

GALGAS

Version 3.6.3

Jean-Luc Béchenec

Mikaël Briday

Pierre Molinaro

1^{er} décembre 2023

Table des matières

I	Utilisation	33
1	Tutorial : le langage LOGO	34
1.1	Description rapide de GALGAS	34
1.2	Présentation du langage LOGO	35
1.2.1	Quelques exemples	36
1.2.2	Définition lexicale	36
1.2.3	Définition syntaxique	37
1.2.4	Sémantique statique	38
1.2.5	Sémantique dynamique	38
1.3	Installation de GALGAS	39
1.3.1	Téléchargement des sources et compilation	39
1.3.2	Installation	40
1.4	Création du squelette du compilateur LOGO	40
1.4.1	Visite guidée du répertoire créé	41
1.4.2	Première compilation du projet	41
1.4.2.1	Compilation GALGAS	42
1.4.2.2	Compilation C++	43
1.5	Analyseur lexical	43
1.5.1	Analyse lexicale d'un identificateur et d'un mot réservé	44
1.5.2	Analyse lexicale d'une constante entière	45
1.5.3	Analyse des délimiteurs	46
1.5.4	Analyse des chaînes de caractères	46
1.5.5	Analyse des séparateurs	47
1.5.6	Analyse des commentaires	47
1.6	Analyseur syntaxique	48
1.7	Sémantique statique	50
1.7.1	Préliminaire : obtenir la valeur des identificateurs	50
1.7.2	Principes d'écriture de la sémantique	51
1.7.2.1	Arguments formels en GALGAS	51
1.7.2.2	Paramètres effectifs en GALGAS	52
1.7.2.3	Les types en GALGAS	52
1.7.3	Écriture de la sémantique statique	52
1.7.3.1	Ajout du type de table des routines	52
1.7.3.2	Ajout de la sémantique dans les règles de productions	53

1.7.3.3	Travail à faire	54
1.8	Sémantique dynamique	54
1.8.1	Preliminaire : les constantes entières	54
1.8.2	Mise à plat de la liste des instructions	55
1.8.3	Hiérarchie des classes des instructions	55
1.8.4	Instructions sur les objets de type <code>class</code>	55
1.8.5	Travail à faire	56
1.8.6	Le type liste d'instructions	56
1.8.7	Travail à faire	57
1.8.8	L'instruction <code>CALL</code>	57
1.8.9	Modification du type <code>table @routineMap</code>	57
1.9	Génération de code	58
1.9.1	Déclaration de la méthode abstraite	58
1.9.2	Implémentation d'une héritière concrète	59
1.9.3	Implémentation de l'héritière concrète pour <code>@rotate</code>	59
1.9.4	Implémentation de l'héritière concrète pour <code>@forward</code>	59
1.9.5	Calcul des tracés	60
1.9.6	Exemple de fichier SVG	60
1.9.7	Template de génération du fichier SVG	60
1.9.8	Déclarer un template en GALGAS	61
1.9.9	Construire la liste des instructions SVG	61
2	Options de la ligne de commande	63
2.1	Options générales	64
2.2	Options <i>quiet</i> et <i>verbose</i>	64
2.3	Option de création d'un projet	64
2.4	Options contrôlant le compilateur	64
2.5	Options contrôlant la génération de fichiers	65
2.6	Options de débogage du compilateur	66
2.7	Options de documentation	66
3	Éléments lexicaux	68
3.1	Les identificateurs	69
3.2	Les mots réservés	69
3.3	Les délimiteurs	69
3.4	Les sélecteurs	69
3.5	Les séparateurs	69
3.6	Les commentaires	70
3.7	Les non terminaux	70
3.8	Les terminaux	71
3.9	Les constantes littérales entières	71
3.10	Les constantes littérales flottantes	71
3.11	Les caractères littéraux	72

3.12	Les constantes chaînes de caractères	73
3.13	Les noms de types	73
3.14	Les attributs	73
4	Calcul des entités utiles	75
4.1	Le calcul d'utilité	75
4.2	Trucs et astuces	77
4.3	Cas particulier : l'appel indirect des fonctions	77
5	Diagrammes syntaxiques des grammaires en TeX	78
5.1	Mise en œuvre	78
5.2	Le document <code>logo_grammar.document.tex</code>	79
5.3	Le fichier <code>logo_grammar.tex</code>	80
6	Formatage pour LaTeX	81
6.1	Configuration de votre compilateur	82
6.1.1	option <code>--mode=latex</code>	82
6.1.2	option <code>--mode:suffixe=latex</code>	83
6.1.3	Formatages complémentaires	83
6.1.3.1	Formatage avec le paquetage <code>lineno</code>	83
6.1.3.2	Formatage avec le paquetage <code>mdframed</code>	84
6.1.4	Comment s'effectue la traduction en \LaTeX	84
6.1.5	Fonctionnement de l'option <code>--mode=latex</code>	85
6.2	Affichage via le paquetage <code>filecontents</code>	86
6.3	Environnement d'affichage formaté	87
6.3.1	Package <code>verbatim</code>	87
6.3.2	Définition de l'environnement	87
6.4	Affichage du code en ligne	88
7	Traduction dirigée par la syntaxe	91
7.1	Le programme d'exemple	91
7.2	Activer la traduction dirigée par la syntaxe	93
7.3	Obtenir la chaîne traduite	93
7.4	Modifier l'instruction d'appel de terminal	94
7.5	Insérer du texte : instruction <code>send</code>	95
7.6	Modifier l'instruction d'appel de non-terminal	96
II	Composants	98
8	Le composant project	99
8.1	En-tête du fichier projet	100
8.1.1	Version du projet	100
8.1.2	Nom des exécutable engendrés	100
8.2	Cibles de compilation	101

8.2.1	Cibles pour Linux	101
8.2.1.1	Code: :Blocks pour Linux	101
8.2.1.2	Compilation en ligne de commande pour Linux	101
8.2.2	Cibles pour Mac	101
8.2.2.1	Application Cocoa	102
8.2.2.2	Compilation en ligne de commande pour Mac	102
8.2.2.3	Code: :Blocks pour Mac	102
8.2.2.4	Cross-compilation en ligne de commande pour Win32	102
8.2.2.5	Cross-compilation en ligne de commande pour Linux32	103
8.2.2.6	Cross-compilation en ligne de commande pour Linux64	103
8.2.3	Cible pour Windows : CodeBlocks	103
8.3	Déclaration %quietOutputByDefault	103
8.4	Déclaration des fichiers sources du projet	104
9	Projet Xcode et application Cocoa	105
9.1	Paramétrage du projet GALGAS	105
9.1.1	Attribut définissant le OSX SDK et la version système cible	105
9.1.2	Attribut %applicationBundleBase	106
9.1.3	Attribut %macCodeSign	106
9.1.3.1	Utilitaire certtool	107
9.1.3.2	Application <i>Trousseaux d'accès</i>	108
9.1.3.3	Signature dans Xcode	108
9.1.3.4	Définir un certificat auto-signé	110
9.1.4	Vérifier la signature d'une application	111
9.2	Projet Xcode engendré	112
9.3	Définir des icônes pour votre application Cocoa	112
9.4	Indexation des fichiers sources	113
9.4.1	En tête du composant <i>lexique</i>	113
9.4.2	En tête du composant <i>grammar</i>	114
9.4.3	Règle d'analyse des fichiers sources	114
9.4.4	Déclaration des classes d'index	114
9.4.5	Définition des entrées indexées	115
9.4.6	Compilation et essai	116
10	Le composant <i>lexique</i>	117
10.1	Définition d'un composant <i>lexique</i>	117
10.2	Comment opère un analyseur lexical	118
10.3	Ambiguïtés lexicales	119
10.4	Un exemple	119
10.5	Déclarations lexicales	120
10.5.1	Déclaration d'un symbole terminal	120
10.5.2	Déclaration d'une liste de symboles terminaux	121
10.5.3	Déclaration d'un attribut terminal	121

10.5.4	Déclaration d'un message d'erreur lexicale	122
10.6	Règles lexicales	122
10.6.1	Règle s'appuyant sur une liste	122
10.6.2	Simple règle	122
10.7	Instructions lexicales	123
10.7.1	Instruction lexicale <code>select</code>	123
10.7.2	Instruction lexicale <code>repeat</code>	123
10.7.3	Appel d'une action lexicale	124
10.7.4	Appel d'une fonction lexicale	124
10.7.5	Instruction lexicale <code>error</code>	124
10.7.6	Instruction lexicale <code>send</code>	125
10.7.7	Instruction lexicale <code>drop</code>	125
10.7.8	Instruction lexicale <code>tag</code>	125
10.7.9	Instruction lexicale <code>rewind</code>	125
10.8	Routines lexicales prédéfinies	126
10.8.1	Routine <code>codePointToUnicode</code>	126
10.8.2	<code>convertBinaryStringIntoBigInt</code>	126
10.8.3	<code>convertDecimalStringIntoBigInt</code>	126
10.8.4	<code>convertDecimalStringIntoSInt</code>	126
10.8.5	Routine <code>convertDecimalStringIntoSInt64</code>	127
10.8.6	Routine <code>convertDecimalStringIntoUInt</code>	127
10.8.7	Routine <code>convertDecimalStringIntoUInt64</code>	127
10.8.8	<code>convertHexStringIntoBigInt</code>	127
10.8.9	Routine <code>convertHTMLSequenceToUnicodeCharacter</code>	127
10.8.10	Routine <code>convertHexStringIntoSInt</code>	127
10.8.11	Routine <code>convertHexStringIntoSInt64</code>	128
10.8.12	Routine <code>convertHexStringIntoUInt</code>	128
10.8.13	Routine <code>convertHexStringIntoUInt64</code>	128
10.8.14	Routine <code>convertStringToDouble</code>	128
10.8.15	Routine <code>convertUInt64ToSInt64</code>	128
10.8.16	Routine <code>convertUIntToSInt</code>	129
10.8.17	Routine <code>convertUnsignedNumberToUnicodeChar</code>	129
10.8.18	Routine <code>enterBinaryDigitIntoBigInt</code>	129
10.8.19	Routine <code>enterBinDigitIntoUInt64</code>	129
10.8.20	Routine <code>enterBinDigitIntoUInt64</code>	129
10.8.21	Routine <code>enterCharacterIntoCharacter</code>	129
10.8.22	Routine <code>enterCharacterIntoString</code>	130
10.8.23	Routine <code>enterDecimalDigitIntoBigInt</code>	130
10.8.24	Routine <code>enterDigitIntoASCIIcharacter</code>	130
10.8.25	Routine <code>enterDigitIntoUInt</code>	130
10.8.26	Routine <code>enterDigitIntoUInt64</code>	131
10.8.27	Routine <code>enterHexDigitIntoASCIIcharacter</code>	131
10.8.28	Routine <code>enterHexDigitIntoBigInt</code>	131

10.8.29	Routine enterHexDigitIntoUInt	131
10.8.30	Routine enterHexDigitIntoUInt64	132
10.8.31	Routine enterOctDigitIntoUInt	132
10.8.32	Routine enterOctDigitIntoUInt64	132
10.8.33	Routine multiplyUInt	132
10.8.34	Routine multiplyUInt64	133
10.8.35	Routine negateSInt	133
10.8.36	Routine negateSInt64	133
10.8.37	Routine resetString	133
10.9	Fonctions lexicales prédéfinies	133
10.9.1	Fonction toLower	133
10.9.2	Fonction toUpper	134
10.10	Définir vos propres actions et fonctions lexicales	134
10.10.1	Où?	134
10.10.2	Correspondance entre les appels d'actions GALGAS et C++	134
10.11	Exemples d'analyseurs lexicaux	135
10.11.1	Analyser des identificateurs	135
10.11.2	Analyser des identificateurs et des mots-clés	135
10.11.3	Analyser des délimiteurs	135
10.11.4	Analyser des séparateurs	136
10.11.5	Analyser des commentaires	136
10.11.6	Analyser des entiers décimaux non signés	136
10.11.7	Analyser des entiers hexadécimaux non signés	136
10.11.8	Analyser des constantes caractère	136
10.11.9	Analyser des constantes chaîne de caractères	137
10.11.10	Analyser des constantes flottantes	137
10.12	Back tracking avec les instructions tag et rewind	137
10.13	Ajouter la coloration lexicale (sur Mac uniquement)	139
10.13.1	Exemple : les styles de l'analyseur lexical GALGAS	139
10.13.2	Appliquer un style aux commentaires	140
11	Écrire un composant gammaire	141
11.1	GALGAS and Context-Free Grammars	141
11.2	Analyse en plusieurs phases	141
12	Graphic User Interface Component	142
13	Le composant option	143
13.1	Déclaration d'une option	143
13.2	Option booléenne	144
13.3	Option entière	144
13.4	Option chaîne de caractères	144
14	Règle d'analyse de fichier source	146

III	Le système de types	147
15	Présentation du système de types	148
15.1	Types de base	148
15.2	Constructions de nouveaux types	149
15.3	Types prédéfinis	150
15.4	Opérations définies pour tous les types	150
15.4.1	L'opérateur ==	151
15.4.2	L'opérateur !=	151
15.4.3	Le getter description	151
15.4.4	Le getter dynamicType	151
15.4.5	Le getter object	152
16	Le type @application	153
16.1	Numéros de version	153
16.1.1	Constructeur galgasVersionString	153
16.1.2	Constructeur projectVersionString	153
16.2	Arguments de la ligne de commande	154
16.2.1	Constructeur commandLineArgumentCount	154
16.2.2	Constructeur commandLineArgumentAtIndex	154
16.3	Options booléennes de la ligne de commande	155
16.3.1	Constructeur boolOptionNameList	155
16.3.2	Constructeur boolOptionCommentString	155
16.3.3	Constructeur boolOptionInvocationCharacter	155
16.3.4	Constructeur boolOptionInvocationString	156
16.3.5	Constructeur boolOptionValue	156
16.3.6	Procédure de type setBoolOptionValue	156
16.4	Options entières de la ligne de commande	157
16.4.1	Constructeur uintOptionNameList	157
16.4.2	Constructeur uintOptionCommentString	157
16.4.3	Constructeur uintOptionInvocationCharacter	157
16.4.4	Constructeur uintOptionInvocationString	158
16.4.5	Constructeur uintOptionValue	158
16.4.6	Procédure de type setUIntOptionValue	158
16.5	Options chaînes de caractères de la ligne de commande	159
16.5.1	Constructeur stringOptionNameList	159
16.5.2	Constructeur stringOptionCommentString	159
16.5.3	Constructeur stringOptionInvocationCharacter	159
16.5.4	Constructeur stringOptionInvocationString	160
16.5.5	Constructeur stringOptionValue	160
16.5.6	Procédure de type setStringOptionValue	161
16.6	Constructeur system	161
16.7	Procédure de type exit	161

16.8	Constructeur verboseOutput	161
16.9	Introspection des composants lexique	162
16.9.1	Constructeur keywordIdentifieurSet	162
16.9.2	Constructeur keywordListForIdentifieur	162
17	Le type @bigint	164
17.1	Constante littérale	164
17.2	Construction	165
17.2.1	Constructeur zero	165
17.2.2	Constructeur default	165
17.3	Comparaison	166
17.3.1	Opérateurs infixés de comparaison	166
17.3.2	Getter isZero	166
17.3.3	Getter sign	166
17.4	Conversions	166
17.4.1	Getter bitCountForSignedRepresentation	167
17.4.2	Getter bitCountForUnsignedRepresentation	167
17.4.3	Getter fitsInSInt	168
17.4.4	Getter fitsInSInt64	168
17.4.5	Getter fitsInUInt	169
17.4.6	Getter fitsInUInt64	169
17.4.7	Getter sint	169
17.4.8	Getter sint64	169
17.4.9	Getter uint	170
17.4.10	Getter uint64	170
17.5	Conversions en chaîne de caractères	170
17.5.1	Getter string	170
17.5.2	Getter spacedString	171
17.5.3	Getter hexString	171
17.5.4	Getter hexStringSeparatedBy	171
17.5.5	Getter xString	171
17.6	Extraction	172
17.6.1	Getter extract8ForUnsignedRepresentation	172
17.6.2	Getter extract8ForSignedRepresentation	173
17.6.3	Getter extract32ForUnsignedRepresentation	174
17.6.4	Getter extract32ForSignedRepresentation	175
17.6.5	Getter extract64ForUnsignedRepresentation	176
17.6.6	Getter extract64ForSignedRepresentation	177
17.7	Arithmétique	178
17.7.1	Opérateurs + et - préfixés	178
17.7.2	Getter abs	178
17.7.3	Addition et soustraction	179
17.7.4	Incrémentation et décrémentation	179

17.7.5	Multiplication	179
17.8	Division	179
17.8.1	Opérateur «/» infixé	180
17.8.2	Opérateur «mod» infixé	180
17.8.3	Méthode <code>divideBy</code>	181
17.8.4	Méthode <code>floorDivideBy</code>	181
17.8.5	Méthode <code>ceilDivideBy</code>	182
17.9	Décalages	183
17.9.1	Opérateur <<	183
17.9.2	Opérateur >>	183
17.10	Opérations logiques	184
17.10.1	Opérateur & infixé	185
17.10.2	Opérateur | infixé	185
17.10.3	Opérateur \wedge infixé	185
17.10.4	Opérateur \sim préfixé	186
17.11	Manipulation de bits	186
17.11.1	Getter <code>bitAtIndex</code>	187
17.11.2	Setter <code>setBitAtIndex</code>	187
17.11.3	Setter <code>complementBitAtIndex</code>	188
18	Le type <code>@binaryset</code>	189
18.1	Constructeurs	189
18.1.1	Constructeur <code>binarySetWithBit</code>	189
18.1.2	Constructeur <code>binarySetWithEqualComparison</code>	189
18.1.3	Constructeur <code>binarySetWithEqualToConstant</code>	190
18.1.4	Constructeur <code>binarySetWithGreaterOrEqualComparison</code>	190
18.1.5	Constructeur <code>binarySetWithGreaterOrEqualToConstant</code>	191
18.1.6	Constructeur <code>binarySetWithLowerOrEqualComparison</code>	191
18.1.7	Constructeur <code>binarySetWithLowerOrEqualToConstant</code>	191
18.1.8	Constructeur <code>binarySetWithNotEqualComparison</code>	192
18.1.9	Constructeur <code>binarySetWithNotEqualToConstant</code>	192
18.1.10	Constructeur <code>binarySetWithPredicateString</code>	192
18.1.11	Constructeur <code>binarySetWithStrictGreaterComparison</code>	193
18.1.12	Constructeur <code>binarySetWithStrictGreaterThanConstant</code>	194
18.1.13	Constructeur <code>binarySetWithStrictLowerComparison</code>	194
18.1.14	Constructeur <code>binarySetWithStrictLowerThanConstant</code>	194
18.1.15	Constructeur <code>emptyBinarySet</code>	195
18.1.16	Constructeur <code>fullBinarySet</code>	195
18.2	Getters	195
18.2.1	Getter <code>accessibleStates</code>	195
18.2.2	Getter <code>binarySetByTranslatingFromIndex</code>	196
18.2.3	Getter <code>compressedValueCount</code>	196
18.2.4	Getter <code>compressedStringValueList</code>	196

18.2.5	Getter containsValue	196
18.2.6	Getter equalTo	197
18.2.7	Getter existOnBitIndex	197
18.2.8	Getter existsOnBitRange	197
18.2.9	Getter existOnBitIndexAndBeyond	197
18.2.10	Getter forAllOnBitIndex	198
18.2.11	Getter forAllOnBitIndexAndBeyond	198
18.2.12	Getter greaterOrEqualTo	198
18.2.13	Getter isEmpty	198
18.2.14	Getter isFull	198
18.2.15	Getter ITE	199
18.2.16	Getter lowerOrEqualTo	199
18.2.17	Getter notEqualTo	199
18.2.18	Getter predicateStringValue	199
18.2.19	Getter strictGreaterThan	199
18.2.20	Getter strictLowerThan	199
18.2.21	Getter stringValueList	200
18.2.22	Getter stringValueListWithNameList	200
18.2.23	Getter swap021	200
18.2.24	Getter swap01	200
18.2.25	Getter swap102	201
18.2.26	Getter swap120	201
18.2.27	Getter swap201	201
18.2.28	Getter swap210	201
18.2.29	Getter transitiveClosure	202
18.2.30	Getter transposedBy	202
18.2.31	Getter uint64ValueList	203
18.2.32	Getter valueCount	203
18.3	Logical Operators	203
18.4	Comparison Operators	203
18.5	Shift Operators	204
19	Le type @bool	205
19.1	Conversion en chaîne de caractères	205
19.1.1	Getter cString	205
19.1.2	Getter ocString	205
19.2	Conversion en entier	206
19.2.1	Getter bigint	206
19.2.2	Getter sint	206
19.2.3	Getter sint64	206
19.2.4	Getter uint	206
19.2.5	Getter uint64	206
19.3	Opérateurs logiques	206

