonction alias	105, 112
• Opérateurs logiques (>,<,,=, etc.) or , and	261
• Expressions définies par morceaux, fonction piecewise	124
• Transformations en Z	174
• Mot clé NULL	43
• Point décimal et opérateur « . »	5,71
• Conversions des fonctions spéciales, expand et convert(...,StandardFunctions)	172,192-193
Chapitre 1 Les nombres dans Z, Q, R et C	1
• Nombres entiers	1
• Nombres rationnels	3
• Nombres irrationnels	4

• Nombres remarquables	4
• Nombres décimaux	5
• Evaluations décimales implicites	7
• Evaluations décimales forcées	7
• Fonction evalf , variable Digits	7
• Fonction evalhf	8
• Nombres complexes	9

Chapitre 2 Assignations, Evaluations et Substitutions, Types, Eléments sur la structure des expressions. 17

• Assignations, évaluations implicites	17
• Assignations multiples	17
• Désassignation	18
• Evaluation, assignation et désassignation	18
• Evaluations explicites, fonction eval	18
• Fonction inerte Eval et fonction d'activation value	19
• Evaluations à valeurs multiples	19
• Modification d'une expression par eval (voir aussi p 26)	20
• Non évaluation d'une expression	21
• Test d'assignation, fonction assigned	22
• Protection d'un nom : fonctions protect et unprotect	22
• Eléments sur la structure des expressions : opérandes	23
• Indéterminées d'une expression : fonction indets	25
• Evaluations et substitutions	26
• Fonction subs	27
• Fonctions subsop et algsops	28
• Type : fonctions whattype et type , profils de types	29
• Fonction whattype	29
• Fonction type	31
• Profils de types	34
• Types attribués, fonctions setattribute et attributes	36

Chapitre 3 Ensembles, Listes, Intervalles, Suites 39

• Ensembles	39
• Fonction union , intersect , minus , opérandes	39, 41
• Fonctions member , select , remove	41, 42
• Evaluation, substitution	42
• Listes	43

• Bibliothèque ListTools	45
• Intervalles	47
• Suites (sequences)	49
• Fonction seq et opérateur \$	50-51
• Fonction map	51
• Fonction zip	53
Chapitre 4 Vecteurs, Matrices et Algèbre Linéaire	55
• Construction des vecteurs et des matrices	55
• Constructions élémentaires	55
• Extraction et assignation des composantes	57
• Affichage des grands vecteurs et des grandes matrices	59
• Constructions avec options	59
• Génération automatique des composantes	59
• Vecteurs de type ligne	60
• Option shape	61
• Option scan	63
• Option fill	63
• Combinaisons des options shape , scan et fill	63
• Option datatype	64
• Option storage	66
• Option readonly	66
• Types et opérands des vecteurs et des matrices	67
• Assignations et fonction copy	68
• Algèbre linéaire élémentaire	69
• La bibliothèque LinearAlgebra	72
• Option inplace	72
• Accès aux fonctions de LinearAlgebra	74
• Exemples de quelques fonctions de LinearAlgebra	75
• Résolution d'un système d'équations linéaires, fonction LinearSolve	75
• Tests d'égalité, fonction Equal	76
• Valeurs propres d'une matrice, fonction Eigenvalues	77
• Vecteurs propres d'une matrice, fonction Eigenvectors	78
• Application d'un opérateur, fonction map et Map	79
• Calculs numériques	80
• Arithmétique cablée	81
• Erreurs numériques	83

•	Forme du datatype d'un résultat numérique	83
•	Arithmétique émulée	85
Chapitre 5	Tables et Tableaux	87
•	Les Tables	87
•	Les fonctions d'indexation	90
•	Indexation <i>symmetric</i>	90
•	Indexation <i>antisymmetric</i>	90
•	Indexation <i>diagonal</i>	91
•	Indexation <i>identity</i>	91
•	Indexation <i>sparse</i>	91
•	Assignations et copy	92
•	Noms indicés de variables	93
•	Structure et opérandes des tables	94
•	Les Tableaux (array)	96
Chapitre 6	Polynômes et Fractions rationnelles	99
•	Polynômes	99
•	Fonctions sort , coeff , degree , expand , collect	99
•	Familles de polynômes orthogonaux	101
•	Cas des polynômes de Legendre	101
•	Bibliothèque orthopoly	102
•	Factorisation et recherche des racines	102
•	Factorisation exacte, fonction factor	102
•	Fonction irreduc	103
•	Extensions algébriques	103
•	Alias RootOf , fonction allvalues	104
•	Bibliothèque PolynomialTools	105
•	Fonction roots	105
•	Fonction alias	105
•	Factorisation approchée	105
•	Etude d'un exemple	106
•	Variable globale _EnvExplicit	108
•	Approximations décimales des racines	108
•	Fractions rationnelles	109
•	Type	109
•	Fonctions numer et denom	110
•	Fonction quo (rem) et normal	110