19.4	Comparaison	207
20	Le type boolset	208
20.1	Constructeurs	209
20.1.1	Constructeur ayant le nom d'un indicateur	209
20.1.2	Constructeur none	209
20.1.3	Constructeur all	210
20.1.4	Constructeur default	210
20.2	Getters	210
20.2.1	Getter ayant le nom d'un indicateur	210
20.2.2	Getter none	210
20.2.3	Getter all	211
20.3	Opérateurs infixes	211
20.4	Opérateur préfixe	211
21	Le type @char	212
21.1	Constructors	213
21.1.1	Constructeur replacementCharacter	213
21.1.2	Constructeur unicodeCharacterFromRawKeyboard	213
21.1.3	Constructeur unicodeCharacterWithUnsigned	214
21.2	Getters	214
21.2.1	Getter isalnum	214
21.2.2	Getter isalpha	214
21.2.3	Getter iscntrl	214
21.2.4	Getter isdigit	214
21.2.5	Getter islower	215
21.2.6	Getter isUnicodeCommand	215
21.2.7	Getter isUnicodeLetter	215
21.2.8	Getter isUnicodeMark	215
21.2.9	Getter isUnicodePunctuation	215
21.2.10	Getter isUnicodeSeparator	216
21.2.11	Getter isUnicodeSymbol	216
21.2.12	Getter isupper	216
21.2.13	Getter string	216
21.2.14	Getter uint	216
21.2.15	Getter unicodeName	216
21.2.16	Getter unicodeToLower	217
21.2.17	Getter unicodeToUpper	217
21.2.18	Getter utf8Length	217
21.3	Comparison Operators	217
22	Le type @data	219
22.1	Constructeurs	219
22.1.1	Constructeur dataWithContentsOfFile	219

22.1.2	Constructeur <code>emptyData</code>	.219
22.2	Getters	.220
22.2.1	Getter <code>count</code>	.220
22.2.2	Getter <code>cStringRepresentation</code>	.220
22.2.3	Getter <code>length</code>	.220
22.3	Méthodes	.220
22.3.1	Méthode <code>writeToExecutableFile</code>	.220
22.3.2	Méthode <code>writeToFile</code>	.220
22.3.3	Méthode <code>writeToFileWhenDifferentContents</code>	.220
22.4	Setters	.221
22.4.1	Setter <code>appendByte</code>	.221
22.4.2	Setter <code>appendData</code>	.221
22.4.3	Setter <code>appendShortBE</code>	.221
22.4.4	Setter <code>appendShortLE</code>	.221
22.4.5	Setter <code>appendUIntBE</code>	.221
22.4.6	Setter <code>appendUIntLE</code>	.222
22.4.7	Setter <code>appendUTF8String</code>	.222
22.5	Énumération des valeurs	.222
23	Le type <code>@double</code>	223
23.1	Constructor	.223
23.1.1	Constructeur <code>doubleWithBinaryImage</code>	.223
23.1.2	Constructeur <code>pi</code>	.223
23.2	Getters	.224
23.2.1	Getter <code>binaryImage</code>	.224
23.2.2	Getter <code>cos</code>	.224
23.2.3	Getter <code>sin</code>	.224
23.2.4	Getter <code>sint</code>	.224
23.2.5	Getter <code>sint64</code>	.224
23.2.6	Getter <code>string</code>	.224
23.2.7	Getter <code>tan</code>	.224
23.2.8	Getter <code>uint</code>	.225
23.2.9	Getter <code>uint64</code>	.225
23.3	Arithmétique	.225
23.3.1	Opérateurs infixés	.225
23.3.2	Opérateurs préfixés	.225
23.3.3	Instructions	.226
23.4	Comparison Operators	.226
24	Le type <code>@filewrapper</code>	227
24.1	Constructor	.227
24.2	Setter	.227
24.2.1	Setter <code>setCurrentDirectory</code>	.227

24.3	Getters	227
24.3.1	Getter allTextFilePathes	227
24.3.2	Getter allDirectoryPathes	227
24.3.3	Getter currentDirectory	228
24.3.4	Getter allFilePathesWithExtension	228
24.3.5	Getter directoryExistsAtPath	228
24.3.6	Getter fileExistsAtPath	228
24.3.7	Getter textFileContentsAtPath	228
24.3.8	Getter binaryFileContentsAtPath	228
24.3.9	Getter absolutePathForPath	228
25	Le type @location	229
25.1	Constructeurs	229
25.1.1	Constructeur here	229
25.1.2	Constructeur next	229
25.1.3	Constructeur nowhere	230
25.2	Getters	230
25.2.1	Getter column	230
25.2.2	Getter endColumn	231
25.2.3	Getter endLine	231
25.2.4	Getter endLocationIndex	231
25.2.5	Getter endLocationString	231
25.2.6	Getter isNowhere	231
25.2.7	Getter line	231
25.2.8	Getter locationIndex	232
25.2.9	Getter locationString	232
25.2.10	Getter startColumn	232
25.2.11	Getter startLine	232
25.2.12	Getter startLocationIndex	232
25.2.13	Getter startLocationString	233
25.2.14	Getter union	233
26	Le type @function	234
26.1	Constructeurs	234
26.1.1	Constructeur functionList	234
26.1.2	Constructeur functionWithName	235
26.1.3	Constructeur isFunctionDefined	235
26.2	Getters	235
26.2.1	Getter formalParameterTypeList	235
26.2.2	Getter invoke	235
26.2.3	Getter resultType	235
27	Le type @object	236

28 Le type @sint	237
28.1 Constructors	237
28.1.1 Constructeur min	237
28.1.2 Constructeur max	237
28.2 Getters	238
28.2.1 Getter bigint	238
28.2.2 Getter double	238
28.2.3 Getter hexStringSeparatedBy	238
28.2.4 Getter sint64	238
28.2.5 Getter string	238
28.2.6 Getter uint	239
28.2.7 Getter uint64	239
28.3 Arithmétique	239
28.3.1 Opérateurs infixés	239
28.3.2 Opérateurs préfixés	240
28.3.3 Instructions	240
28.4 Shift Operators	240
28.5 Logical Operators	241
28.6 Comparison Operators	241
29 Le type @sint64	243
29.1 Constructors	243
29.1.1 Constructeur min	243
29.1.2 Constructeur max	243
29.2 Getters	244
29.2.1 Getter bigint	244
29.2.2 Getter double	244
29.2.3 Getter hexStringSeparatedBy	244
29.2.4 Getter sint	244
29.2.5 Getter string	244
29.2.6 Getter uint	245
29.2.7 Getter uint64	245
29.3 Arithmétique	245
29.3.1 Opérateurs infixés	245
29.3.2 Opérateurs préfixés	246
29.3.3 Instructions	246
29.4 Shift Operators	246
29.5 Logical Operators	247
29.6 Comparison Operators	247
30 Le type @string	249
30.1 Chaînes de caractères littérales	249
30.2 Constructeurs	249

30.2.1	Constructeur <code>componentsJoinedByString</code>	249
30.2.2	Constructeur <code>CppChar</code>	250
30.2.3	Constructeur <code>CppLineComment</code>	250
30.2.4	Constructeur <code>CppTitleComment</code>	250
30.2.5	Constructeur <code>CppSpaceComment</code>	250
30.2.6	Constructeur <code>default</code>	251
30.2.7	Constructeur <code>homeDirectory</code>	251
30.2.8	Constructeur <code>newWithStdIn</code>	251
30.2.9	Constructeur <code>retrieveAndResetTemplateString</code>	251
30.2.10	Constructeur <code>separatorString</code>	251
30.2.11	Constructeur <code>stringByRepeatingString</code>	252
30.2.12	Constructeur <code>stringWithContentsOfFile</code>	252
30.2.13	Constructeur <code>stringWithCurrentDateTime</code>	253
30.2.14	Constructeur <code>stringWithCurrentDirectory</code>	253
30.2.15	Constructeur <code>stringWithEnvironmentVariable</code>	253
30.2.16	Constructeur <code>stringWithEnvironmentVariableOrEmpty</code>	253
30.2.17	Constructeur <code>stringWithSequenceOfCharacters</code>	253
30.2.18	Constructeur <code>stringWithSourceFilePath</code>	254
30.2.19	Constructeur <code>stringWithSymbolicLinkContents</code>	254
30.3	Getters	254
30.3.1	Getter <code>absolutePathFromPath</code>	255
30.3.2	Getter <code>assemblerRepresentation</code>	256
30.3.3	Getter <code>capacity</code>	256
30.3.4	Getter <code>characterAtIndex</code>	256
30.3.5	Getter <code>commandWithArguments</code>	257
30.3.6	Getter <code>componentsSeparatedByString</code>	257
30.3.7	Getter <code>containsCharacter</code>	257
30.3.8	Getter <code>containsCharacterInRange</code>	257
30.3.9	Getter <code>count</code>	258
30.3.10	Getter <code>cStringRepresentation</code>	258
30.3.11	Getter <code>currentColumn</code>	258
30.3.12	Getter <code>decimalSignedBigInt</code>	259
30.3.13	Getter <code>decimalSignedNumber</code>	259
30.3.14	Getter <code>decimalSigned64Number</code>	259
30.3.15	Getter <code>decimalUnsignedNumber</code>	259
30.3.16	Getter <code>decimalUnsigned64Number</code>	260
30.3.17	Getter <code>decodedStringFromRepresentation</code>	260
30.3.18	Getter <code>directories</code>	260
30.3.19	Getter <code>directoriesWithExtensions</code>	260
30.3.20	Getter <code>directoryExists</code>	261
30.3.21	Getter <code>doesEnvironmentVariableExist</code>	261
30.3.22	Getter <code>doubleNumber</code>	261
30.3.23	Getter <code>fileExists</code>	261

30.3.24	Getter fileNameRepresentation	.261
30.3.25	Getter firstCharacterOrNul	.262
30.3.26	Getter here	.262
30.3.27	Getter hiddenCommandWithArguments	.262
30.3.28	Getter hiddenFiles	.262
30.3.29	Getter HTMLRepresentation	.263
30.3.30	Getter identifierRepresentation	.263
30.3.31	Getter isDecimalSignedBigInt	.263
30.3.32	Getter isDecimalSignedNumber	.264
30.3.33	Getter isDecimalSigned64Number	.264
30.3.34	Getter isDecimalUnsignedNumber	.264
30.3.35	Getter isDecimalUnsigned64Number	.264
30.3.36	Getter isDoubleNumber	.264
30.3.37	Getter isSymbolicLink	.265
30.3.38	Getter lastCharacter	.265
30.3.39	Getter lastPathComponent	.265
30.3.40	Getter leftSubString	.265
30.3.41	Getter length	.265
30.3.42	Getter lowercaseString	.265
30.3.43	Getter md5	.266
30.3.44	Getter nameRepresentation	.266
30.3.45	Getter nativePathWithUnixPath	.267
30.3.46	Getter nowhere	.267
30.3.47	Getter pathExtension	.267
30.3.48	Getter popen	.267
30.3.49	Getter range	.267
30.3.50	Getter regularFiles	.267
30.3.51	Getter regularFilesWithExtensions	.268
30.3.52	Getter relativePathFromPath	.268
30.3.53	Getter reversedString	.268
30.3.54	Getter rightSubString	.268
30.3.55	Getter stringByCapitalizingFirstCharacter	.268
30.3.56	Getter stringByDeletingLastPathComponent	.269
30.3.57	Getter stringByDeletingPathExtension	.269
30.3.58	Getter stringByLeftAndRightPadding	.269
30.3.59	Getter stringByLeftPadding	.269
30.3.60	Getter stringByRemovingCharacterAtIndex	.270
30.3.61	Getter stringByReplacingStringByString	.270
30.3.62	Getter stringByRightPadding	.270
30.3.63	Getter stringByStandardizingPath	.270
30.3.64	Getter stringByTrimmingWhiteSpaces	.270
30.3.65	Getter subString	.270
30.3.66	Getter subStringFromIndex	.271

30.3.67	Getter <code>system</code>	.271
30.3.68	Getter <code>unixPathWithNativePath</code>	.271
30.3.69	Getter <code>uppercaseString</code>	.271
30.3.70	Getter <code>utf32Representation</code>	.272
30.3.71	Getter <code>utf8Length</code>	.272
30.3.72	Getter <code>utf8Representation</code>	.272
30.3.73	Getter <code>utf8RepresentationEscapingQuestionMark</code>	.272
30.3.74	Getter <code>utf8RepresentationEnclosedWithin</code>	.273
30.3.75	Getter <code>utf8RepresentationWithoutDelimiters</code>	.273
30.4	Méthodes	.273
30.4.1	Méthode <code>makeDirectory</code>	.273
30.4.2	Méthode <code>makeDirectoryAndWriteToExecutableFile</code>	.273
30.4.3	Méthode <code>makeDirectoryAndWriteToFile</code>	.273
30.4.4	Méthode <code>makeSymbolicLinkWithPath</code>	.274
30.4.5	Méthode <code>writeToExecutableFile</code>	.274
30.4.6	Méthode <code>writeToExecutableFileWhenDifferentContents</code>	.274
30.4.7	Méthode <code>writeToFile</code>	.274
30.4.8	Méthode <code>writeToFileWhenDifferentContents</code>	.274
30.5	Setters	.275
30.5.1	Setter <code>appendSpacesUntilColumn</code>	.275
30.5.2	Setter <code>decIndentation</code>	.275
30.5.3	Setter <code>incIndentation</code>	.275
30.5.4	Setter <code>insertCharacterAtIndex</code>	.275
30.5.5	Setter <code>setCapacity</code>	.275
30.5.6	Setter <code>removeCharacterAtIndex</code>	.276
30.5.7	Setter <code>setCharacterAtIndex</code>	.276
30.6	Procédures de type	.276
30.6.1	Procédure de type <code>deleteFile</code>	.276
30.6.2	Procédure de type <code>deleteFileIfExists</code>	.276
30.6.3	Procédure de type <code>generateFile</code>	.276
30.6.4	Procédure de type <code>generateFileWithPattern</code>	.277
30.6.5	Procédure de type <code>removeDirectoryRecursively</code>	.277
30.6.6	Procédure de type <code>removeEmptyDirectory</code>	.277
31	Le type <code>@stringset</code>	278
31.1	Constructors	.278
31.1.1	Constructeur <code>emptySet</code>	.278
31.1.2	Constructeur <code>setWithString</code>	.278
31.2	Getters	.279
31.2.1	Getter <code>anyString</code>	.279
31.2.2	Getter <code>count</code>	.279
31.2.3	Getter <code>hasKey</code>	.279
31.2.4	Getter <code>stringList</code>	.279

31.3	Setter	.279
31.3.1	Setter removeKey	.279
31.4	the += Operator	.279
31.5	the & Operator	.280
31.6	the | Operator	.280
31.7	the - Operator	.280
31.8	Enumerating @stringset objects	.280
31.9	Comparison Operators	.281
32	Le type @timer	282
32.1	Constructeurs	.282
32.1.1	Constructeur start	.282
32.2	Setters	.283
32.2.1	Setter resume	.283
32.2.2	Setter stop	.283
32.3	Getters	.283
32.3.1	Getter isRunning	.283
32.3.2	Getter msFromStart	.283
32.3.3	Getter string	.284
33	Le type @type	285
34	Le type @uint	286
34.1	Constructors	.286
34.1.1	Constructeur errorCount	.286
34.1.2	Constructeur max	.287
34.1.3	Constructeur random	.287
34.1.4	Constructeur valueWithMask	.287
34.1.5	Constructeur warningCount	.287
34.2	Procédure de type	.287
34.2.1	Procédure de type setRandomSeed	.287
34.3	Getters	.288
34.3.1	Getter alphaString	.288
34.3.2	Getter bigint	.288
34.3.3	Getter double	.288
34.3.4	Getter hexString	.288
34.3.5	Getter hexStringSeparatedBy	.288
34.3.6	Getter isInRange	.289
34.3.7	Getter isUnicodeValueAssigned	.289
34.3.8	Getter lsbIndex	.289
34.3.9	Getter significantBitCount	.289
34.3.10	Getter sint	.290
34.3.11	Getter sint64	.290
34.3.12	Getter string	.290

34.3.13	Getter uint64	.290
34.3.14	Getter xString	.291
34.4	Arithmétique	.291
34.4.1	Opérateurs infixés	.291
34.4.2	Opérateur préfixé	.291
34.4.3	Instructions	.291
34.5	Shift Operators	.292
34.6	Logical Operators	.292
34.7	Comparison Operators	.293
35	Le type @uint64	294
35.1	Constructeurs	.294
35.1.1	Constructeur max	.294
35.1.2	Constructeur uint64BaseValueWithCompressedBitString	.294
35.1.3	Constructeur uint64MaskWithCompressedBitString	.295
35.1.4	Constructeur uint64WithBitString	.295
35.2	Getters	.296
35.2.1	Getter alphaString	.296
35.2.2	Getter bigint	.296
35.2.3	Getter double	.296
35.2.4	Getter hexString	.296
35.2.5	Getter hexStringSeparatedBy	.297
35.2.6	Getter sint	.297
35.2.7	Getter sint64	.297
35.2.8	Getter string	.297
35.2.9	Getter uint	.297
35.2.10	Getter uintSlice	.298
35.2.11	Getter xString	.298
35.3	Arithmétique	.298
35.3.1	Opérateurs infixés	.298
35.3.2	Opérateur préfixé	.299
35.3.3	Instructions	.299
35.4	Shift Operators	.299
35.5	Logical Operators	.300
35.6	Comparison Operators	.300
36	Le type list	301
36.1	Déclaration d'un type de liste	.301
36.2	Constructeurs	.301
36.2.1	Le constructeur emptyList	.301
36.2.2	Le constructeur listWithValue	.302
36.3	Adding elements	.302
36.3.1	The += operator	.302

36.3.2	L'instruction +=	.302
36.3.3	Le setter append	.302
36.3.4	The prependValue setter	.303
36.3.5	Setter insertAtIndex	.303
36.3.6	The concatenation operator	.303
36.4	Removing elements	.304
36.4.1	Setter popFirst	.304
36.4.2	Setter popLast	.304
36.5	Methods	.304
36.5.1	The first method	.304
36.5.2	The last method	.305
36.6	Getters	.305
36.6.1	Le getter count	.305
36.6.2	Le getter length	.305
36.6.3	Le getter range	.305
36.6.4	Le getter subListFromIndex	.305
36.6.5	Le getter subListToIndex	.306
36.6.6	Le getter subListWithRange	.306
36.7	Enumerating a list with a for instruction	.306
36.7.1	Enumeration using the implicitly declared constants	.306
36.7.2	Enumeration using the explicitly declared constants	.307
36.7.3	Enumeration in the reverse order	.307
36.8	Direct Access of an element attribute	.307
36.8.1	Read Access	.307
36.8.2	Write Access	.308
36.8.3	Example of read and write accesses	.308
36.9	Types liste prédéfinis	.309
36.9.1	Le type @2stringlist	.309
36.9.2	Le type @2lstringlist	.309
36.9.3	Le type @bigintlist	.309
36.9.4	Le type @functionlist	.309
36.9.5	Le type @lbigintlist	.310
36.9.6	Le type @luintlist	.310
36.9.7	Le type @lstringlist	.310
36.9.8	Le type @objectlist	.310
36.9.9	Le type @stringlist	.310
36.9.10	Le type @typelist	.311
36.9.11	Le type @uintlist	.311
36.9.12	Le type @uint64list	.311
37	Le type sortedlist	312
37.1	Déclaration	.312
37.2	Constructeurs	.313

37.2.1	Constructeur <code>emptySortedList</code>	.313
37.2.2	Constructeur <code>sortedListWithValue</code>	.314
37.3	Opérateurs	.314
37.3.1	Opérateur <code>{...}</code>	.314
37.3.2	L'opérateur <code>+=</code>	.314
37.3.3	L'opérateur <code>+=</code>	.315
37.3.4	L'opérateur <code>.</code>	.315
37.4	Getter <code>count</code>	.315
37.5	Getter <code>length</code>	.316
37.6	Setters	.316
37.6.1	Setter <code>popGreatest</code>	.316
37.6.2	Setter <code>popSmallest</code>	.316
37.7	Méthodes	.317
37.7.1	La méthode <code>greatest</code>	.317
37.7.2	La méthode <code>smallest</code>	.317
37.8	Énumération avec l'instruction <code>for</code>	.317
38	Le type <code>array</code>	319
38.1	Déclaration d'un type tableau	.319
38.2	Constructeur d'un type tableau	.320
38.3	Accès à un élément	.320
38.3.1	Le getter <code>valueAtIndex</code>	.320
38.3.2	Setter <code>setValueAtIndex</code>	.320
38.3.3	Setter <code>forceValueAtIndex</code>	.321
38.4	Validité d'un élément	.321
38.4.1	Le getter <code>isValueValidAtIndex</code>	.321
38.4.2	Setter <code>invalidateValueAtIndex</code>	.321
38.5	Contrôle des tailles des axes	.322
38.5.1	Le getter <code>axisCount</code>	.322
38.5.2	Le getter <code>sizeForAxis</code>	.322
38.5.3	Le getter <code>rangeForAxis</code>	.322
38.5.4	Setter <code>setSizeForAxis</code>	.322
38.5.5	Setter <code>setSize</code>	.323
38.6	Comparaison	.323
39	Le type <code>valueclass</code>	324
39.1	Déclaration d'une classe	.324
39.2	Sémantique de valeur	.325
39.3	Le constructeur <code>new</code>	.325
39.4	Lecture d'une propriété	.326
39.5	Écriture d'une propriété	.327
39.6	Conversions entre objets de classes différentes	.327
39.6.1	Affectation polymorphique	.327

39.6.2	Affectation polymorphique inverse	328
40	Le type refclass	329
40.1	Déclaration d'une classe	329
40.2	Sémantique de référence	330
40.3	Le constructeur new	330
40.4	Lecture d'une propriété	331
40.5	Écriture d'une propriété	332
40.6	Conversions entre objets de classes différentes	332
40.6.1	Affectation polymorphique	333
40.6.2	Affectation polymorphique inverse	333
40.6.3	Comparaison	333
40.7	Pointeur faible	333
40.7.1	Constructeurs	334
40.7.2	Initialisation à partir d'une instance de refclass @T	334
40.7.3	Extraction de l'objet	334
40.7.4	Comparaison	334
40.7.5	Affectation conditionnelle	335
41	Le type enum	337
41.1	Déclaration	337
41.2	Instanciation	337
41.3	Comparaison	338
41.4	Tester une valeur	338
41.5	L'instruction switch	338
41.6	Valeurs associées	339
41.7	Valeur par défaut	341
42	Le type graph	342
42.1	Constructeur emptyGraph	343
42.2	Construire un graphe	343
42.2.1	Setter d'insertion	344
42.2.2	Entrer un arc : setter addEdge	345
42.2.3	setter noteNode	345
42.3	Enlever des arcs	345
42.3.1	Setter removeEdgesToNode	345
42.3.2	Setter removeEdgesToDominators	346
42.4	Getters	346
42.4.1	Getter edges	346
42.4.2	Getter graphviz	346
42.4.3	Getter isNodeDefined	346
42.4.4	Getter keyList	346
42.4.5	Getter lkeyList	346
42.4.6	Getter locationForKey	347

42.4.7	Getter <code>nodeList</code> . . . . .	.347
42.4.8	Getter <code>reversedGraph</code> . . . . .	.347
42.4.9	Getter <code>subgraphFromNodes</code> . . . . .	.347
42.4.10	Getter <code>accessibleNodesFrom</code> . . . . .	.347
42.4.11	Getter <code>undefinedNodeCount</code> . . . . .	.348
42.4.12	Getter <code>undefinedNodeKeyList</code> . . . . .	.348
42.4.13	Getter <code>undefinedNodeReferenceList</code> . . . . .	.348
42.5	Méthodes . . . . .	.348
42.5.1	Méthode <code>depthFirstTopologicalSort</code> . . . . .	.348
42.5.2	Méthode <code>circularities</code> . . . . .	.349
42.5.3	Méthode <code>nodesWithNoPredecessor</code> . . . . .	.349
42.5.4	Méthode <code>nodesWithNoSuccessor</code> . . . . .	.350
42.5.5	Méthode <code>topologicalSort</code> . . . . .	.350
43	Le type <code>map</code>	351
43.1	Déclaration . . . . .	.351
43.2	Constructeurs . . . . .	.352
43.2.1	Constante <code>{}</code> . . . . .	.352
43.2.2	Constructeur <code>emptyMap</code> . . . . .	.352
43.2.3	Constructeur <code>default</code> . . . . .	.352
43.2.4	Constructeur <code>mapWithMapToOverride</code> . . . . .	.353
43.3	Setters d'insertion . . . . .	.353
43.4	Méthodes de recherche . . . . .	.354
43.4.1	Attribut <code>%location</code> . . . . .	.354
43.5	Setters de retrait . . . . .	.355
43.6	Getters . . . . .	.355
43.6.1	Getter <code>count</code> . . . . .	.355
43.6.2	Getter <code>hasKey</code> . . . . .	.355
43.6.3	Getter <code>keyList</code> . . . . .	.356
43.6.4	Getter <code>keySet</code> . . . . .	.356
43.6.5	Getter <code>locationForKey</code> . . . . .	.356
43.6.6	Getter <code>overriddenMap</code> . . . . .	.356
43.7	Attributs d'une table . . . . .	.356
43.8	Énumération . . . . .	.357
44	Le type <code>dict</code>	358
44.1	Déclaration . . . . .	.358
44.2	Constructeurs . . . . .	.359
44.2.1	Constante <code>{}</code> . . . . .	.359
44.2.2	Constructeur <code>emptyDict</code> . . . . .	.359
44.2.3	Constructeur <code>default</code> . . . . .	.359
44.3	Insertion . . . . .	.360
44.4	Recherche . . . . .	.360

44.5	Retrait	.360
44.6	Getters	.361
44.6.1	Getter count	.361
44.6.2	Getter hasKey	.361
44.7	Énumération	.361
45	Le type structure	362
45.1	Constructeurs	.362
45.1.1	Constructeur new	.362
45.1.2	Constructeur default	.363
45.2	Accès aux propriétés	.363
45.3	Getters	.364
45.4	Types structure prédéfinis	.364
45.4.1	Le type @lbigint	.364
45.4.2	Le type @lbool	.364
45.4.3	Le type @lchar	.364
45.4.4	Le type @ldouble	.365
45.4.5	Le type @lsint	.365
45.4.6	Le type @lsint64	.365
45.4.7	Le type @lstring	.365
45.4.8	Le type @luint	.365
45.4.9	Le type @luint64	.366
45.4.10	Le type @range	.366
45.4.10.1	Opérateurs ... et ...<	.366
45.4.10.2	Type @range et instruction for	.366
46	Le type extern	368
46.1	Type externe minimum	.368
46.1.1	Déclaration en GALGAS	.369
46.1.2	Implémentation en C++	.369
46.2	Constructeur	.369
46.3	Setter	.369
46.4	Méthode	.369
46.5	Getter	.369
46.6	Méthode de classe	.369
47	Compléter le système de types	370
47.1	Ajouter une méthode, un <i>getter</i> , un <i>setter</i> ou un constructeur à un type prédéfini	.370
47.1.1	Ajouter la méthode dans GALGAS	.370
47.1.2	Reconstruire le fichier d'en-tête des types prédéfinis	.372
47.1.3	Implémenter la méthode en C++	.372
47.1.4	Finaliser le nouveau compilateur GALGAS	.373

IV	Sous-programmes	374
48	Sous-programmes	375
48.1	Arguments formels et paramètres effectifs	375
48.1.1	Argument formel en entrée	376
48.1.2	Argument formel en entrée/sortie	376
48.1.3	Argument formel en sortie	376
48.2	Liste d'arguments formels en entrée, en sortie, ou en entrée/sortie	377
48.3	Liste de paramètres effectifs en entrée	377
48.4	Sélecteur	377
49	Fonctions et procédures	379
49.1	Fonction	380
49.1.1	déclaration d'une fonction	380
49.1.2	Fonction interne à un fichier	380
49.1.3	Attribut %once	380
49.1.4	Attribut %usefull	381
49.2	Procédure	381
49.2.1	Déclaration d'une procédure	381
49.2.2	Procédure interne à un fichier	382
49.3	Fonction et routine externe	382
49.3.1	Déclaration d'une fonction ou d'une procédure externe	382
49.3.2	Ajout d'un fichier source C++ au projet GALGAS	383
49.3.3	Écriture du fichier C++	383
49.3.3.1	Directive #include	383
49.3.3.2	Squelette de l'implémentation d'une fonction externe	383
49.3.3.3	Squelette de l'implémentation d'une procédure externe	385
50	Extensions	386
50.1	Category getter	387
50.2	Category method	388
50.3	Category setter	389
50.4	Categories and classes	391
V	Filewrappers et templates	394
51	Filewrappers	395
51.1	Déclaration d'un filewrapper	395
VI	Instructions et expressions	397
52	Contrôle de l'accès aux variables et aux constantes	398
52.1	Variable locale	399

52.2	Constante locale	.400
53	Expressions	402
53.1	Opérandes	.402
53.1.1	Identificateur	.402
53.1.2	self	.402
53.1.3	Expression de conversion polymorphique inverse	.402
53.1.4	Test du type dynamique d'une expression	.403
53.1.5	Parenthèses	.403
53.1.6	true et false	.403
53.1.7	Constante chaîne de caractères	.404
53.1.8	Constante caractère	.404
53.1.9	Constante entière	.404
53.1.10	Constante flottante	.404
53.1.11	Expression if	.404
53.1.12	Appel de fonction	.404
53.1.13	Appel de getter	.404
53.1.14	Constructeur	.404
53.1.14.1	Suppression des accolades	.405
53.1.14.2	Inférence du type	.405
53.1.15	Constructeur par défaut	.405
53.1.15.1	Intérêt du constructeur par défaut	.405
53.1.15.2	Les constructeurs par défaut pour chaque type	.406
53.1.16	Valeur d'une option	.406
53.2	Opérateurs	.408
53.2.1	Priorité des opérateurs	.408
53.2.2	Logique	.408
53.2.3	Logique, évaluation en court-circuit	.408
53.2.4	Complémentation bit-à-bit	.409
53.2.5	Comparaison	.409
53.2.6	Décalage	.409
53.2.7	Arithmétique	.409
53.2.8	Accès à un champ d'une structure	.410
54	Instructions sémantiques	411
54.1	Rôle du point-virgule « ; »	.411
54.2	Instruction de déclaration de variable	.412
54.2.1	Déclaration « var @type variable »	.412
54.2.2	Déclaration « var @type variable = expression »	.412
54.3	Instruction de déclaration de constante	.413
54.3.1	Déclaration d'une constante initialisée	.413
54.3.2	Déclaration d'une constante non initialisée	.414
54.4	L'instruction d'affectation	.415

54.5	L'instruction <code>cast</code>	.415
54.6	L'instruction d'ajout <code>+=</code> d'un élément à une collection	.416
54.6.1	Instruction d'ajout et le type <code>@stringset</code>	.416
54.6.2	Instruction d'ajout et les listes	.417
54.6.3	Instruction d'ajout et les listes triées	.417
54.6.4	Instruction d'ajout et les tables	.418
54.7	Affectation combinée à une opération : <code>+=</code> , <code>-=</code> , <code>*=</code> et <code>/=</code>	.418
54.7.1	Instruction <code>+=</code> et le type <code>@string</code>	.419
54.8	Décrémentation <code>--</code> et <code>&--</code>	.419
54.9	L'instruction <code>drop</code>	.419
54.10	L'instruction <code>error</code>	.420
54.10.1	Liste de variables détruites	.420
54.10.2	Clause <code>fixit</code>	.421
54.10.2.1	Premier exemple <code>fixit remove</code>	.422
54.10.2.2	Second exemple <code>fixit remove</code>	.423
54.10.2.3	Exemple <code>fixit replace</code>	.424
54.10.2.4	Exemple <code>fixit replace</code> , chaîne de caractères	.425
54.11	L'appel de procédure	.426
54.12	L'instruction <code>for</code>	.426
54.12.1	Les quatre formes d'une énumération	.427
54.12.2	Types énumérables et ordre d'énumération	.427
54.12.3	Énumération « <code>() in expression</code> »	.427
54.12.4	Énumération « <code>() prefix in expression</code> »	.429
54.12.5	Énumération « <code>cst in expression</code> »	.430
54.12.5.1	Type explicite	.431
54.12.6	Énumération « <code>(cst1 cst2 ...) in expression</code> »	.431
54.12.6.1	Type explicite	.432
54.12.6.2	Joker	.432
54.12.6.3	Points de suspension	.433
54.12.7	Organigramme d'exécution	.433
54.12.8	Champs optionnels	.433
54.12.9	Modification de la collection	.435
54.13	Incrémentation <code>++</code> et <code>&++</code>	.435
54.14	L'instruction <code>if</code>	.435
54.14.1	Simple expression	.437
54.14.2	L'affectation conditionnelle	.438
54.14.3	Liste de simples expressions et d'affectations conditionnelles	.438
54.15	L'instruction <code>grammar</code>	.439
54.15.1	Texte source dans un fichier	.439
54.15.2	Texte source dans une chaîne de caractères	.440
54.16	L'instruction <code>log</code>	.441
54.17	L'instruction <code>loop</code>	.441
54.18	L'instruction d'appel de procédure	.441

54.19	L'instruction d'appel de méthode . . . . .	.442
54.20	L'instruction d'appel de procédure de classe . . . . .	.443
54.21	L'instruction d'appel de <i>setter</i> . . . . .	.444
54.21.1	Appel simple . . . . .	.444
54.21.2	Appel avec conversion de type . . . . .	.444
54.22	L'instruction <i>switch</i> . . . . .	.445
54.23	L'instruction <i>warning</i> . . . . .	.447
54.24	L'instruction <i>with</i> . . . . .	.448
54.24.1	Accès en lecture tolérant l'échec de la recherche . . . . .	.449
54.24.2	Accès en lecture, signalement d'erreur si échec de la recherche . . . . .	.450
54.24.3	Accès en lecture/écriture tolérant l'échec de la recherche . . . . .	.451
54.24.4	Accès en lecture/écriture, signalement d'erreur si échec de la recherche . . . . .	.452
55	Instructions syntaxiques	454
55.1	Instruction d'appel de terminal . . . . .	.454
55.2	Instruction d'appel de non terminal . . . . .	.455
55.3	Instruction <i>select</i> . . . . .	.455
55.4	Instruction <i>repeat</i> . . . . .	.455
55.5	Instruction <i>parse</i> . . . . .	.456
55.6	Instruction <i>send</i> . . . . .	.456
VII	Index	457

Liste des tableaux

1.1	Carré, étoile et pentagone en LOGO	36
1.2	Hexagone et octogone en LOGO	37
1.3	Programmes LOGO contenant des erreurs sémantiques	38
1.4	Contenu du répertoire <code>logo/galgas-sources</code>	41
1.5	Contenu des sous-répertoires de <code>logo</code> après compilation GALGAS	42
1.6	Spécification de l'analyse de la grammaire	48
1.7	Arguments formels, paramètres effectifs en C et en GALGAS	51
1.8	Sens de transmission d'un argument formel	51
1.9	Sens de transmission d'un paramètre effectif	52
3.1	Mots réservés du langage GALGAS	70
3.2	Délimiteurs du langage GALGAS	70
3.3	Sélecteurs du langage GALGAS	71
3.4	Suffixes et types des constantes littérales entières	72
3.5	Séquence d'échappement des constantes littérales caractère	72
3.6	Séquence d'échappement des constantes littérales chaîne de caractères	73
6.1	Échappement et substitution des caractères pour formatage \LaTeX	85
9.1	Options du projet GALGAS indiquant la version Mac OS	106
9.2	Fichiers et répertoires relatifs au projet Xcode	112
20.1	Opérateurs infixes des types <code>boolset</code>	211
20.2	Opérateur préfixe des types <code>boolset</code>	211
30.1	Codage des caractères, getter <code>HTMLRepresentation</code> du type <code>@string</code>	263
47.1	Fichier GALGAS à éditer pour compléter un type prédéfini	371
48.1	Constructions d'appel de sous programme	376
48.2	Argument formel en entrée, paramètre effectif en sortie	376
48.3	Argument formel en entrée/sortie, paramètre effectif en sortie/entrée	377
48.4	Argument formel en sortie, paramètre effectif en entrée	377
53.1	Constructeur par défaut pour chaque type	407
53.2	Informations relatives à une option de la ligne de commande	408
53.3	Priorité des opérateurs	408

54.1	Les quatre formes d'énumération de l'instruction <code>for</code> . . . . .	.427
54.2	Types énumérables par l'instruction <code>for</code> . . . . .	.427
54.3	Constantes implicitement déclarées par « <code>() in expression</code>» . . . . .	.428
54.4	Type de la constante dans « <code>cst in expression</code>» . . . . .	.430
54.5	Constantes à déclarer pour « <code>(cst1 cst2 ...) in expression</code>» . . . . .	.432

Table des figures

1.1	Répertoire logo après compilation GALGAS	42
9.1	Application <i>Trousseaux d'accès</i>	108
9.2	Détail du certificat	109
9.3	Projet Xcode sans signature	109
9.4	Signature à partir du projet Xcode	110
9.5	Afficher dans le Finder le contenu du paquet projet Xcode	110
9.6	Certificat auto-signé	111
9.7	Indexation et références croisées dans l'application CocoaGalgas	113
9.8	Exemple d'indexation en LOGO	116
50.1	inheritance graph and categories	392
52.1	Automate des états d'une variable locale	399
52.2	Automate des états d'une constante locale	401
54.1	Organigramme d'exécution d'une instruction <code>for</code>	434
54.2	Organigramme d'exécution d'une instruction <code>loop</code>	442

I

Utilisation

Chapitre 1

Tutorial : le langage LOGO

1.1	Description rapide de GALGAS	34
1.2	Présentation du langage LOGO	35
1.3	Installation de GALGAS	39
1.4	Création du squelette du compilateur LOGO	40
1.5	Analyseur lexical	43
1.6	Analyseur syntaxique	48
1.7	Sémantique statique	50
1.8	Sémantique dynamique	54
1.9	Génération de code	58

Le but de ce tutorial est de construire en utilisant GALGAS un compilateur d'un langage inspiré de LOGO, qui fournit en sortie un fichier SVG¹ contenant les tracés définis par un programme source LOGO. La génération des fichiers SVG à partir de GALGAS sera faite par un template.

Il est rédigé pour être réalisé sur Unix (Linux, Mac OS X).

1.1 Description rapide de GALGAS

GALGAS est un générateur de compilateur. Vous allez donc écrire l'analyseur lexical du langage LOGO, son analyseur syntaxique, sa sémantique statique, et sa sémantique dynamique (la génération de code). Ces descriptions sont contenues dans des fichiers texte encodés obligatoirement en UTF-8². Il y a deux types de fichiers source GALGAS :

- le fichier *projet*, d'extension `.galgasProject` ;
- les fichiers contenant les descriptions des analyseurs lexicaux, syntaxiques, sémantiques, d'extension `.galgas` .

¹Vous trouverez des informations sur le format SVG sur la page : <http://www.canarlake.org/index.cgi?theme=svg>.

²Vous pourrez ainsi utiliser des caractères accentués ou des lettres grecques, cyrilliques, ... dans vos identificateurs.

Le fichier projet est unique dans un projet et référence tous les fichiers d'extension `.galgas`. Aussi la compilation GALGAS s'effectue en compilant le fichier projet. Cette compilation engendre des fichiers C++, et il faut effectuer une compilation C++ pour obtenir un binaire exécutable.

les descriptions des analyseurs lexicaux, syntaxiques, sémantiques sont disposés dans des fichiers d'extension `.galgas` de manière quelconque, c'est-à-dire que l'ordre des descriptions et leur répartition dans les différents fichiers sont indifférentes : par exemple, la déclaration d'une classe et de ses héritières peuvent être dans un même fichier (et dans un ordre quelconque), ou dans des fichiers différents.

Pour simplifier la mise en œuvre du développement, l'option `--create-project` du compilateur GALGAS permet de créer une arborescence de fichiers contenant un projet GALGAS prêt à être compilé. Ce projet contient aussi des scripts Python permet de lancer facilement la compilation C++.

Ce tutorial est organisé comme suit :

- la [section 1.2 page 35](#) présente de manière informelle le langage LOGO ;
- la [section 1.3 page 39](#) vous guide pour installer GALGAS sur votre ordinateur ;
- la [section 1.4 page 40](#) décrit comment utiliser l'option `--create-project` pour créer le projet GALGAS, et le compiler et l'exécuter ;
- la [section 1.5 page 43](#) vous explique comment coder l'analyseur lexical du langage LOGO ;
- la [section 1.6 page 48](#) pour coder l'analyseur syntaxique du langage LOGO ;
- la [section 1.7 page 50](#) pour coder la sémantique statique du langage LOGO ;
- la [section 1.8 page 54](#) pour coder la sémantique statique du langage LOGO ;
- et pour finir, la [section 1.9 page 58](#) pour coder la génération de code en obtenant un compilateur qui engendre un fichier SVG.

À l'issue de ce tutorial, vous aurez un compilateur complet du langage LOGO qui effectue des vérifications sémantiques et qui engendre un fichier SVG pour chaque source LOGO qui lui est soumis.

1.2 Présentation du langage LOGO

Vous trouverez une description précise du langage à la fin de cette section. Un programme LOGO décrit le déplacement d'une tortue dans un plan. Celle-ci peut effectuer des déplacements en ligne droite et des rotations sur place. La tortue est munie d'un crayon, qui peut être abaissé ou levé. Un déplacement provoque le tracé d'un segment de droite si le crayon est abaissé.