• Décomposition de seconde espèce	111
• Décomposition de première espèce	111
• Fonction rationalize	111
• Décomposition en fractions continues	112
Chapitre 7 Fonctions	115
• Définition et création, opérateur arrow ->	115
• Types des arguments	117
• Règles générales d'évaluation	118
• Ecritures f et $f(x)$, affichage d'un opérateur	119
• Fonctions de plusieurs variables	119
• Opérateur unapply	120
• Manipulation des fonctions par leurs noms	121
• Composition de fonctions (opérateurs @ et @@)	121
• Fonction map	123
• Fonction zip	124
• Fonction piecewise	124
• Fonctions d'interpolation et de lissage (bibliothèque CurveFitting)	126
• Fonctions et procédures	128
• Opérandes d'une fonction et tables <i>remember</i>	128
• Fonction forget	131
• Types associés à une fonction	132
Chapitre 8 Dérivation	133
• Fonctions diff , Diff et value	133
• Opérateur D	135
Chapitre 9 Limites, Continuité	135
• Limites : fonctions limit , Limit et value	135
• Options left et right	140
• Continuité : fonctions iscont et discont	141
• Détermination numérique des discontinuités, fonction fdiscont	144
Chapitre 10 Intégration	145
• Fonctions int , Int et value	145
• Calcul numérique d'une intégrale	146
• Divers autres aspects de l'intégration	148
• Manipulations	148

• Fonctions spéciales	148
• Intégrales de fonctions définies par morceaux	148
• Intégrales de fonctions définies par quelques points	149
• Intégration et contraintes	149
• Valeur principale au sens de Cauchy	149
• Intégrales en un point, opérateurs intat , Intat et value	150
• Intégration dans le plan complexe	151
• Illustration du théorème des résidus, fonction residue	152
• Transformations intégrales, bibliothèque inttrans	154
• Distributions, Dirac	155
• Fonction map et opérateurs d'intégration	157
Chapitre 11 Développements en séries	159
• Fonction series , variable Order	159
• Fonctions taylor et mtaylor	161
• Bibliothèque powseries	162
• Opérandes et types des développements en séries	163
• Transformation en expression ou fonction	165
• Développements asymptotiques	167
• Développements en fractions continues	167
Chapitre 12 Sommes et Produits	169
• Sommes, fonctions sum , Sum et value	169
• Fonction add	174
• Transformations en Z	174
• Produits, fonctions product , Product et value	175
• Fonction mul	176
Chapitre 13 Simplifications, Manipulations	177
• Introduction, position du problème	177
• Fonctions expand , combine et convert	177
• Simplifications et valeurs complexes	180
• Simplify(...,symbolic)	181
• Fonctions is et coulditbe	182
• Fonctions assume et additionally	183
• Fonction assume	183
• Fonction additionally	184
• Fonction about	186

• Interaction entre les fonctions assume et protect	187
• Remarque sur les évaluations des expressions avec contraintes	187
• Evaluations des fonctions avec contraintes	188
• L'environnement assuming	188
• Relations de simplification	190
• Les fonctions factor et normal	190
• Autres exemples et conclusion	192
Chapitre 14 Equations ordinaires	195
• Résolutions exactes	195
• Fonction solve	195
• Solutions, absence de solution, Non résolutions, Résolutions partielles	196
• Variable globale _SolutionsMaybeLost	197
• Divers autres aspects des résolutions	197
• Fonctions solve et assume	197
• Fonction W de Lambert, LambertW	198
• Variable globale _EnvAllSolutions	198
• Résolutions de systèmes d'équations	199
• Assignment des solutions, fonction assign	200
• Résolutions des inéquations et systèmes d'inéquations	201
• Variable globale _EnvExplicit	202
• Résolutions numériques, fonction fsolve	202
• Equations non polynomiales (non algébriques)	202
• Equations polynomiales (algébriques)	206
• Résolutions des équations de récurrence, fonction rsolve	208
• Systèmes linéaires , fonction LinearSolve de LinearAlgebra	208
Chapitre 15 Equations différentielles	211
• Résolutions exactes, fonctions dsolve et odetest	211
• Conditions initiales	212,213
• Transformation des solutions en fonctions	212
• Divers aspects de l'intégration des équations différentielles	213
• Résolution par transformations intégrales	213
• Fonctions discontinues définissant les équations différentielles	214
• Solutions explicites et implicites	215
• Classes des équations différentielles, fonction odeadvisor	216
• Développement en série de la solution	217