Un programme LOGO est contenu dans un fichier texte, d'extension `.logo`. Il comprend une liste (éventuellement vide) de sous-programmes, et une liste d'instructions. L'exécution du programme consiste à exécuter cette liste d'instructions, en appelant les sous-programmes qui y figurent. Initialement, la tortue est en (0, 0), sa direction est 0° (horizontale, vers la droite), et le crayon est levé.

Dessin d'un carré	Dessin d'une étoile	Dessin d'un pentagone
PROGRAM	PROGRAM	PROGRAM
ROUTINE trace	ROUTINE trace	ROUTINE trace
BEGIN	BEGIN	BEGIN
FORWARD 50 ;	FORWARD 70 ;	FORWARD 70 ;
ROTATE 90 ;	ROTATE 160 ;	ROTATE 72 ;
END	END	END
BEGIN	ROUTINE trace3	BEGIN
FORWARD 100 ;	BEGIN	FORWARD 200;
ROTATE 90 ;	CALL trace;	ROTATE 90;
FORWARD 100 ;	CALL trace;	FORWARD 300;
ROTATE 270 ;	CALL trace;	ROTATE 270;
PEN DOWN ;	END	PEN DOWN;
CALL trace ;	BEGIN	CALL trace;
CALL trace ;	FORWARD 200;	CALL trace;
CALL trace ;	ROTATE 90;	CALL trace;
CALL trace ;	FORWARD 300;	END.
END.	ROTATE 270;	
	PEN DOWN;	
	CALL trace3;	
	CALL trace3;	
	CALL trace3;	
	END.	

Tableau 1.1 – Carré, étoile et pentagone en LOGO

1.2.1 Quelques exemples

Voici quelques exemples de programmes LOGO ([tableau 1.1](#) et [tableau 1.2 page 37](#)). Le [tableau 1.3 page 38](#) liste des programmes présentant des erreurs sémantiques : le compilateur qui va être écrit décèlera ces erreurs.

1.2.2 Définition lexicale

Les identificateurs sont constitués d'une séquence non vide de lettres minuscules ou majuscules. La casse est significative.

Les mots réservés sont les identificateurs suivants : PROGRAM , ROUTINE , BEGIN , END , FORWARD , ROTATE , PEN , UP , DOWN et CALL .

Les constantes littérales entières sont écrites en décimal (une séquence non vide de chiffres décimaux).

Les séparateurs sont tous les caractères compris entre le point de code Unicode '\u0001' et l'espace (point de code '\u0020'), ce qui inclut la tabulation horizontale et les différentes formes de la fin de ligne.

Les délimiteurs sont le point (« . ») et le point virgule (« ; »).

Un commentaire commence par le caractère dièse « # » et s'étend jusqu'à la fin de la ligne courante.

Dessin d'un hexagone	Dessin d'un octogone
<pre> PROGRAM ROUTINE trace BEGIN FORWARD 70 ; ROTATE 60 ; END BEGIN FORWARD 100 ; ROTATE 90 ; FORWARD 100 ; ROTATE 270 ; PEN DOWN ; CALL trace ; CALL trace ; CALL trace ; CALL trace ; CALL trace ; CALL trace ; END.</pre>	<pre> PROGRAM ROUTINE trace BEGIN FORWARD 70 ; ROTATE 45 ; END ROUTINE trace1 BEGIN CALL trace; CALL trace; END ROUTINE trace2 BEGIN CALL trace1; CALL trace1; END ROUTINE trace3 BEGIN CALL trace2; CALL trace2; END BEGIN FORWARD 100 ; ROTATE 90 ; FORWARD 100 ; ROTATE 270 ; PEN DOWN ; CALL trace3 ; END.</pre>

Tableau 1.2 – Hexagone et octogone en LOGO

1.2.3 Définition syntaxique

Un programme LOGO commence le mot réservé `PROGRAM`, est suivi d'une liste éventuellement vide de définition de routines, du mot réservé `BEGIN`, d'une liste éventuellement vide d'instructions, et se termine par le mot réservé `END` suivi d'un point.

Une définition de routine est introduite par le mot réservé `ROUTINE`, est suivi d'un identificateur, du mot réservé `BEGIN`, d'une liste éventuellement vide d'instructions, et se termine par le mot réservé `END`.

Une instruction LOGO est une des séquences suivantes :

- le mot réservé `FORWARD` suivi d'un entier littéral et d'un point virgule;
- le mot réservé `ROTATE` suivi d'un entier littéral et d'un point virgule;
- le mot réservé `PEN` suivi du mot réservé `UP` et d'un point virgule;

Routine récursive	Routine indéfinie	Routine définie plusieurs fois
PROGRAM ROUTINE routine BEGIN CALL routine ; END BEGIN END.	PROGRAM BEGIN CALL routine; END.	PROGRAM ROUTINE routine BEGIN END ROUTINE routine BEGIN END BEGIN END.

Tableau 1.3 – Programmes LOGO contenant des erreurs sémantiques

- le mot réservé `PEN` suivi du mot réservé `DOWN` et d'un point virgule;
- le mot réservé `CALL` suivi d'un identificateur et d'un point virgule.

1.2.4 Sémantique statique

Dans une définition de routine, l'identificateur qui suit le mot réservé `ROUTINE` est le nom de la routine définie. Dans une instruction `CALL`, l'identificateur est le nom de la routine appelée.

Contraintes (voir le [tableau 1.3](#) pour des exemples de programmes contenant des erreurs sémantiques) :

- le nom d'une routine est unique (on n'a pas le droit de définir plusieurs routines de même nom);
- une instruction `CALL` ne peut nommer qu'une routine qui a été définie plus haut dans le texte;
- la routine courante ne peut pas être appelée récursivement.

1.2.5 Sémantique dynamique

L'espace de déplacement de la tortue est un plan, muni du repère orthonormé direct habituel. À un instant donné, l'état de la tortue est caractérisé par :

- sa position dans le plan;
- sa direction, mesuré en degrés à partir de l'axe horizontal, et dans le sens trigonométrique;
- la position du crayon (levé ou abaissé).

Initialement, la position de la tortue est (0, 0), sa direction est 0°, et le crayon est levé.

L'exécution de chaque instruction a l'effet suivant :

- l'instruction `FORWARD` avance la souris dans sa direction d'une longueur égale à la valeur de la constante entière contenue dans l'instruction; si le crayon est abaissé, un segment de droite délimité par les positions de départ et d'arrivée de la tortue est tracé;

- l'instruction `ROTATE` fait tourner la tortue dans le sens trigonométrique d'un nombre de degrés égal à la constante contenue dans l'instruction; aucun tracé n'a lieu, quelque l'état du crayon.
- l'instruction `PEN UP` relève le crayon;
- l'instruction `PEN DOWN` abaisse le crayon;
- l'instruction `CALL` exécute le sous-programme nommé dans l'instruction.

1.3 Installation de GALGAS

Aller sur la page <http://galgas.rts-software.org/download/>.

GALGAS est un utilitaire en ligne de commande (sauf sur Mac, pour lequel une application Cocoa est disponible). Vous pouvez :

- soit télécharger le binaire correspondant à votre plateforme (pour l'installer, aller à la [section 1.3.2 page 40](#));
- soit télécharger les sources et les recompiler.

1.3.1 Téléchargement des sources et compilation

Télécharger l'archive contenant les sources pour Unix et Mac.

Décompressez cette archive et placer le répertoire obtenu (galgas) dans un répertoire dont le chemin ne contient ni espace ni caractère accentué. C'est important car les chemins utilisés dans les makefile de GALGAS sont relatifs.

Dans la suite de la compilation GALGAS, tous les chemins sont indiqués relativement à ce répertoire, qui sera appelé `constructionGALGAS`.

Donc, vous devez obtenir à la suite de la décompression le répertoire `constructionGALGAS/galgas`.

Nous allons maintenant compiler GALGAS. Avec le terminal, sur Linux :

```
cd constructionGALGAS/galgas/makefile-unix
./build.py
```

Sur Mac :

```
cd constructionGALGAS/galgas/makefile-macosx
./build.py
```

La compilation de GALGAS peut prendre une dizaine de minutes. Deux exécutables sont produits :

- `constructionGALGAS/galgas/makefile-unix/galgas` ;

- `constructionGALGAS/galgas/makefile-unix/galgas-debug`.

Les deux exécutables sont fonctionnellement identiques. Le premier est celui que vous utiliserez. Le second est la version debug du premier : il est exécuté avec de nombreuses vérifications internes, ce qui fait qu'il est beaucoup lent. Si le premier plante brutalement, on peut utiliser le second pour déceler si une erreur interne peut être mise en évidence.

La section suivante indique comment installer les binaires obtenus.

1.3.2 Installation

Pour pouvoir appeler les exécutables sans avoir besoin de mentionner un chemin, vous avez plusieurs possibilités :

- le copier dans le répertoire `/bin` : `sudo cp galgas /bin/`
- le copier dans votre répertoire local `bin` : `cp galgas ~/bin/`

Attention, le répertoire `~/bin` n'existe peut-être pas pour votre compte : il faut alors le créer, et l'ajouter dans la variable `$PATH`.

Sur Linux :

```
mkdir ~/bin/  
echo 'export PATH=$PATH:~/bin' >> /home/user/.bashrc
```

Sur Mac :

```
mkdir ~/bin/  
echo 'export PATH=$PATH:~/bin' >> ~/.bash_profile
```

1.4 Création du squelette du compilateur LOGO

Un projet GALGAS nécessite la mise en place de nombreux fichiers, de créer des makefile pour différentes plateformes, ...

Appeler galgas avec l'option `--create-project` permet de créer automatique un projet prêt à être utilisé.

Pour tout le tutorial vous devez utiliser un répertoire dont le chemin ne contient ni espace ni caractère accentué. C'est important car les chemins utilisés dans les makefile de GALGAS sont relatifs.

Dans toute la suite de ce tutorial, les chemins sont indiqués relativement à ce répertoire, qui sera appelé `chezmoi`.

La création (Unix) :

Fichier	Description
logo-lexique.galgas	Définit l'analyseur lexical
logo-semantics.galgas	Définit les types pour la sémantique
logo-syntax.galgas	Définit les règles de production de la grammaire
logo-grammar.galgas	Définit la grammaire (axiome, classe)
logo-program.galgas	Définit la routine principale
logo-cocoa.galgas	Définit l'interface pour Cocoa : utile uniquement sous Mac
logo-options.galgas	Définit les options de la ligne de commande

Tableau 1.4 – Contenu du répertoire Logo/galgas-sources

```
cd chezmoi
galgas --create-project=logo
```

La création (Windows) :

```
cd chezmoi
galgas --no-dialog --create-project=logo
```

Sous Windows, si aucun fichier source à compiler n'est indiqué dans la ligne de commande, GALGAS affiche un dialogue proposant d'entrer ce fichier. L'option `--no-dialog` ([section 2.1 page 64](#)) permet de ne pas faire apparaître ce dialogue.

Le message affiché par cette opération est :

```
*** PERFORM PROJECT CREATION (--create-project=logo option) ***
*** DONE ***
```

L'affichage de `DONE` indique que la création s'est effectuée avec succès : un répertoire nommé `logo` a été créé dans le répertoire `chezmoi`.

1.4.1 Visite guidée du répertoire créé

Dans le répertoire `chezmoi/logo` :

- le fichier `+logo.galgasProject` est le fichier projet, c'est lui que vous compilerez ;
- le répertoire `galgas-sources` contient les fichiers sources que vous allez compléter tout au long de ce tutorial ; son contenu est indiqué dans le [tableau 1.4](#).

1.4.2 Première compilation du projet

Une compilation s'effectue en deux temps :

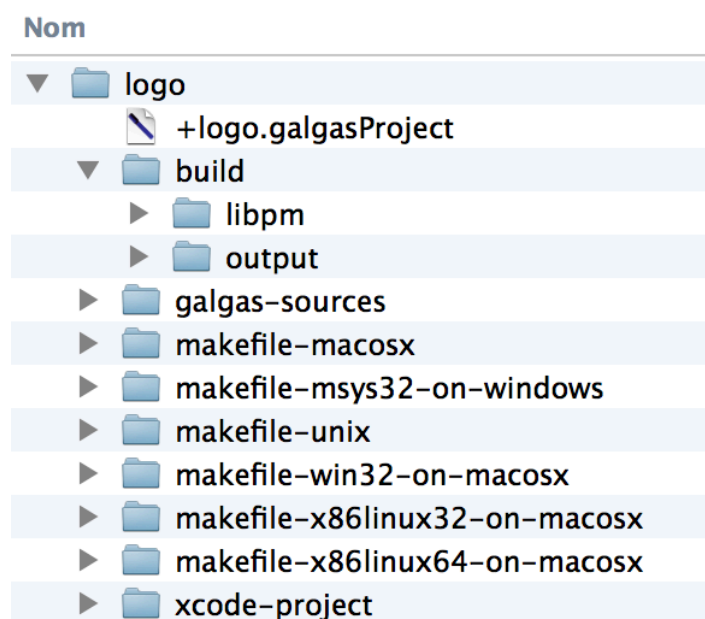


Figure 1.1 – Répertoire Logo après compilation GALGAS

Répertoire

makefile-macosx

makefile-unix

makefile-win32-on-macosx

makefile-x86linux32-on-macosx

makefile-x86linux64-on-macosx

xcode-project

Contenu

Makefile pour compiler sur Mac OS X

Makefile pour compiler sur Unix

Makefile pour compiler sur Mac OS X pour Win 32

Makefile pour compiler sur Mac OS X pour x86 Linux 32 bits

Makefile pour compiler sur Mac OS X pour x86 Linux 64 bits

Projet Xcode pour compiler sur Mac OS X

Tableau 1.5 – Contenu des sous-répertoires de Logo après compilation GALGAS

1. d'abord une compilation GALGAS qui crée ou met à jour des fichiers C++;
2. ensuite une compilation C++.

1.4.2.1 Compilation GALGAS

Vous devez d'abord compiler les sources GALGAS :

```
galgas chezmoi/logo/+logo.galgasProject
```

L'exécution provoque l'affichage de messages : observez ceux qui indiquent la création des fichiers C++. Ceux-ci sont rangés dans le répertoire `chezmoi/logo/build/output` et `chezmoi/logo/build/libpm`.

Le répertoire `logo` est complété par de nouveaux répertoires (figure 1.1 et tableau 1.5).

1.4.2.2 Compilation C++

Choisissez le répertoire correspondant à votre plateforme (`makefile-macosx` ou `makefile-unix`) et lancer le script de compilation `build.py` (soit via la ligne de commande, soit en double-cliquant).

Par exemple :

```
chezmoi/logo/makefile-unix/build.py
```

Vous obtenez deux exécutables :

```
chezmoi/logo/makefile-unix/logo  
chezmoi/logo/makefile-unix/logo-debug
```

Sous Mac, vous pouvez utiliser le projet Xcode engendré, et ainsi créer une application Cocoa nommée `CocoaLogo` .

Dans tous les cas, comme les analyseurs lexicaux et syntaxiques sont vides après la création, les exécutable ainsi obtenus ne sont pas exploitables.

1.5 Analyseur lexical

Dans cette partie, vous allez écrire l'analyseur lexical du langage LOGO. Pour cela, vous allez modifier le fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-lexique.galgas` .

Remarques préliminaires :

1. en GALGAS, tous les symboles terminaux sont notés par une chaîne de caractères non vide délimitée par deux caractères `$` ; par exemple : `$identifier$` , `$integer$` , ...
2. en GALGAS, un nom de type est un identificateur précédé du caractère `@` ; par exemple : `@string` , `@uint` , `@lstring` , `@luint` , ...;
3. le type `@string` définit une valeur chaîne de caractères;
4. le type `@uint` définit une valeur entière non signée sur 32 bits;
5. le type `@lstring` définit une valeur composée d'une chaîne de caractères et d'une information de localisation sur la position de la chaîne dans le texte source;
6. le type `@luint` définit une valeur composée d'une valeur entière non signée et d'une information de localisation sur la position de la chaîne dans le texte source;
7. ces informations de localisation sont à la base du signalement d'erreur.

1.5.1 Analyse lexicale d'un identificateur et d'un mot réservé

Par défaut, une analyse lexicale des identificateurs et une liste de mots réservés est présente. Tout ce que vous avez à faire est de modifier la liste des mots réservés pour y placer ceux du langage LOGO.

Voici les lignes correspondantes :

```
@string tokenString
style keywordsStyle -> "Keywords"
$identifieur$ ! tokenString error message "an identifieur"

list keyWordList style keywordsStyle error message "the '%K' keyword" {
    "begin",
    "end"
}

rule 'a'-'z' | 'A'-'Z' {
    repeat
        enterCharacterIntoString (!?tokenString !*)
    while 'a'-'z' | 'A'-'Z' | '_' | '0'-'9' :
    end
    send search tokenString in keyWordList default $identifieur$
}
```

Explications :

1. `@string tokenString` déclare l'attribut lexical `tokenString` de type chaîne de caractères; au début de l'analyse de chaque token, cet attribut est initialisé à la valeur chaîne vide;
2. `style keywordsStyle -> "Keywords"` déclare un style (uniquement utile pour l'application Cocoa engendrée, vous pouvez ignorer cette ligne);
3. `$identifieur$! tokenString error message "an identifieur"` déclare le terminal `$identifieur$` qui sera transmis à l'analyseur syntaxique accompagné de la valeur de `tokenString`; le message d'erreur qui suit est celui qui est utilisé lors d'une erreur syntaxique;
4. `list keyWordList style keywordsStyle error ...` déclare une liste de mots réservés associés à un style d'affichage (pour l'application Cocoa sur Mac), un message d'erreur syntaxique; telle qu'elle est présente, cette définition déclare les deux terminaux `$begin$` et `end`;
5. enfin, `rule 'a'-'z' | 'A'-'Z' ...` effectue l'analyse lexicale des identificateurs en accumulant dans `tokenString` les caractères rencontrés; la recherche d'un mot réservé est effectuée par `send search tokenString in keyWordList default $identifieur$` : par défaut si la chaîne entrée n'est pas un mot réservé, un identificateur est retourné à l'analyseur syntaxique.

Travail à faire. Modifier la liste des mots réservés en y plaçant ceux du langage LOGO.

1.5.2 Analyse lexicale d'une constante entière

L'analyse lexicale d'une constante entière 32 bits non signée est présente par défaut, vous n'avez rien à ajouter.

Voici l'écriture correspondante :

```
style integerStyle -> "Integer Constants"
@uint uint32value
$integer$ !uint32value style integerStyle
    error message "a 32-bit unsigned decimal number"

message decimalNumberTooLarge : "decimal number too large"
message internalError : "internal error"

rule '0'-'9' {
    enterCharacterIntoString (!?tokenString !*)
    repeat
    while '0'-'9' :
        enterCharacterIntoString (!?tokenString !*)
    while '_' :
        end
    convertDecimalStringIntoUInt (
        !tokenString
        !?uint32value
        error decimalNumberTooLarge, internalError
    )
    send $integer$
}
```

Explications :

1. `style integerStyle -> "Integer Constants"` déclare un style (uniquement utile pour l'application Cocoa engendrée, vous pouvez ignorer cette ligne);
2. `@uint uint32value` déclare l'attribut lexical `uint32value` de type entier 32 bits non signé; au début de l'analyse de chaque token, cet attribut est initialisé à la valeur zéro;
3. `$integer$!uint32value style integerStyle ...` déclare le terminal `$integer$` qui sera transmis à l'analyseur syntaxique accompagné de la valeur de `uint32value` ; le message d'erreur qui suit est celui qui est utilisé lors d'une erreur syntaxique;
4. `message decimalNumberTooLarge~: "decimal number too large"` déclare un message d'erreur;
5. enfin `rule '0'-'9' ...` définit l'analyse lexicale d'une contante entière non signé; les caractères qui la composent sont accumulés dans `tokenString` , et la conversion de cette chaîne en en-

tier est effectuée par la routine `convertDecimalStringIntoUInt` ; pour finir, `send $integer$` envoie le terminal vers l'analyseur syntaxique.

1.5.3 Analyse des délimiteurs

Par défaut, un certain nombre de délimiteurs sont définis :

```
style delimitersStyle -> "Delimiters"
list delimitersList style delimitersStyle error message "the '%K' delimiter" {
  ":", " ", ";", "!", "{", "}", "->", "@", "*", "-"
}

rule list delimitersList
```

La règle `list delimitersList style delimitersStyle error ...` déclare les terminaux `:$`, `,$`, `$` ... Les messages d'erreur syntaxique sont définis en remplaçant la séquence `%K` par l'épellation du délimiteur.

L'analyse des délimiteurs est défini par la règle `rule list delimitersList`.

Travail à faire : remplacer la liste des délimiteurs par celle du langage LOGO.

1.5.4 Analyse des chaînes de caractères

Une analyse des chaînes de caractères est disponible par défaut. Comme le langage LOGO n'utilise pas de chaînes de caractères, vous pouvez supprimer les définitions suivantes :

```
style stringStyle -> "String Constants"
$literal_string$ ! tokenString style stringStyle %nonAtomicSelection
    error message "a character string constant \"...\""

message incorrectStringEnd : "string does not end with '\"'"

rule '"' {
  repeat
    while ' ' | '!' | '#' -> '\uFFFD' :
      enterCharacterIntoString (!?tokenString !*)
  end
  select
  case '"' :
    send $literal_string$
  default
    error incorrectStringEnd
  end
```

```
}
```

1.5.5 Analyse des séparateurs

C'est une règle très simple, qui accepte tout caractère de code ASCII compris entre `0x01` et `0x20` (l'espace). Comme il n'y a pas d'instruction `send` dans la règle lexicale, l'occurrence d'un séparateur est complètement ignorée par l'analyseur syntaxique.

```
rule '\u0001' -> ' ' {
}
```

La séquence d'échappement `\u` permet d'écrire directement des points de code Unicode sous la forme de quatre chiffres hexadécimaux.

1.5.6 Analyse des commentaires

C'est un peu plus compliqué, il faut repérer la fin de la ligne courante. Or, celle-ci peut être un seul caractère `LF` (fichier Unix), un seul caractère `CR` (fichier Mac Classic), une séquence `CRLF` (fichier Windows). D'autre part, une ligne de commentaire peut être la dernière ligne du fichier : notez que GALGAS rajoute automatiquement le caractère `'\0'` à la fin de la chaîne source. L'analyse d'un commentaire consiste donc, une fois le caractère initial `'\#'` repéré, à accepter silencieusement tous les caractères possibles, sauf `'\u000A'` (LF), `'\u000D'` (CR), `'\0'`. L'écriture `drop $comment$` signifie que le terminal `$comment$` n'est pas transmis à l'analyseur syntaxique.

```
style commentStyle -> "Comments"
$comment$ style commentStyle %nonAtomicSelection error message "a comment"
rule '#' {
  repeat
  while '\u0001' -> '\u0009' | '\u000B' | '\u000C' | '\u000E' -> '\uFFFF':
  end
  drop $comment$
}
```

Remarquez que pour un fichier Windows, le caractère `CR` marque la fin du commentaire, et que le caractère `LF` qui suit est silencieusement absorbé comme délimiteur.

Travail à faire : effectuer la compilation GALGAS, puis la compilation C++; les exécutables `logo` et `logo-debug` obtenus sont alors partiellement opérationnels (pas encore d'analyseur syntaxique) : avec l'option `--mode=lexical-only`, vous pouvez faire afficher la liste des symboles terminaux produite par l'analyse lexicale du fichier source passé en argument.

Note : l'option `--help` permet d'afficher la liste des options de l'exécutable.

Chaîne	Analyse effectuée
"LL1"	Analyse LL (1) de la grammaire; échoue si la grammaire n'est pas LL (1)
"SLR"	Analyse SLR de la grammaire; échoue si la grammaire n'est pas SLR
"LR1"	Analyse LR (1) de la grammaire; échoue si la grammaire n'est pas LR (1)
" "	Analyse LL (1); en cas d'échec, analyse SLR; en cas de nouvel échec, analyse LR (1)

Tableau 1.6 – Spécification de l'analyse de la grammaire

1.6 Analyseur syntaxique

Deux fichiers sont concernés :

- `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-syntax.galgas` , et
- `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-grammar.galgas` .

Le fichier `logo-syntax.galgas` contient une liste de règles de production. Le fichier `logo-grammar.galgas` définit une grammaire.

Le fichier `logo-grammar.galgas` a la composition suivante :

```
grammar logo_grammar "LL1" {
  syntax logo_syntax
  <start_symbol>
}
```

Explications :

1. `"LL1"` est la classe de la grammaire;
2. `syntax logo_syntax` : les règles de productions sont dans le composant syntaxique `logo_syntax` , situé dans le fichier `logo-syntax.galgas` ;
3. `<start_symbol>` : l'axiome de la grammaire.

A priori, vous n'avez pas besoin de modifier le fichier `logo-grammar.galgas` au cours de ce tutorial. Vous pouvez cependant modifier l'analyse effectuée en suivant les indications du [tableau 1.6 page 48](#)³.

Par défaut dans le fichier `logo_syntax.galgas` , seul le non terminal `<start_symbol>` est déclaré, et une règle de production vide est écrite.

C'est à vous d'écrire les règles de production qui définissent le langage LOGO (voir sa définition syntaxique [section 1.2.3 page 37](#)).

Voici les indications qui vous permettront d'écrire ces règles :

- vous pouvez déclarer autant de non terminaux que vous voulez;

³Rappel : toute grammaire LL(1) est SLR, toute grammaire SLR est LR(1).

- la forme d'une règle de production est : `rule <mon_non_terminal> { partie droite }`
- la partie droite est une séquence éventuellement vide de :
 - terminaux;
 - non-terminaux;
 - d'instructions de répétition syntaxique (section 55.4 page 455);
 - d'instruction de sélection syntaxique (section 55.3 page 455).
- les règles de production peuvent apparaître dans un ordre quelconque.

Pour vous aider, voici une écriture possible de la dérivation de l'axiome :

```
rule <start_symbol> {
  #-- Définition des routines
  $PROGRAM$
  repeat
  while
    <routine_definition>
  end
  #--- Programme principal
  $BEGIN$
  <instruction_list>
  $END$
  $. $
}
```

Et la règle de production `<routine_definition>` :

```
rule <routine_definition> {
  $ROUTINE$
  $identifiant$ ?*
  $BEGIN$
  <instruction_list>
  $END$
}
```

Noter l'écriture `$identifiant$?*` : en effet, quand l'analyseur lexical envoie vers l'analyseur syntaxique le token `$identifiant$`, celui-ci est accompagné d'une chaîne de caractères. On indique que la valeur de celle-ci n'est pas utilisée (pour le moment) par l'écriture `?*`.

Il en est de même pour le token `$integer$` qui est accompagné d'une valeur entière.

Si des erreurs d'analyse de la grammaire surviennent, vous pouvez ajouter dans la ligne de commande l'option `--output-html-grammar` : celle-ci provoquera la génération du fichier `chezmoi/logo/build/helpers/logo_grammar.html` qui contient tous les détails de l'analyse de la grammaire.

À l'issue de ce travail, l'exécutable obtenu doit analyser correctement les programmes LOGO cités en exemple ([tableau 1.1 page 36](#), [tableau 1.2 page 37](#) et [tableau 1.3 page 38](#)). Comme l'analyse sémantique n'est pas encore écrite, les erreurs sémantiques ne sont pas détectées.

Vous pouvez utiliser l'option `--mode=syntax-only` pour afficher la trace de l'analyse syntaxique.

1.7 Sémantique statique

Le but de cette étape est d'enrichir les fichiers GALGAS de façon à vérifier la sémantique statique du langage LOGO ([section 1.2.4 page 38](#)).

1.7.1 Préliminaire : obtenir la valeur des identificateurs

Dans l'analyseur syntaxique, pour chaque occurrence du token `$identifiant$`, nous avons précédemment écrit `$identifiant$?*` pour signifier que la valeur de la chaîne de caractères n'était pas utilisée.

À partir de maintenant, nous avons besoin de cette valeur. Celle-ci est récupérée en écrivant :

```
$identifiant$ ?let @lstring unNom
```

Cette écriture déclare une constante locale, nommée `unNom`, de type `@lstring`.

Notez que le type mentionné est `@lstring`, alors que dans l'analyseur lexical une valeur de type `@string` est associée au terminal `$identifiant$`. Le type `@lstring` est une structure composée d'une valeur de type `@string` et d'une valeur de type `@location`. Cette dernière désigne un point dans le texte source analysé. Lors de la transmission des informations de l'analyseur lexical vers l'analyseur syntaxique, la valeur de type `@string` est associée à la position de l'identificateur dans le texte source. Ceci permet de construire facilement des messages d'erreur qui désignent l'endroit dans le texte source où une erreur est apparue.

Pour le moment, on ne modifie pas les terminaux `$integer$`.

Faire les modifications et recompiler. Comme les valeurs récupérées ne sont pas utilisées et perdues, vous obtenez un *warning* pour chaque constante.

Vous pouvez afficher la valeur obtenue en ajoutant une instruction `log` à chacune des séquences précédentes :

```
$identifiant$ ?let @lstring unNom
log unNom
```

L'instruction `log` affiche la valeur d'une variable ou d'une constante. Elle est utilisable sur tous les types GALGAS.

En C

Le prototype d'une fonction cite la liste des arguments formels

L'en tête de l'implémentation d'une fonction cite la liste des arguments formels

L'appel d'une fonction cite des paramètres effectifs

En GALGAS

La déclaration d'un non-terminal cite la liste des attributs (au sens des grammaires attribuées)

Le non terminal de gauche d'une règle de production cite la liste des attributs (au sens des grammaires attribuées)

Un non terminal apparaissant dans la partie droite d'une règle de production cite une liste des attributs (au sens des grammaires attribuées)

Tableau 1.7 – Arguments formels, paramètres effectifs en C et en GALGAS

Délimiteur	Sens de transmission
?	Entrée
?let	Entrée constant
!	Sortie
?!	Entrée/sortie

Tableau 1.8 – Sens de transmission d'un argument formel

1.7.2 Principes d'écriture de la sémantique

Le cadre général est celui des grammaires attribuées. Ceci revient à doter de paramètres formels les non terminaux de la partie gauche d'une règle, de la même façon que la définition d'une fonction C peut présenter des paramètres formels. En conséquence, un non-terminal apparaissant en partie droite d'une règle de production doit présenter des arguments effectifs, de la même façon qu'un appel de fonction doit citer des arguments effectifs en accord avec la déclaration du prototype de la fonction. Dès lors, vous pouvez établir les correspondances listées dans le [tableau 1.7 page 51](#).

En GALGAS, nous utilisons plutôt le vocabulaire des langages de programmation : *argument formel*, *paramètre effectif*.

1.7.2.1 Arguments formels en GALGAS

Un argument formel cite :

- un délimiteur qui précise le sens de transmission de l'argument formel;
- son type (par exemple `@lstring`, `@luint`, ...);
- son nom.

Le sens de transmission d'un argument formel est défini dans le [tableau 1.8 page 51](#).

Délimiteur	Sens de transmission	Argument formel correspondant
?	Entrée	! (argument formel en sortie)
!	Sortie	? (argument formel en entrée) ou ?let (argument formel en entrée constant)
!?	Sortie/entrée	?! (argument formel en entrée/sortie)

Tableau 1.9 – Sens de transmission d'un paramètre effectif

1.7.2.2 Paramètres effectifs en GALGAS

Un paramètre effectif cite :

- un délimiteur qui précise le sens de transmission du paramètre effectif ;
- une variable locale ou un argument formel de la règle de production.

Le sens de transmission d'un paramètre effectif est défini dans le [tableau 1.9 page 52](#).

1.7.2.3 Les types en GALGAS

Il existe plusieurs sortes de types :

- les types prédéfinis par le langage, comme `@lstring`, `@luint`, ...;
- les types définis par l'utilisateur, qui peuvent être :
 - des types *table*;
 - des types *liste*;
 - des types *classe*.

1.7.3 Écriture de la sémantique statique

Pour décrire la sémantique statique ([section 1.2.4 page 38](#)), le plus simple est de créer un type table de symboles, dont une instance contiendra tous les noms de routines d'un programme LOGO.

1.7.3.1 Ajout du type de table des routines

éditez le fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-semantics.galgas` et ajouter la définition suivante :

```
map @routineMap {
  insert insertKey error message "the '%K' routine has been already declared"
  search searchKey error message "the '%K' routine is not declared"
```

```
}
```

Ceci déclare le type `@routineMap`, avec une méthode d'insertion `insertKey` accompagnée de son message d'erreur, et une méthode de recherche `searchKey` accompagnée de son message d'erreur. Implicitement, la clé de la table est du type `@lstring`.

Cette définition sera complétée dans l'étape suivante afin de prendre en compte les instructions des routines (on n'en a pas besoin pour le moment).

À cet instant, vous pouvez recompiler le fichier `logo-semantics.galgas`.

Instructions sur les objets de type table Voici quatre instructions relatives aux tables dont vous allez avoir besoin :

- la déclaration d'un objet de type table;
- l'initialisation d'un objet de type table;
- l'instruction d'insertion dans une table;
- l'instruction de recherche dans une table.

La déclaration d'un objet de type table se fait simplement en nommant le type puis l'objet; par exemple :

```
@routineMap maTable
```

L'initialisation d'un objet de type table s'effectue en créant une table vide :

```
maTable = {}
```

Les deux écritures précédentes peuvent être condensées en une seule par :

```
@routineMap maTable = {}
```

L'instruction d'insertion dans une table est :

```
[!maTable insertKey !clef]
```

où `insertKey` est le nom d'une méthode d'insertion déclarée dans le type table; `clef` doit être une variable de type `@lstring` évaluée. Si il existe déjà une entrée de même nom, le message d'erreur associé à la méthode d'insertion est affiché.

L'instruction de recherche dans une table est :

```
[maTable searchKey !clef]
```

où `searchKey` est le nom d'une méthode de recherche déclarée dans le type table; `clef` doit être une variable de type `@lstring` évaluée. Si il n'existe pas d'entrée de même nom, le message d'erreur associé à la méthode de recherche est affiché.

1.7.3.2 Ajout de la sémantique dans les règles de productions

Éditer le fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-syntax.galgas` et modifiez la dérivation de l'axiome :

```

rule <start_symbol> {
  $PROGRAM$
  @routineMap tableRoutines = {}
  repeat
  while
    <routine_definition> !?tableRoutines
  end
  $BEGIN$
  <instruction_list>
  $END$
  $. $
}

```

L'appel du non terminal `<routine_definition>` impose que son en-tête doit être modifiée en conséquence :

```

rule <routine_definition> ?!@routineMap ioTableRoutines {
  ...
}

```

1.7.3.3 Travail à faire

Maintenant, à vous de compléter les règles de façon à prendre en compte toutes les contraintes édictées à la [section 1.2.4 page 38](#).

Vérifiez que votre analyseur détecte correctement les erreurs. Pour cela, vous pouvez utiliser les exemples du [tableau 1.3 page 38](#).

1.8 Sémantique dynamique

Dans la sémantique dynamique ([section 1.2.5 page 38](#)), nous allons prendre en compte la signification de l'exécution d'une instruction. En préliminaire, nous allons compléter l'analyseur lexical pour qu'il envoie la valeur d'une constante entière.

1.8.1 Préliminaire : les constantes entières

Modifier maintenant l'analyse syntaxique des constantes entières, à l'image de ce qui a été fait pour les identificateurs :

```

$integer$ ?!let @luint unNom

```

Le type `@luint` est une structure composée d'une valeur de type `@uint` et d'une valeur de type `@location`.

1.8.2 Mise à plat de la liste des instructions

Le but ultime est d'obtenir la liste des instructions du programme principal. Mais quelles sont les instructions qui devront apparaître dans cette liste ? A priori, toutes les instructions décrites dans la [section 1.2.5 page 38](#). En fait, vous pouvez vous passer de l'instruction `CALL` en insérant dans la liste des instructions non pas cette instruction, mais la liste des instructions de la routine correspondante. Il faut procéder de même lors de construction de la liste de chaque routine.

1.8.3 Hiérarchie des classes des instructions

Une solution classique pour ce type de situation est de définir une classe abstraite `@instruction`, et des classes concrètes `@penUp`, `@penDown`, `@rotate` et `@forward` qui héritent de cette classe abstraite.

Éditez le fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-semantics.galgas` et insérer le texte suivant (n'importe où, dans n'importe quel ordre, GALGAS est indifférent à l'ordre des déclarations) :

```
abstract class @instruction {  
}  
class @penUp : @instruction {  
}  
class @penDown : @instruction {  
}  
class @forward : @instruction {  
    @luint mLength  
}  
class @rotate : @instruction {  
    @luint mAngle  
}
```

Les trois premières classes n'ont pas de propriété, et les deux dernières une propriété de type `@luint`.

1.8.4 Instructions sur les objets de type class

Vous avez besoin de deux instructions relatives aux classes :

- la déclaration d'une variable de type classe ;
- l'instanciation d'un objet de type classe.

La déclaration d'une référence de type classe se fait simplement en nommant le type puis l'objet ; par exemple :

```
@instruction instruction
```

L'instanciation d'un objet de type classe s'effectue en appelant le constructeur `new` d'une classe concrète avec les paramètres effectifs correspondants aux attributs de la classe, précédés des paramètres effectifs correspondants aux attributs des classes héritées :

```
instruction = @rotate.new {!valeurAngle}
```

Les deux instructions peuvent être réduites en :

```
@instruction instruction = @rotate.new {!valeurAngle}
```

1.8.5 Travail à faire

Compléter les règles de productions pour chaque instruction (sauf l'instruction `CALL`).

1.8.6 Le type liste d'instructions

Pour construire la liste des instructions, il faut définir un nouveau type dont les valeurs sont des listes.

Éditez le fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-semantics.galgas` et insérez le texte suivant (n'importe où, GALGAS est indifférent à l'ordre des déclarations) :

```
list @instructionList {
  @instruction mInstruction
}
```

Ceci déclare le type de liste `@instructionList`, dont chaque élément contient un objet instance d'une classe héritière de `@instruction`.

Instructions sur les objets de type liste Voici trois instructions relatives aux listes dont vous allez avoir besoin :

- la déclaration d'un objet de type liste;
- l'initialisation d'un objet de type liste;
- l'instruction d'ajout d'une valeur à une liste.

La déclaration d'un objet de type liste se fait simplement en nommant le type puis l'objet; par exemple :

```
@instructionList maListe
```

L'initialisation d'un objet de type liste s'effectue en créant une liste vide :

```
maListe = {}
```

Les deux écritures précédentes peuvent être condensées en une seule par :


```
@instructionList maListe = {}
```

L'instruction d'ajout d'une valeur dans une liste est :

```
maListe += !instruction
```

L'ajout s'effectue toujours à la fin de la liste.

1.8.7 Travail à faire

Compléter les règles de productions construire la liste des instructions d'une routine et la liste des instructions du programme principal (les instructions CALL sont toujours ignorées).

1.8.8 L'instruction CALL

Pour prendre en compte l'instruction `CALL`, nous allons procéder comme suit : d'abord, la définition du type table `@routineMap` va être modifier de façon à associer à chaque routine la liste mise à plat des instructions. Ensuite, nous prendrons en compte l'instruction `CALL` en extrayant de la table des routines la liste des instructions de la routine appelée, et en l'insérant à la fin de la liste courante des instructions.

1.8.9 Modification du type table `@routineMap`

Il faut maintenant modifier la définition du type table `@routineMap` de façon qu'à chaque nom de routine soit associée sa liste d'instructions :

```
map @routineMap {
  @instructionList mInstructionList
  insert insertKey error message "the '%K' routine has been already declared"
  search searchKey error message "the '%K' routine is not declared"
}
```

Recompiler les sources GALGAS, et examiner les erreurs produites. Corrigez les en vous aidant des explications suivantes :

- l'instruction d'insertion doit maintenant nommer un argument effectif en sortie supplémentaire, de type `@instructionList` :

```
[! ?maTable insertKey !clef !maListe]
```

- l'instruction de recherche doit maintenant nommer un argument effectif en entrée, dont le type est `@instructionList` :

```
[maTable searchKey !clef ?maListe]
```

Prise en compte de l'instruction `CALL` . Il suffit d'ajouter à la liste courante des instructions toutes les instructions de la routine appelée par `CALL` :

```

...
[maTable searchKey !nomRoutine ?listeInstructionRoutine]
for i in listeInstructionRoutine do
    listeCouranteInstructions += !i.mInstruction
end
...

```

L'instruction `for` permet d'énumérer un objet de type liste. Le corps de la boucle (entre `do` et `end`) est exécuté une fois pour chaque élément `i` de la liste.

1.9 Génération de code

Dans ce TP, la génération de code est divisée en deux étapes : d'abord, la succession des segments à tracer est simplement affichée sur le terminal ; dans un second temps, un fichier SVG est engendré au moyen d'un template.

L'allure du calcul des tracés est la suivante (à placer à la fin de la règle `<start_symbol>`) dans `logo-syntax.galgas` :

```

...
@bool pendown = false
@double x = 0.0
@double y = 0.0
@double angle = 0.0 # Angle en degrés
for i in instructionList do
    ...
end

```

Pour exprimer l'action à réaliser, des méthodes (définies et implémentées en dehors de leurs classes) vont être utilisées.

1.9.1 Déclaration de la méthode abstraite

Elle est nommée par exemple `codeDisplay` et on peut la déclarer dans n'importe quel fichier ; par souci de simplicité, on choisit le fichier qui contient les déclarations sémantiques, c'est-à-dire `chezmoi/logo/galgas-sources/logo`.

```

abstract method @instruction codeDisplay
    ?!@bool ioPenDown
    ?!@double ioX
    ?!@double ioY
    ?!@double ioAngle

```

1.9.2 Implémentation d'une héritière concrète

Par exemple, pour la classe `@penUp`, la surcharge de la méthode `codeDisplay` est la suivante. Pour la même raison que précédemment, on place cette déclaration dans le fichier de définitions sémantiques `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-semantics.galgas`.

```
override method @penUp codeDisplay
  ?!@bool ioPenDown
  ?!@double unused ioX
  ?!@double unused ioY
  ?!@double unused ioAngle
{
  ioPenDown = false
}
```

L'implémentation de la méthode héritière concrète pour `@penDown` est élémentaire.