• Systèmes d'équations différentielles	218
• Résolutions numériques	219
Chapitre 16 Représentations graphiques 2D	223
• Représentations cartésiennes , fonctions plot	223
• Exemples des options de plot	226
• Couleurs	226, 230
• Intervalle des ordonnées	226
• Discontinuités	227
• Système d'axes orthonormés	227
• Définition du tracé	228, 234
• Taille du dessin	228
• Tracés de données discrètes	228
• Modes des tracés (lignes, points, etc)	229
• Tracés simultanés de plusieurs représentations graphiques	229, 230, 238
• Ajout d'un titre, modification des polices	230
• Modification du style des axes	231
• Courbes paramétriques	232
• Coordonnées polaires , option <i>coords</i>	233
• Bibliothèque plots	234
• Fonctions définies de façon implicite, fonction implicitplot	234
• Tracés logarithmiques, fonctions logplot et loglogplot	235
• Tracés dans le plan complexe, fonction complexplot	235
• Transformations conformes, fonction conformal	236
• Graphiques animés, fonction animate	237
• Options permanentes, fonction setoption	237
• Structures PLOT , fonction display de plots	238
• Tracés différés, inclusion dans un fichier	240
• Représentations graphiques des solutions d'équations différentielles	241
• Bibliothèques plottools et geometry	242
• Création d'une fonction graphique	243
Chapitre 17 Représentations graphiques 3D	245
• Surface définie par $z = f(x,y)$	245
• Tracés des axes	245
• Limitation du graphique en ordonnées	246, 249
• Modification du rendu des surfaces	246
• Modification de l'orientation du système d'axes	247

• Tracés multiples	247
• Tracés multiples de mêmes caractéristiques	247
• Tracés multiples composés, fonction display de plots	248
• Limitation du domaine du tracé, définition du tracé des surfaces	249
• Surfaces paramétriques	249
• Surfaces en coordonnées sphériques , cylindriques , option coords	249
• Coordonnées sphériques	250
• Coordonnées cylindriques	251
• Bibliothèque plots	253
• Surfaces en coordonnées tubulaires	253
• Courbes paramétriques	254
• Surfaces définies implicitement	254
• Options permanentes, setoptions3d	255
Chapitre 18 Eléments du langage de programmation	259
• Les boucles	259
• Les boucles for	259
• Règles de syntaxe	260
• Les boucles for while	261
• Boucle commandée par des opérandes	262
• Contrôle du déroulement d'une boucle	263
• Boucle do-break	263
• Branchements conditionnels : bloc if	264
• Symboles et chaînes de caractères	265
• Définitions	265
• Fonctions de recherche	265
• Bibliothèque StringTools	266
• Conversions	267
• Concaténation, opérateurs cat et 	267
Chapitre 19 Procédures	271
• Définition, proc ... end proc	271
• Ponctuation et style d'écriture	271
• Lecture des procédures interne de MAPLE	272
• Résultat rendu par une procédure, arguments, règles d'évaluation	272
• Variables globales et variables locales, ordre local	276
• Transfert de données sans utiliser les arguments	277
• Arguments optionnels, variables args et nargs	278

• Gestion des erreurs	279
• La fonction error	280
• Le bloc try/catch	282
• Retour anticipé, instruction return , mot clé procname	284
• Option remember	286
• Contrôle simplifié des arguments	287
• Création et lecture de librairies	288
• Création et sauvegarde	288
• Utilisation	290
• Sauvegarde simple et lecture de procédures, de fonctions, etc.	291
• Option trace	291
Chapitre 20 Lecture et écriture de fichiers	293
• Lecture de données dans un fichier	293
• Fichier contenant des données numériques seules	
• Fonction readdata	293
• Exemples d'utilisation des résultats lus	294
• Fichier contenant des données numériques mélangées à du texte	295
• Fonction readline	296
• Fonction sscanf	297
• Ecriture dans un fichier, fonction writedata	299