1.9.3 Implémentation de l'héritière concrète pour @rotate

Il faut accumuler l'angle de rotation dans l'argument `ioAngle`. Or l'attribut `mAngle` de la classe `@rotate` n'est pas du type `@uint`, mais du type `@luint`. Pour extraire la composante `@uint` d'un `@luint`, on écrit `[mAngle uint]`. Pour transformer un objet `unUint` de type `@uint` en `@double`, on écrit de la même façon `[unUint double]`.

Il faut donc écrire :

```
ioAngle = ioAngle + [[mAngle uint] double]
```

1.9.4 Implémentation de l'héritière concrète pour @forward

La méthode complète est alors :

```
override method @forward codeDisplay
  ?!@bool ioPenDown
  ?!@double ioX
  ?!@double ioY
  ?!@double ioAngle
{
  let @double x = ioX + [mLength double] * [ioAngle cosDegree]
  let @double y = ioY + [mLength double] * [ioAngle sinDegree]
  if ioPenDown then
    message "[" + ioX + ", " + ioY + "]" -> ["+ x + ", " + y + "]\n"
  end
  ioX = x
```

```

    ioY = y
}

```

1.9.5 Calcul des tracés

Le calcul des tracés dans `logo-syntax.galgas` peut être complété par l'appel de la méthode `codeDisplay` pour chaque instruction.

```

...
@bool pendown = false
@double x = 0.0
@double y = 0.0
@double angle = 0.0 # Angle en degrés
for i in instructionList do
    [i.mInstruction codeDisplay !?penDown !?x !?y !?angle]
end

```

Maintenant vous pouvez effectuer la compilation GALGAS et la compilation C++.

1.9.6 Exemple de fichier SVG

Voici à titre d'exemple le fichier SVG qui doit être engendré par la compilation de l'exemple `carre.logo` :

```

<?xml version="1.0" standalone="no"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.1//EN"
    "http://www.w3.org/Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11.dtd">
<svg width="100%" height="100%" version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
<title>carre.logo</title>
<line x1="100" y1="100" x2="150" y2="100" style="stroke:#1F56D2" />
<line x1="150" y1="100" x2="150" y2="150" style="stroke:#1F56D2" />
<line x1="150" y1="150" x2="100" y2="150" style="stroke:#1F56D2" />
<line x1="100" y1="150" x2="100" y2="100" style="stroke:#1F56D2" />
</svg>

```

1.9.7 Template de génération du fichier SVG

Créer un fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-svg.galgasTemplate` et y insérer le contenu suivant :

```

<?xml version="1.0" standalone="no"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.1//EN"
    "http://www.w3.org/Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11.dtd">
<svg width="100%" height="100%" version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
<title>%!TITLE%</title>
%!DRAWINGS%</svg>

```

Notez :

- l'échappement des caractères `%` : pour obtenir "100%", on écrit `"100\%"` ;
- les deux symboles `TITLE` et `DRAWINGS` .

1.9.8 Déclarer un template en GALGAS

Dans le fichier `chezmoi/logo/galgas-sources/logo-semantics.galgas` , insérer la déclaration du template :

```
filewrapper generationTemplate in "." {
}
{
  template svg "logo-svg.galgasTemplate"
    ?!@string TITLE
    ?!@string DRAWINGS
}
```

En GALGAS, un filewrapper est une structure de données qui est l'image d'un répertoire contenant des fichiers et des sous répertoires. Un fichier particulier est un template; la déclaration mentionne les symboles (ici `TITLE` et `DRAWINGS`) comme arguments d'entrée, et le contenu est analysé par GALGAS de façon à vérifier qu'il est bien formé (usage correct des caractères `%`).

1.9.9 Construire la liste des instructions SVG

La liste des instructions de tracé est accumulée dans une chaîne de caractères. Modifier toutes les méthodes `codeDisplay` de façon à construire cette chaîne en ajoutant un argument formel en entrée/sortie : `?!@string SVG` . Il faut modifier la méthode `codeDisplay` de la classe `@forward` pour ajouter la génération de code :

```
override method @forward codeDisplay
  ?!@bool ioPenDown
  ?!@double ioX
  ?!@double ioY
  ?!@double ioAngle
  ?!@string SVG
{
  let @double x = ioX + [mLength double] * [ioAngle cosDegree]
  let @double y = ioY + [mLength double] * [ioAngle sinDegree]
  if ioPenDown then
    SVG += "<line x1=\"\" + ioX + "\"" y1=\"\" + ioY + "\"" x2=\"\"
      + x + "\"" y2=\"\" + y
      + "\"" style=\"stroke:#1F56D2\" stroke-linecap=\"round\" />\n"
  end
}
```

```

    ioX = x
    ioY = y
}

```

Pour terminer, voici le code complet de l'axiome `<start_symbol>`, qui enchaîne analyse syntaxique, sémantique et génération du fichier SVG :

```

rule <start_symbol> {
  #-- Definition des routines
  $PROGRAM$
  @routineMap tableRoutines = {}
  @instructionList instructions = {}
  repeat
  while
    <routine_definition> !? tableRoutines
  end
  #--- Programme principal
  $BEGIN$
  <instruction_list> !? tableRoutines !? instructions
  $END$
  $. $
  #--- Calcul des instructions SVG
  @bool pendown = false
  @double x = 0.0
  @double y = 0.0
  @double angle = 0.0 # Angle en degrés
  @string SVG = ""
  for i in instructions do
    [i.mInstruction codeDisplay !?pendown !?x !?y !?angle !?SVG]
  end
  #--- Fichier de sortie
  let @string sourceFilePath = @string.stringWithSourceFilePath
  let @string code = [filewrapper generationTemplate.svg
    ![sourceFilePath lastPathComponent]
    !SVG
  ]
  [code writeToFile ![sourceFilePath stringByDeletingPathExtension] + ".svg"]
}

```

Compiler et essayer l'exécutable : un fichier SVG doit être produit lors de chaque exécution.

Le tutorial est terminé.

Chapitre 2

Options de la ligne de commande

2.1	Options générales	64
2.2	Options <i>quiet</i> et <i>verbose</i>	64
2.3	Option de création d'un projet	64
2.4	Options contrôlant le compilateur	64
2.5	Options contrôlant la génération de fichiers	65
2.6	Options de débogage du compilateur	66
2.7	Options de documentation	66

GALGAS accepte un certain nombre d'options, qui sont détaillées dans les pages suivantes.

L'analyse des arguments de la ligne de commande est simple :

- tout argument qui commence par un « - » est une option ;
- tout argument qui ne commence pas par un « - » est considéré comme un fichier source GALGAS ;
- les extensions acceptables par le compilateur GALGAS sont :
 - « .galgas », un fichier source ;
 - « .galgasProject », un fichier de description de projet ;
 - « .galgasTemplate », un fichier de description de template.

L'ordre des options et des fichiers sources est quelconque. La ligne de commande est complètement analysée avant le traitement des fichiers sources. Si plusieurs fichiers sources apparaissent dans la ligne de commande, ils sont traités dans leur ordre d'apparition.

Note pour Windows. L'outil GALGAS pour Windows propose par défaut un dialogue invitant à entrer les références d'un fichier source si la ligne ne contient aucun fichier source (c'est le cas quand on double-clique sur l'icône de l'application). L'option `--no-dialog`, spécifique à cette plate forme, permet d'inhiber l'apparition du dialogue.

2.1 Options générales

--help Affiche la liste des options.

--version Affiche le numéro de version.

--no-color Les messages émis sur le terminal sont en texte pur, sans coloration.

--no-dialog (*uniquement sur Windows*) L'outil GALGAS pour Windows propose par défaut un dialogue invitant à entrer la référence d'un fichier source si la ligne ne contient aucun fichier source (c'est le cas quand on double-clique sur l'icône de l'application). Cette option permet d'inhiber l'apparition du dialogue.

2.2 Options *quiet* et *verbose*

-v, **--verbose** Affiche des messages complémentaires sur le terminal. Par défaut, quand toutes les étapes se déroulent correctement, aucun message n'est affiché.

-q, **--quiet** N'affiche aucun message complémentaire sur le terminal. Par défaut, des messages complémentaires sur le terminal sont affichés.

Ces deux options s'excluent, c'est-à-dire qu'un exécutable définit soit l'option *quiet*, soit l'option *verbose*, mais par les deux :

- le compilateur GALGAS implémente l'option *quiet*, mais pas l'option *verbose*;
- par défaut, un compilateur engendré par GALGAS implémente l'option *quiet*, mais pas l'option *verbose*;
- Si la déclaration `%quietOutputByDefault` parmi les déclarations du fichier projet (voir [section 8.3 page 103](#)), le compilateur engendré par GALGAS implémente l'option *verbose*, mais pas l'option *quiet*.

2.3 Option de création d'un projet

--create-project=nom Crée un nouveau projet GALGAS nommé *nom* dans le répertoire courant.

2.4 Options contrôlant le compilateur

-W, **--Werror** Tout *warning* est considéré comme une erreur. Cela peut être important dans un script, l'outil de commande renvoyant un code non nul si une ou plusieurs erreurs ont été détectées.

--max-errors=n Stoppe après *n* erreurs.

--max-warnings=n Stoppe après *n* alertes.

--check-usefulness Calcul de l'utilité des constructions. L'utilisation de cette option est décrite dans le [chapitre 4 à partir de la page 75](#).

--property-access-requires-self Quand cette option est activée, **self** est requis pour accéder aux propriétés de l'objet courant dans les *méthodes*, *getter* et *setter*. Par exemple, étant donné la classe `@maClasse` :

```
class @maClasse {  
    @uint maPropriété  
}
```

Si on écrit :

```
setter @maClasse incrémenter {  
    maPropriété ++  
}
```

Cette écriture du **setter** n'est acceptée que si l'option `--property-access-requires-self` est désactivée. Si elle est activée, il faut écrire :

```
setter @maClasse incrémenter {  
    self.maPropriété ++  
}
```

À noter que cette dernière écriture est toujours acceptée, que l'option `--property-access-requires-self` soit activée ou non.

--warns-anonymous-for-instruction Quand cette option est activée, un warning est émis pour chaque instruction **for** dont la variable énumérée est anonyme (construction `for () in ...`, voir [section 54.12.3 page 427](#)).

2.5 Options contrôlant la génération de fichiers

--emit-issue-json-file=fichier Écrit dans un *fichier* au format JSON la liste des erreurs et des alertes.

--log-file-read Affiche sur la console tout accès en lecture à un fichier.

--no-file-generation Inhibe l'écriture de tout fichier.

--mode=nom Contrôle l'opération du compilateur : si *nom* est vide, le compilateur opère normalement. Si *nom* est `lexical-only`, le compilateur affiche le résultat de l'analyse lexicale et s'arrête; aucun fichier n'est engendré. Si *nom* est `syntax-only`, le compilateur affiche le résultat de l'analyse syntaxique et s'arrête; aucun fichier n'est engendré.

--compile=nom Enchaîne une compilation C++ après une compilation GALGAS sans erreur. Le *nom* est le nom d'une cible de type *makefile*; par exemple, `--compile=makefile-macosx` enchaîne la compilation C++ de la cible *makefile-macosx*.

--macosx=n Force la génération d'un projet Xcode dont le SDK et le *macos Deployment Target* sont fixés à 10.*n*. Attention, cette option ne vous dispense pas de préciser `%applicationBundleBase` ([section 9.1](#)

[page 105](#)).

2.6 Options de débogage du compilateur

Ces options ne sont pas destinées à être utilisées lors de l'exploitation de GALGAS : elles permettent de déboguer le compilateur lui-même, et non pas le fichier source compilé.

--generate-many-cpp-files Engendre le code C++ dans une multitude de fichiers. Ceci permet un débogage plus simple du compilateur GALGAS lui-même, mais ralentit ensuite l'étape de compilation C++.

--generate-one-cpp-header Engendre un seul fichier d'en-tête C++ pour tout le projet. Ceci permet un débogage plus simple du compilateur GALGAS lui-même, mais ralentit ensuite l'étape de compilation C++.

--check-gmp Exécute au démarrage une série de calculs afin de vérifier si la librairie GMP s'exécute correctement.

2.7 Options de documentation

Ces options produisent des fichiers qui facilitent la documentation \LaTeX de votre compilateur.

--emit-syntax-diagrams Cette option provoque l'émission de fichiers \LaTeX qui contiennent les diagrammes syntaxiques des grammaires des projets compilés. Son utilisation est détaillée au [chapitre 5 à partir de la page 78](#).

--print-predefined-lexical-actions Affiche sur la console la liste des routines lexicales prédéfinies.

--generate-shared-map-automaton-dot-files Exporte les automates d'états finis associés à chaque table de symboles de type `shared` `map`. Les fichiers de sortie sont placés dans le répertoire `build/helpers`, et portent le nom du type table postfixé par l'extension `.dot`.

--output-concrete-syntax-tree Exporte dans un fichier l'arbre syntaxique concret du code source analysé sous la forme d'un graphe dont le format est compatible avec *Graphviz*. Le nom du fichier de sortie est le nom du fichier source doté de l'extension complémentaire `.dot`.

--output-keyword-list-file=*nomLexique* : *nomListe* : *colonnes* : *prefixe* : *postfixe* : *fichier* Cette option permet d'engendrer un fichier au format contenant la liste des mots réservés de votre langage. L'argument qui suit le signe « = » est une séquence de six champs :

- *nomLexique* est le nom du lexique ;
- *nomListe* est le nom de la liste ;
- *colonnes* est un nombre entier naturel, qui représente le nombre de colonnes de la sortie ;
- *prefixe* est une chaîne (éventuellement vide) qui est placée avant chaque élément de liste ;
- *postfixe* est une chaîne (éventuellement vide) qui est placée après chaque élément de liste ;

- *fichier* est une chaîne qui désigne le fichier de sortie.

Prenons un exemple; supposons que le composant **lexique** de votre langage soit :

```
lexique lex {
  ...
  list mots ... { "a", "b", "c" }
  ...
}
```

En appelant votre compilateur avec l'option `--output-keyword-list-file=lex:mots:2::motsreserves.tex`, la liste des mots réservés définies par la liste `mots` du lexique `lex` sera écrite dans le fichier `motsreserves.tex`. Ce fichier aura le contenu suivant :

```
a & b \\
c & \\
```

C'est un fichier qui peut être inclus dans une définition de tableau à deux colonnes. Si le nombre d'éléments n'est pas un multiple du nombre de colonnes, la dernière ligne est complétée par des champs vides. Par exemple, on écrit en \LaTeX :

```
\begin{table}[!t]
  \centering
  \begin{tabular}{ll}
    \input{motsreserves.tex}
  \end{tabular}
\end{table}
```

On peut utiliser les champs *prefixe* et *postfixe* pour afficher de manière particulière chaque élément : avec l'option `--output-keyword-list-file=lex:mots:2:\texttt{:}:motsreserves.tex`, le fichier `motsreserves.tex` aura le contenu suivant :

```
\texttt{a} & \texttt{b} \\
\texttt{c} & \\
```

Chapitre 3

Éléments lexicaux

3.1	Les identificateurs	69
3.2	Les mots réservés	69
3.3	Les délimiteurs	69
3.4	Les sélecteurs	69
3.5	Les séparateurs	69
3.6	Les commentaires	70
3.7	Les non terminaux	70
3.8	Les terminaux	71
3.9	Les constantes littérales entières	71
3.10	Les constantes littérales flottantes	71
3.11	Les caractères littéraux	72
3.12	Les constantes chaînes de caractères	73
3.13	Les noms de types	73
3.14	Les attributs	73

Les éléments lexicaux du langage GALGAS sont :

- les identificateurs ([section 3.1 page 69](#));
- les mots réservés ([section 3.2 page 69](#));
- les délimiteurs ([section 3.3 page 69](#));
- les sélecteurs ([section 3.4 page 69](#));
- les séparateurs ([section 3.5 page 69](#));
- les commentaires ([section 3.6 page 70](#));
- les non terminaux ([section 3.7 page 70](#));
- les terminaux ([section 3.8 page 71](#));
- les constantes littérales entières ([section 3.9 page 71](#));

- les constantes littérales flottantes ([section 3.10 page 71](#));
- les caractères littéraux ([section 3.11 page 72](#));
- les constantes chaînes de caractères ([section 3.12 page 73](#));
- les noms de types ([section 3.13 page 73](#));
- les attributs ([section 3.14 page 73](#)).

3.1 Les identificateurs

Un identificateur commence par une lettre minuscule ou majuscule, suivie de zéro, un ou plusieurs chiffres décimaux, lettres minuscules ou majuscules ou caractères `'_'`. Par exemple :

`element` , `element0` , `element_0` , `instructionList` , `instruction_list` .

Toutes les lettres Unicode sont acceptées : il est possible d'utiliser des lettres accentuées, des lettres grecques, ... Par exemple :

```
let constanteAccentuée = 12
let π = 3.14
let α = 1
var переменная = 7
```

3.2 Les mots réservés

Les mots réservés de GALGAS sont les identificateurs listés dans le [tableau 3.1 page 70](#).

3.3 Les délimiteurs

Les délimiteurs du langage GALGAS sont listés dans le [tableau 3.2 page 70](#).

3.4 Les sélecteurs

Les sélecteurs du langage GALGAS sont listés dans le [tableau 3.3 page 71](#).

3.5 Les séparateurs

Les séparateurs du langage GALGAS sont :

abstract	after	array	as	bang
before	between	block	boolset	case
cast	class	constructor	default	dict
do	drop	else	elsif	end
enum	error	extension	extern	false
fileprivate	filewrapper	fixit	for	func
getter	grammar	graph	gui	if
in	indexing	insert	is	label
let	lexique	list	listmap	log
loop	map	message	method	mod
mutating	not	on	operator	option
or	override	parse	private	proc
project	protected	public	refclass	remove
repeat	replace	rewind	rule	search
select	self	send	setter	sortedlist
spoil	struct	style	switch	syntax
tag	template	then	true	typealias
unused	valueclass	var	warning	while
with				

Tableau 3.1 – Mots réservés du langage GALGAS

!=	!==	!^	&	&&	&*	&+	&++	&-	&--	&/	()	*	*=
+	++	+=	,	-	--	-=	->	/	/=	:	:>	;	=	==
===	>	>=	>>	?^	[]	^	`	{			}	~	

Tableau 3.2 – Délimiteurs du langage GALGAS

- le caractère *espace*;
- tout caractère dont le point de code est compris entre U+0000 et U+001F.

3.6 Les commentaires

Un commentaire commence par le caractère «#» s'étend jusqu'à la fin de la ligne courante.

3.7 Les non terminaux

Un *non terminal* d'une grammaire est un identificateur placé entre les caractères < et >. Exemple :

! !selecteur: !? !?selecteur: ? ?selecteur: ?! ?!selecteur:

Tableau 3.3 – Sélecteurs du langage GALGAS

<expression>, <instruction>

Les lettres Unicode y sont acceptées.

3.8 Les terminaux

Un *terminal* d'une grammaire est une chaîne de caractères placée entre deux caractères « \$ ». Exemple :

\$identifiant\$, \$constant\$

Tout caractère Unicode dont le point de code est compris entre 0x21 (« ! ») et 0xFFFD peut apparaître dans un terminal :

\$=\$, \$(\$, \$--\$, \$# \$

Deux échappements sont définis :

- « \ » qui permet de définir un unique « \ »;
- « \\$ » qui permet de définir un « \$ ».

Ceci permet par exemple de définir les terminaux suivants :

\$\$\$, \$terminal\$

3.9 Les constantes littérales entières

Une constante littérale entière peut être écrite :

- en *décimal* : elle est constituée de un ou plusieurs chiffres décimaux; exemple : 123 , 9 , 05 ;
- en *hexadécimal* : elle commence par 0x, suivi d'un ou plusieurs chiffres hexadécimaux; exemple : 0x12A , 0xabcd .

Le caractère « _ » peut être utilisé pour séparer les chiffres décimaux ou hexadécimaux : 1_234 , 0x123_4567 .

Une constante littérale entière est typée; son type est fixé par son suffixe (tableau 3.4).

3.10 Les constantes littérales flottantes

Une constante littérale flottante comprend toujours un point. Elle est constituée :

Suffixe	Type	Exemples
<i>Pas de suffixe</i>	@uint	1_234 , 0x1234_5678
L	@uint64	1_234L , 0x1234_5678L
S	@sint	1_234S , 0x1234_5678S
LS	@sint64	1_234LS , 0x1234_5678LS
G	@bigint	1_234G , 0x1234_5678G

Tableau 3.4 – Suffixes et types des constantes littérales entières

Échappement	Caractère	Point de code
'\f'	Nouvelle page	U+0C
'\n'	Passage à la ligne (<i>Line Feed</i>)	U+0A
'\r'	Retour chariot	U+0D
'\t'	Tabulation horizontale	U+09
'\v'	Tabulation verticale	U+0B
'\\'	Barre oblique inversée	U+5C
'\0'	Caractère nul	U+0
'\''	Apostrophe	U+27
'\uabcd'	Caractère du plan de base (4 chiffres hexadécimaux)	U+ABCD
'\Uabcdefgh'	Caractère Unicode (8 chiffres hexadécimaux)	U+abcdefgh

Tableau 3.5 – Séquence d'échappement des constantes littérales caractère

- d'un ou plusieurs chiffres décimaux;
- suivis d'un point;
- suivi de zéro, un ou plusieurs chiffres décimaux.

Par exemple : 0. , 12.34 .

Le caractère « _ » peut être utilisé pour séparer les chiffres : 1_234.567_890 .

Une constante littérale flottante est du type @double .

3.11 Les caractères littéraux

Un *caractère littéral* est un caractère Unicode placé entre deux apostrophes « ' ». Exemple :

```
'a', 'æ', '€'
```

Plusieurs séquences d'échappements sont définies et listées dans le [tableau 3.5](#).

Échappement	Caractère	Point de code
"\f"	Nouvelle page	U+0C
"\n"	Passage à la ligne (<i>Line Feed</i>)	U+0A
"\r"	Retour chariot	U+0D
"\t"	Tabulation horizontale	U+09
"\v"	Tabulation verticale	U+0B
"\""	Barre oblique inversée	U+5C
"\""	Guillemet	U+22
"\uabcd"	Caractère du plan de base (4 chiffres hexadécimaux)	U+ABCD
"\Uabcdefgh"	Caractère Unicode (8 chiffres hexadécimaux)	U+abcdefgh

Tableau 3.6 – Séquence d'échappement des constantes littérales chaîne de caractères

3.12 Les constantes chaînes de caractères

Un *chaîne de caractères littérale* est une séquence de caractères Unicode placé entre deux guillemets « " ». Exemple :

```
"une chaîne", "Enologie"
```

Plusieurs séquences d'échappements sont définies et listées dans le [tableau 3.6](#).

3.13 Les noms de types

Un nom de type :

- commence par un caractère « @ » ;
- est suivi par un ou plusieurs chiffres ou lettres ;
- est suivi éventuellement par un tiret « - », lui-même suivi par un ou plusieurs chiffres ou lettres.

Par exemple :

```
@string, @stringlist-element, @2stringlist
```

3.14 Les attributs

Un attribut :

- commence par un caractère « % » ;
- est suivi par une lettre Unicode ;
- est suivi par une ou plusieurs lettres Unicode, chiffres décimaux, « - » ou « _ ».

Par exemple :

`%once, %translate, %héhé-π`

Chapitre 4

Calcul des entités utiles

4.1	Le calcul d'utilité	75
4.2	Trucs et astuces	77
4.3	Cas particulier : l'appel indirect des fonctions	77

Le compilateur GALGAS implémente l'option `--check-usefulness` qui permet de déceler si des constructions sont inutiles. Au fur et à mesure de l'évolution de la conception de votre compilateur, il se peut que des constructions (type, fonctions, ...) deviennent inutilisées. Cette option permet de déceler ces constructions.

L'option `--check-usefulness` demande au compilateur GALGAS de construire le graphe d'utilité. La construction n'est entreprise que si analyse lexicale, syntaxique et sémantique sont effectuées sans erreur.

Pour chaque construction inutile, un *warning* est déclenché, qui indique l'endroit de la déclaration de la construction inutile.

4.1 Le calcul d'utilité

Les constructions qui sont évaluées sont :

- les routines `extension getter` ;
- les routines `extension setter` ;
- les routines `extension method` ;
- les composants `lexique` ;
- les composants `grammar` ;
- les composants `syntax` ;
- les composants `option` ;

- les `filewrapper` ;
- les fonctions ;
- les procédures ;
- les types ;
- les routines `after` ;
- les routines `before` ;
- les routines d'analyse `case .fileExtension` .

Le compilateur GALGAS calcule l'utilité des constructions en se partant des nœuds racines :

- les routines `after` sont utiles ;
- les routines `before` sont utiles ;
- les routines d'analyse `case .fileExtension` sont utiles ;
- tous les types prédéfinis sont utiles ;
- toutes les fonctions marquées `%usefull` sont utiles ([section 4.3 page 77](#)).

Les relations d'utilité sont :

- une routine `extension getter` , `extension setter` , `extension method` est utile si son type est utile ;
- un composant `grammar` est utile si il apparaît dans une instruction `grammar` utile ;
- un composant `syntax` est utile si il est nommé par un composant `grammar` utile ;
- un composant `lexique` est utile si il est nommé par un composant `syntax` utile ;
- un composant `option` est utile si il est nommé dans les instructions d'une routine utile ;
- un `filewrapper` est utile si il est nommé dans les instructions d'une routine utile ;
- une fonction est utile si elle est nommée dans les instructions d'une routine utile ;
- une procédure est utile si elle est nommée dans les instructions d'une routine utile ;
- un type est utile si il est instancié par les instructions d'une routine utile.

4.2 Trucs et astuces

Supprimer une construction inutile n'est pas toujours élémentaire : par exemple, un type qui n'est jamais instancié est inutile, mais il peut apparaître comme type d'une propriété d'un type structure lui aussi inutile. Aussi, supprimer un type inutile peut entraîner des erreurs de compilation.

De plus, le calcul d'utilité a été récemment implémenté dans GALGAS, et un *faux positif* est possible.

On peut donc commencer par supprimer procédures et fonctions inutiles (attention si vous appelez les fonctions par l'intermédiaire d'un objet de type `@function`, voir [section 4.3 page 77](#)), c'est en général plus simple que la suppression d'un type.

Une astuce consiste à renommer la construction calculée comme inutile puis à recompiler le projet : si il n'y a pas d'erreur, cette construction peut être supprimée sans dommage.

4.3 Cas particulier : l'appel indirect des fonctions

Le calcul d'utilité ne rend utile que les fonctions appelées directement à partir des instructions des routines utiles. L'appel indirect via des objets de type `@function` ([page 234](#)) n'est pas pris en compte par le calcul d'utilité. En conséquence, les fonctions appelées uniquement via des objets de type `@function` ([page 234](#)) sont calculées inutiles.

Il suffit d'ajouter l'attribut `%usefull` à ces fonctions pour forcer leur utilité ([section 4.9.1.4 page 381](#)).

Chapitre 5

Diagrammes syntaxiques des grammaires en TeX

5.1	Mise en œuvre	78
5.2	Le document <code>logo_grammar.document.tex</code>	79
5.3	Le fichier <code>logo_grammar.tex</code>	80

Le compilateur GALGAS implémente l'option `--emit-syntax-diagrams` qui permet d'obtenir les diagrammes syntaxiques de chaque grammaire de votre langage. Ceux-ci sont décrits en \LaTeX en utilisant le paquetage `tikz`.

Il n'y a pas de miracle, les diagrammes syntaxiques peuvent être tronqués parce qu'ils débordent dans la marge droite ou dans le bas de la page : d'ailleurs vouloir exploiter ces diagrammes peut être l'occasion de revisiter la forme des règles de production.

Note. La compilation \LaTeX des diagrammes syntaxiques est très lente!

Dans tout ce chapitre, nous appliquons cette démarche au langage LOGO, défini à la [section 1.2 page 35](#).

5.1 Mise en œuvre

La mise en œuvre est très simple : il suffit d'ajouter l'option indiquée ci-dessus lors de la compilation de votre projet :

```
galgas --emit-syntax-diagrams chezmoi/logo/+logo.galgasProject
```

Les fichiers \LaTeX produits sont rangés dans le répertoire `chezmoi/build/tex`. Deux fichiers sont produits pour chaque grammaire implémentée par votre projet ; pour le projet LOGO, la grammaire définie s'appelle `logo_grammar` ([section 1.6 page 48](#)), ces fichiers sont :

- `chezmoi/build/logo_grammar.document.tex` (section 5.2 page 79);
- `chezmoi/build/logo_grammar.tex` (section 5.3 page 80).

5.2 Le document `logo_grammar.document.tex`

Le fichier `chezmoi/build/logo_grammar.document.tex` contient un document \LaTeX directement compilable qui vous permet d'obtenir immédiatement un document PDF contenant les diagrammes syntaxiques de votre langage ; il inclut le fichier `chezmoi/build/logo_grammar.tex` qui contient les diagrammes syntaxiques.

Ce fichier sert d'exemple de configuration de `tikz` et de l'affichage des diagrammes. Pour donner une chance aux règles de production de s'afficher complètement, le format du document est *paysage A3*. Ce fichier contient plusieurs définitions de commandes qui permettent de paramétrer l'affichage des diagrammes, et qui sont donc appelées dans `chezmoi/build/logo_grammar.tex`.

```
\newcommand\nonTerminalSection[2]{\section{Nonterminal \texttt{\#1}}\label{nt:\#2}}
```

Cette commande est émise avant chaque non terminal. La définition ci-dessus définit une *section*, et une étiquette qui permet d'établir des hyper-liens sur les non terminaux. Le premier argument est le nom du non terminal, le second est son numéro, utilisé pour les hyper-liens.

```
\newcommand\ruleSubsection[3]{\subsection{Component \texttt{\#1}, in file \texttt{\#2}, line \#3}}
```

Cette commande est émise avant chaque diagramme syntaxique d'un non terminal. La définition ci-dessus définit une *sous-section*, et une étiquette qui permet d'établir des hyper-liens sur les non terminaux. Les trois arguments sont : le nom du composant syntaxique qui contient la règle, le fichier dans lequel la règle apparaît, et le numéro de ligne dans ce fichier.

Définir une sous-section par règle n'est pas forcément souhaitable, on peut vouloir obtenir la liste des règles, sans aucun texte intermédiaire. Pour cela, il suffit d'écrire :

```
\newcommand\ruleSubsection[3]{}
```

```
\newcommand\ruleMatrixColumnSeparation{3mm}
```

Définit l'espacement horizontal entre deux colonnes dans les diagrammes syntaxiques.

```
\newcommand\ruleMatrixRowSeparation{3mm}
```

Définit l'espacement vertical entre deux rangées dans les diagrammes syntaxiques.

```
\newcommand\nonTerminalSymbol[2]{\hyperref[nt:\#2]{\#1}}
```

Cette commande est émise pour chaque occurrence d'un non terminal dans un diagramme syntaxique. Le premier argument est son nom, le second son numéro. Le numéro permet de définir l'hyper-lien vers la définition du non terminal.

```
\newcommand\startSymbol[2]{The start symbol is \hyperref[nt:\#2]{\#1}.}
```

Commande émise une fois, pour définir le texte qui annonce l'axiome de la grammaire. Les deux arguments

sont le nom de l'axiome et son numéro, qui sert à établir un hyper-lien vers sa définition.

```
\newcommand\nonTerminalSummaryStart{This is the alphabetical list of non terminal : }
```

C'est le texte introductif de la table des non-terminaux.

```
\newcommand\nonTerminalSummary[2]{\hyperref[nt:#2]{#1}}
```

Commande émise à chaque occurrence d'un terminal dans la table. Les deux arguments sont le nom de l'axiome et son numéro, qui sert à établir un hyper-liens vers sa définition.

```
\newcommand\nonTerminalSummarySeparator{, }
```

Commande émise pour séparer deux non terminaux consécutifs dans la table.

```
\newcommand\nonTerminalSummaryEnd{.\\}
```

Commande émise une fois, pour terminer la table des non terminaux.

5.3 Le fichier `logo_grammar.tex`

La présentation adoptée dans ce fichier est :

- l'axiome de la grammaire (émission de la commande `\startSymbol`);
- la table des non terminaux (émission des commandes `\nonTerminalSummaryStart`, `\nonTerminalSummary`, `\nonTerminalSummarySeparator`, `\nonTerminalSummaryEnd`);
- pour chaque non terminal :
 - son annonce par la commande `\nonTerminalSection`;
 - pour chaque règle de production de ce non terminal :
 - * son annonce par la commande `\ruleSubsection`;
 - * son diagramme syntaxique par un environnement `tikzpicture`.

Chapitre 6

Formatage pour LaTeX

6.1	Configuration de votre compilateur	82
6.2	Affichage via le paquetage <code>filecontents</code>	86
6.3	Environnement d'affichage formaté	87
6.4	Affichage du code en ligne	88

Si vous utilisez \LaTeX pour écrire la documentation de votre compilateur, vous êtes confronté sans doute au problème de la présentation des programmes sources. En effet, les paquetages classiques pour ce type de problème, comme par exemple `listings`, peuvent être trop rigides pour des règles lexicales particulières d'un langage.

Par exemple, en GALGAS, les constantes entières acceptent le caractère `_`, comme dans `123_456`. Elles peuvent être préfixées par `0x`, et postfixées par `S`, `LS` pour indiquer leur type : `0x123_456S`, ou encore `0x_123_456_LS`. Le paquetage `listings` ne peut pas être paramétré pour afficher correctement les constantes entières de GALGAS.

Comment faire ? Développer des commandes \LaTeX particulières pour faire ce travail. Elles s'appuient sur un mode particulier des compilateurs engendrés par GALGAS, qui permet de traduire un fichier source en un code compatible \LaTeX . C'est de cette façon que le code GALGAS est présenté dans ce document. Si les fichiers `.tex` sont codés en UTF-8, alors les caractères accentués peuvent être utilisés sans restriction, comme des caractères comme `æ` ou `œ` (voir par exemple le [getter unicodeToLower du type @char \(page 217\)](#)).

Dans la suite, nous allons progressivement présenter la démarche pour formater un code source :

- d'abord comment configurer votre compilateur pour qu'il engendre du code \LaTeX ;
- comment afficher ce code en utilisant le paquetage `filecontents` ;
- une amélioration de la solution précédente en définissant un environnement particulier (utilise le paquetage `verbatim`) ;
- définition d'une commande permettant d'afficher du code en ligne, appellable comme la commande

`\verb` (utilise le paquetage `verbatim`).

Dans tout ce chapitre, nous appliquons cette démarche au langage LOGO, défini à la [section 1.2 page 35](#).

6.1 Configuration de votre compilateur

6.1.1 option `--mode=latex`

Tout compilateur engendré par GALGAS possède un mode d'exécution particulier, le mode *latex*. Il est activé par l'option `--mode=latex`.

Dans ce mode, seule l'analyse lexicale est effectuée, aussi le fichier source doit être *lexicalement correct*, mais n'a pas besoin d'être ni *syntactiquement correct*, ni *sémantiquement correct*.

Le fichier de sortie a pour nom le fichier d'entrée postfixé par l'extension `.tex`. Il contient le texte source formaté pour \LaTeX .

Par exemple, si le fichier d'entrée est `test.logo` et contient :

```
ROUTINE trace
BEGIN
  FORWARD 50;
  ROTATE 90;
END
```

En appelant le compilateur LOGO par la commande `logo --mode=latex test.logo`, le fichier `test.logo.tex` est engendré et contient :

```
\keywordsStyle{R}{O}{U}{T}{I}{N}{E}{E}}\hspace*{.6em}t{r}{a}{c}{e}{ } \\\
\keywordsStyle{B}{E}{G}{I}{N}} \\\
\hspace*{.6em}\hspace*{.6em}\keywordsStyle{F}{O}{R}{W}{A}{R}{D}}\hspace*{.6em}
\integerStyle{5}{0}}\delimitersStyle{;}} \\\
\hspace*{.6em}\hspace*{.6em}\keywordsStyle{R}{O}{U}{T}{I}{N}{E}{E}}\hspace*{.6em}
\integerStyle{9}{0}}\delimitersStyle{;}} \\\
\keywordsStyle{E}{N}{D}} \\\
```

Pour l'afficher, il suffit de définir les commandes `\keywordsStyle`, `\integerStyle` et `\delimitersStyle`¹, et de placer ce texte dans un environnement où une police à échappement fixe est activée :

```
\newcommand\keywordsStyle[1]{\textcolor{blue}{\textbf{#1}}}
\newcommand\delimitersStyle[1]{\textcolor{brown}{\textbf{#1}}}
\newcommand\integerStyle[1]{\textcolor{brown}{#1}}
\texttt{
\keywordsStyle{R}{O}{U}{T}{I}{N}{E}{E}}\hspace*{.6em}t{r}{a}{c}{e}{ } \\\
```

¹Aucune commande n'est définie pour les identificateurs, car l'analyseur lexical ne définit pas de style pour ceux-ci (voir [section 6.1.5 page 85](#)).

```

\keywordsStyle{B}{E}{G}{I}{N{}} \\\
\hspace*{.6em}\hspace*{.6em}\keywordsStyle{F}{O}{R}{W}{A}{R}{D{}}\hspace*{.6em}
\integerStyle{5}{0{}}\delimitersStyle{;{}} \\\
\hspace*{.6em}\hspace*{.6em}\keywordsStyle{R}{O}{T}{A}{T}{E{}}\hspace*{.6em}
\integerStyle{9}{0{}}\delimitersStyle{;{}} \\\
\keywordsStyle{E}{N}{D{}}
}

```

On obtient ainsi (noter l'indentation de la première ligne) :

```

ROUTINE trace
BEGIN
  FORWARD 50;
  ROTATE 90;
END

```

6.1.2 option `--mode:suffixe=latex`

Si vous documentez plusieurs compilateurs, vous pouvez avoir une collision de nom de style. Une variante de l'option `--mode=latex` est de préciser un suffixe : `--mode:suffixe=latex`. Le `suffixe` doit être un nom uniquement constitué de lettres (minuscules ou majuscules). Ce suffixe est ajouté aux noms de style. En appelant le compilateur LOGO par la commande `logo --mode=latex:Logo test.logo`, le fichier `test.logo.tex` est engendré et contient :

```

\keywordsStyleLogo{R}{O}{U}{T}{I}{N{}}\hspace*{.6em}t{r}{a}{c}{e} \\\
\keywordsStyleLogo{B}{E}{G}{I}{N{}} \\\
\hspace*{.6em}\hspace*{.6em}\keywordsStyleLogo{F}{O}{R}{W}{A}{R}{D{}}\hspace*{.6em}
\integerStyleLogo{5}{0{}}\delimitersStyleLogo{;{}} \\\
\hspace*{.6em}\hspace*{.6em}\keywordsStyleLogo{R}{O}{T}{A}{T}{E{}}\hspace*{.6em}
\integerStyleLogo{9}{0{}}\delimitersStyleLogo{;{}} \\\
\keywordsStyleLogo{E}{N}{D{}}

```

6.1.3 Formatages complémentaires

Il est possible de formater l'affichage du code en utilisant des paquets standard. Ci-après sont présentées deux possibilités avec les paquets `lineo` et `mdframed`.

6.1.3.1 Formatage avec le paquetage `lineo`

Le paquetage `lineo` permet de numéroté les lignes sources :

```

\resetlinenumber
\begin{linenumbers}

```

```
\ttfamily
...
\end{linenumbers}
```

Et on obtient :

```
1  ROUTINE trace
2  BEGIN
3    FORWARD 50;
4    ROTATE 90;
5  END
```

6.1.3.2 Formatage avec le paquetage mdframed

Le paquetage `mdframed` permet (entre autres) d’afficher un trait vertical dans la marge gauche. Pour cela, il faut d’abord le configurer en créant un environnement, ici `siderules` :

```
\newmdenv[
  topline=false,
  bottomline=false,
  rightline=false,
  linecolor=red!25,
  linewidth=2pt
]{siderules}
```

En utilisant l’environnement `siderules` :

```
\begin{siderules}
\ttfamily
...
\end{siderules}
```

On obtient :

```
ROUTINE trace
BEGIN
  FORWARD 50;
  ROTATE 90;
END
```

6.1.4 Comment s’effectue la traduction en \LaTeX

La traduction s’effectue comme suit :

Caractère source	Formatage pour \LaTeX
'>'	<code>\textgreater{}</code>
'<'	<code>\textless{}</code>
'~'	<code>\sim</code>
'^'	<code>\wedge</code>
'&'	<code>\&</code>
' '	<code>\textbar{}</code>
'%'	<code>\%</code>
'#'	<code>\#</code>
'\$'	<code>\\$</code>
' '	<code>\hspace*{.6em}</code>
'\n'	<code>\newline\n</code>
'{'	<code>\{</code>
'}'	<code>\}</code>
'_'	<code>_</code>
'\'	<code>\textbackslash{}</code>
'''	<code>\textquotesingle{}</code>
'\"'	<code>\textquotedbl{}</code>
Autre caractère : 'c'	<code>c{}</code>

Tableau 6.1 – Échappement et substitution des caractères pour formatage \LaTeX

- à chaque `style` défini dans l'analyseur lexical correspond une commande \LaTeX particulière : par exemple à `keywordsStyle` correspond `\keywordsStyle`² (section 6.1.5 page 85);
- si une erreur lexicale est détectée, une commande `\lexicalError`³ est insérée;
- les caractères possédant une signification particulière en \LaTeX sont échappés ou substitués selon le tableau 6.1;
- après tout caractère non échappé ni substitué est ajoutée la séquence `{}`.

Vous devez donc créer une commande particulière pour chaque style, plus éventuellement la commande `\lexicalError` pour afficher l'occurrence des erreurs lexicales. Vous pouvez choisir de ne pas définir la commande `\lexicalError`, auquel cas la compilation \LaTeX échouera en présence d'erreur lexicale; mais si elle réussit, vous êtes sûr qu'il y a aucune erreur lexicale.

6.1.5 Fonctionnement de l'option `--mode=latex`

L'option `--mode=latex` utilise les noms de style définis dans l'analyseur lexical LOGO. Par exemple, l'extrait suivant indique que le style `integerStyle` est attaché au terminal `$integer$` :

²Si un suffixe est précisé (`--mode:suffixe=latex`), alors ce suffixe est ajouté à la commande `\keywordsStyle`.

³Si un suffixe est précisé (`--mode:suffixe=latex`), alors ce suffixe est ajouté à la commande `\lexicalError`.

```
style integerStyle -> "Integer Constants"
$integer$ !uint32value style integerStyle ...
```

À chaque style, correspond une commande \TeX obtenue en préfixant le nom du style par un anti-slash `\`⁴. Si aucun style n'est défini par un terminal particulier, il est affiché avec le style par défaut : c'est le cas des identificateurs LOGO dans les listings précédents.

Noter que l'affichage des commentaires nécessite l'utilisation conjointe d'un style particulier et de l'instruction lexicale `drop` (section 10.7.7 page 125); pour le langage LOGO :

```
style commentStyle -> "Comments"
$comment$ style commentStyle ...
rule '#' {
  repeat
    while '\u0001' -> '\u0009' | '\u000B' | '\u000C' | '\u000E' -> '\uFFFF'~:
  end
  drop $comment$
}
```

6.2 Affichage via le paquetage filecontents

Insérer un texte en effectuant un copié/collé comme suggéré à la section précédente est très laborieux ! Le paquetage `filecontents` va permettre de simplifier l'écriture en utilisant l'environnement `filecontents*` :

```
\begin{filecontents*}{temp.logo}
ROUTINE trace
BEGIN
  FORWARD 50;
  ROTATE 90;
END
\end{filecontents*}
\immediate\write18{logo --mode=latex temp.logo}
\noindent{\ttfamily\input{temp.logo.tex}}
```

L'environnement `filecontents*` écrit son contenu dans le fichier `temp.logo` du répertoire courant. La commande `\immediate\write18`⁵ permet de lancer la commande shell `logo --mode=latex temp.logo`⁶, qui a pour résultat d'écrire le fichier formaté `temp.logo.tex` dans le répertoire courant. Il suffit donc de l'inclure grâce à la commande `\input` en sélectionnant une police à échappement fixe (`\ttfamily`). `\noindent` permet d'éliminer l'indentation de la première ligne.

⁴Les chiffres et le caractère de soulignement `_` sont interdits dans les noms de style.

⁵Penser à ajouter l'option `-shell-escape` lors de la compilation \TeX .

⁶Le répertoire vers l'exécutable `logo` doit faire partie des chemins définis par la variable `$PATH` du shell.

Cette deuxième approche est plus satisfaisante car on peut faire figurer le texte source LOGO directement dans le fichier \LaTeX , mais nous allons voir dans la section suivante une meilleure solution.

6.3 Environnement d’affichage formatte

Dans cette section, on va voir comment nous allons définir un environnement `logocode` qui permettra d’entrer et de formater implicitement un texte LOGO :

```
\begin{logocode}
ROUTINE trace
BEGIN
  FORWARD 50;
  ROTATE 90;
END
\end{logocode}
```

Ce qui permettra d’obtenir :

```
ROUTINE trace
BEGIN
  FORWARD 50;
  ROTATE 90;
END
```

6.3.1 Package verbatim

Pour cela, nous avons besoin du paquetage `verbatim`. Il est conseillé d’inclure ce paquetage juste après la déclaration `\documentclass` :

```
\documentclass [...] {...}
\usepackage{verbatim}
...
```

6.3.2 Définition de l’environnement

La définition de l’environnement `logocode` est la suivante :

```
1 \newwrite\tempfile
2 \makeatletter
3 \newenvironment{logocode}{%
4   \begingroup
5   \@bsphack
6   \immediate\openout\tempfile=temp.logo%
```

```

7  \let\do\@makeother\dospecials
8  \catcode`\^^M\active
9  \verbatim@startline
10 \verbatim@addtoline
11 \verbatim@finish
12 \def\verbatim@processline{\immediate\write\tempfile{\the\verbatim@line}}%
13 \verbatim@start
14 }{
15 \immediate\closeout\tempfile
16 \@esphack
17 \endgroup
18 \immediate\write18{logo --mode=latex temp.logo}
19 {\noindent\ttfamily\input{temp.logo.tex}}
20 }
21 \makeatother

```

Quelques commentaires :

- ligne 1, la commande `\newwrite\tempfile` est nécessaire pour l'écriture de fichier ; elle doit figurer une seule fois dans le texte source, si vous définissez plusieurs environnements d'affichage, veillez à ne pas la dupliquer ;
- ligne 3, le nom d'environnement (en bleu) est défini : bien entendu, vous pouvez changer ce nom pour l'adapter au nom de votre compilateur ;
- ligne 8, attention, après la commande `\catcode` , c'est un accent « » ;
- ligne 19, l'affichage de la ligne traduite est effectuée ; à cet endroit, nous pouvons utiliser toutes les commandes de formatage, comme par exemple les paquets `lineno` et `mdframed` cités plus haut.

Par exemple, à la place de la ligne 19, on peut utiliser l'environnement `siderules` (paquetage `mdframed`) et écrire :

```
\noindent\begin{siderules}\ttfamily\input{temp.logo.tex}\end{siderules}
```

6.4 Affichage du code en ligne

Pour afficher du code en ligne, on va définir une commande `\logo` qui s'utilise comme la commande verbatim en ligne `\verb` ; si on écrit :

Les mots réservés de LOGO sont `\logo+BEGIN+`, `\logo+END+`, ..., les délimiteurs sont `\logo+;` et `\logo+.+`.

Le délimiteur utilisé ici est `+`, mais, comme pour `\verb`, tout caractère peut être utilisé, à condition qu'il n'apparaisse pas dans la chaîne à formater. On obtient donc :

Les mots réservés de LOGO sont `BEGIN`, `END`, ..., les délimiteurs sont `;` et `..`.

Comme pour l’affichage d’un listing, nous avons besoin du paquetage `verbatim`. Rappelons qu’il est conseillé d’inclure ce paquetage juste après la déclaration `\documentclass` :

```
\documentclass [...] {...}
\usepackage{verbatim}
...
```

La définition de commande `\logo` est la suivante :

```
1 \newwrite\tempfile
2 \makeatletter
3 \newcommand*\logo{%
4   \@bsphack%
5   \begingroup%
6   \let\do\@makeother\dospecials%
7   \let\do\do@noligs\verbatim@nolig@list%
8   \catcode`\^^M=15\relax%
9   \@vobeyspaces%
10  \@logo{\temporary}%
11 }%
12 \newcommand\@logo[2]{%
13   \catcode`-=12\relax%
14   \catcode`<=12\relax%
15   \catcode`>=12\relax%
16   \catcode`,=12\relax%
17   \catcode`'=12\relax%
18   \catcode``=12\relax%
19   \catcode`#2\active%
20   \catcode`~\active%
21   \lccode`\~`#2\relax%
22   \lowercase{%
23     \begingroup%
24     \def\@tempa##1~{%
25       \expandafter\endgroup%
26       \expandafter\DeclareRobustCommand%
27       \expandafter*%
28       \expandafter#1%
29       \expandafter{\@tempa}%
30       \@esphack%
31       \immediate\openout\tempfile=temp.logo%
32       \immediate\write\tempfile{##1}%
33       \immediate\closeout\tempfile%
34       \immediate\write18{logo --mode=latex temp.logo}%
35       \colorbox{gray!6}{\ttfamily\input{temp.logo.tex}\unskip}%
36     }%
37   }%
38   \ifnum`#2=`~\else\@makeother`\~\fi%
39   \expandafter\endgroup%
40   \@tempa%
41 }%
42 \makeatother
```

Commentaires :

- ligne 1, la commande `\newwrite\tempfile` est nécessaire pour l'écriture de fichier ; elle doit figurer une seule fois dans le texte source, si vous définissez plusieurs environnements d'affichage, veillez à ne pas la dupliquer ;
- ligne 8, 13 à 21 et 38 : attention, c'est un accent aigu ``` ;
- ligne 3, 10 et 12 : le nom `logo` apparaît trois fois (en bleu pour être repéré plus facilement) : si vous changez le nom de la commande, veillez à en remplacer toutes les occurrences ;
- une difficulté est d'assurer que la commande n'insère aucune espace supplémentaire : c'est pour cela que toutes les lignes se terminent par `%`⁷ ;
- enfin le plus intéressant : ligne 31, le fichier `temp.logo` est ouvert en écriture ;
- ligne 32, le contenu de la commande est écrit dans ce fichier ;
- ligne 33, le fichier est fermé ;
- ligne 34, le compilateur est appelé pour effectuer la traduction en \LaTeX ; **attention**, cette commande est un argument de `\lowercase`⁸ (ligne 22), si bien que tous les caractères sont passés en minuscules : ainsi, si on écrit `logo --mode=latex:LOGO temp.logo`, c'est la commande `logo --mode=latex:logo temp` qui est exécutée ;
- ligne 35, le code traduit est affiché ; comme la commande `\input` (ligne 35) insère toujours une espace après elle, on la supprime par `\unskip` .

Noter bien que la ligne 35 est une commande générale d'affichage : ici on a choisi un fond gris, et une police à échappement fixe.

Enfin, la commande `\logo` ne peut pas être utilisée dans les notes en bas de page (commande `\footnote`), ni en argument d'une macro.

⁷En fait, uniquement certaines lignes doivent être obligatoirement terminées par `%` ; pour simplifier, on applique cette terminaison à toutes.

⁸Aucune idée de son rôle, mais si on supprime `\lowercase` , la compilation \LaTeX échoue.

Chapitre 7

Traduction dirigée par la syntaxe

7.1	Le programme d'exemple	91
7.2	Activer la traduction dirigée par la syntaxe	93
7.3	Obtenir la chaîne traduite	93
7.4	Modifier l'instruction d'appel de terminal	94
7.5	Insérer du texte : instruction <code>send</code>	95
7.6	Modifier l'instruction d'appel de non-terminal	96

GALGAS permet de construire un *traducteur dirigée par la syntaxe*. Ce type de traduction permet de transformer le texte source d'une grammaire en un autre texte source, tout en conservant les commentaires. C'est donc bien adapté pour mettre à jour des textes sources suite à un changement de syntaxe.

Mettre en place une traduction dirigée par la syntaxe en GALGAS fait appel aux constructions suivantes :

- activer la traduction dirigée par la syntaxe pour chaque composant `syntax` ;
- activer la traduction dirigée par la syntaxe pour le composant `grammar` ;
- modifier l'instruction `grammar` , de façon à récupérer les informations de traduction ;
- modifier l'instruction d'appel de terminal, de façon à récupérer les informations relatives à l'occurrence du terminal ;
- modifier l'instruction d'appel de non terminal, de façon à récupérer la traduction du non terminal ;
- appeler l'instruction `send` pour insérer du texte dans la chaîne produite.

7.1 Le programme d'exemple

Pour illustrer les différentes possibilités, on prend pour exemple une grammaire qui analyse les expressions arithmétiques, dont les opérandes sont des identificateurs, et dont les deux opérateurs sont l'addi-

tion et la multiplication (l'exemple s'étend facilement à d'autres opérateurs). Les parenthèses sont utilisées pour forcer le groupement.

L'analyseur lexical – non décrit – définit les symboles terminaux `idf !@lstring`, `+$`, `*$`, `$(` et `)$`.

L'analyseur syntaxique est le suivant :

```

syntax expSyntax {
  rule <expression> {
    <terme>
    repeat while $+$ ; <terme> ; end
  }
  rule <terme> {
    <facteur>
    repeat while $*$ ; <facteur> ; end
  }
  rule <facteur> {
    $idf$ ?*
  }
  rule <facteur> {
    $(
    <expression>
    )$
  }
}

```

La grammaire :

```

grammar expGrammar "LL1" {
  syntax expSyntax
  <expression>
}

```

La classe de la grammaire (ici `LL1`) n'a pas d'importance pour la traduction dirigée par la syntaxe : celle-ci fonctionne pour toutes les classes de grammaire.

Enfin, le lien entre l'extension des fichiers source et l'analyseur est réalisé par le code suivant :

```

case . "expression"
message "an '.expression' source file"
?@lstring inSourceFile {
  grammar expGrammar in inSourceFile
}

```

7.2 Activer la traduction dirigée par la syntaxe

Activer la traduction dirigée par la syntaxe indique à GALGAS d'engendrer le code supplémentaire qui prend en charge la traduction. L'activation doit être indiquée à la fois sur le composant `syntax` et le composant `grammar` en ajoutant la directive `%translate` dans chaque en-tête¹.

Pour le composant `syntax` :

```
syntax expSyntax %translate {  
    ...
```

Et pour la grammaire :

```
grammar expGrammar "LL1" %translate {  
    ...
```

Quand la traduction est activée, l'analyse d'un fichier construit une chaîne de caractères, et par défaut celle-ci est identique à la chaîne source. Par défaut, la chaîne construite est perdue, la section suivante va montrer comment l'obtenir.

7.3 Obtenir la chaîne traduite

La chaîne traduite est obtenue en modifiant l'instruction `grammar` (section 54.15 page 439). Comme on l'a vu, celle-ci est :

```
grammar expGrammar in inSourceFile
```

Obtenir la chaîne traduite s'exprime en utilisant l'opérateur `>` :

```
grammar expGrammar in inSourceFile > ?@string s
```

L'instruction déclare une variable `s` de type `@string` et lui affecte la chaîne traduite².

Par défaut, la chaîne traduite est identique à la chaîne source. Obtenir une chaîne différente est contrôlé par trois instructions :

- l'instruction d'appel de terminal, de façon à récupérer les informations relatives à l'occurrence du terminal;
- l'instruction d'appel de non terminal, de façon à récupérer la traduction du non terminal;
- l'instruction `send` pour insérer du texte dans la chaîne produite.

¹Dans le cas où les règles syntaxiques sont réparties dans plusieurs composants syntaxiques, l'activation doit être indiquée dans tous.

²Il existe des variantes pour exprimer l'obtention de la chaîne traduite, voir la description de l'instruction grammaire à la section 54.15 page 439.

7.4 Modifier l'instruction d'appel de terminal

Une instruction d'appel de terminal a l'allure suivante (par exemple pour `idf`) :

```
$idf$ ?*
```

Par défaut, cette instruction recopie à l'identique dans la chaîne produite deux informations :

- les séparateurs qui précèdent le terminal ;
- le terminal lui-même.

Prenons un exemple. On suppose que la chaîne source est : `@1@a+@2@b@3@`, les commentaires étant constitués des séquences `@...@`. Cet exemple considère des commentaires, mais il en est de même pour les séparateurs (espaces, retours à la ligne). La séquence des terminaux rencontrés lors de l'analyse de cette phrase est :

Instruction	Séparateurs précédant le terminal	Terminal
<code>\$idf\$?*</code>	<code>@1@</code>	<code>a</code>
<code>\$+\$</code>		<code>+</code>
<code>\$idf\$?*</code>	<code>@2@</code>	<code>b</code>

Le dernier commentaire (`@3@`), placé après le dernier symbole non terminal, est toujours ajouté à la fin de la chaîne produite.

Pour obtenir les deux informations attachés à chaque terminal³, on utilise l'opérateur `>` :

```
$idf$ ?* > ?@string separateur ?@string token
```

Cette écriture a pour effet que le séparateur précédant le terminal et le terminal lui-même ne sont plus transmis dans la chaîne traduite, mais affectés respectivement à `separateur` et à `token`.

On va prendre un exemple pour illustrer cette construction : produite une chaîne dont les identificateurs et les séparateurs qui les précèdent auront disparus. On modifie le composant `syntax` comme suit (il existe une expression plus simple de l'instruction `idf ?* > ?@string s ?@string t`, puisque `s` et `t` ne sont pas utilisés : c'est `idf ?* > ?* ?*`, décrite à la [section 55.1 page 454](#)) :

```
syntax expSyntax {
  rule <expression> {
    <terme> ;
    repeat while $+$ ; <terme> ; end
  }
  rule <terme> {
    <facteur> ;
    repeat while $*$ ; <facteur> ; end
  }
}
```

³Il existe d'autres variantes de cet opérateur, voir la description de l'instruction d'appel de terminal à la [section 55.1 page 454](#).

```

}
rule <facteur> {
  $idf$ ?* :> ?@string s ?@string t ;
}
rule <facteur> {
  $($ ;
  <expression> ;
  $)$ ;
}
}

```

Si la chaîne source est `@1@a+@2@b@3@`, alors la chaîne produite est `+@3@`.

Cette première instruction permet donc de ne pas transmettre les informations attachées un terminal. L'instruction `send`, décrite à la section suivante, va montrer comment insérer du texte dans la chaîne produite.

7.5 Insérer du texte : instruction send

L'instruction `send` a la syntaxe suivante (l'instruction `send` est décrite à la [section 55.6 page 456](#)) :

```
send exp
```

`exp` est une expression de type `@string`. Son comportement est simple : la valeur de l'expression chaîne de caractères est simplement transmise à la chaîne produite.

Par exemple, supposons que l'on veuille transformer les parenthèses en accolades ; on écrit le composant `syntax` comme suit (là encore, il existe une forme plus concise de l'instruction `$($:> ?@string s ?@string t`, puisque `t` est inutilisé : c'est `$($:> ?@string s ?*`, décrite à la [section 55.1 page 454](#)) :

```

syntax expSyntax {
  rule <expression> {
    <terme>
    repeat while $+$ <terme> end
  }
  rule <terme> {
    <facteur>
    repeat while $*$ <facteur> end
  }
  rule <facteur> {
    $idf$ ?*
  }
  rule <facteur> {
    $( $ :> ?@string s ?@string t ; send s . "{"

```

```

    <expression>
    ($) $ :> ?@string s ?@string t ; send s . "}"
  }
}

```

Mentionner `s` dans l'instruction `send` permet de transmettre les séparateurs qui précèdent les parenthèses. Ainsi à partir de la chaîne source `(@1@a+@2@b)@3@`, on obtient `{@1@a+@2@b}@3@`.

L'instruction `send` permet de reconstituer le comportement par défaut de l'instruction d'appel de terminal : par exemple, `$($:> ?@string s ?@string t ; send s + t` a le même effet que `$($`.

Attention, l'instruction `send` est une instruction syntaxique. Cela signifie que le code suivant est incorrect :

```

if condition then
  send A # Erreur
else
  send B # Erreur
end

```

L'analyse des instructions `send A` et `send B` déclenche une erreur ; en effet, les branches d'une instruction `if` ne peuvent contenir que des instructions sémantiques. Les instructions `send` ne peuvent figurer que directement dans des règles de production, soient dans les branches des instructions `select`, `repeat` ou `parse`. Pour contourner cette interdiction, écrire :

```

@string s
if condition then
  s = A
else
  s = B
end
send s

```

7.6 Modifier l'instruction d'appel de non-terminal

L'instruction d'appel de non terminal capture la chaîne obtenue par la dérivation de ce non terminal :

```

<expression>

```

Par défaut, cette chaîne est ajoutée à la chaîne produite.

Là encore, l'opérateur `:>` permet d'effectuer une interception. On écrit :

```

<expression> :> ?@string e

```

La chaîne obtenue par la dérivation du non terminal `<expression>` n'est pas ajoutée à la chaîne produite, mais affectée à la variable `e`. D'une manière analogue à l'instruction d'appel de terminal, l'instruction `send` permet de retrouver le comportement par défaut :


```
<expression> :> ?@string e ; send e
```

On utilise souvent cette construction pour ne pas transmettre la chaîne obtenue par la dérivation d'un non terminal ; par exemple, si on ne veut pas transmettre les expressions entre parenthèses, on modifie la dernière règle `facteur` en (ou encore : `<expression> :> ?*)` :

```
syntax expSyntax {  
  ...  
  rule <facteur> {  
    $($  
      <expression> :> ?@string e  
    $)$  
  }  
}
```

II

Composants

Chapitre 8

Le composant project

8.1	En-tête du fichier projet	100
8.2	Cibles de compilation	101
8.3	Déclaration %quietOutputByDefault	103
8.4	Déclaration des fichiers sources du projet	104

Le composant `project` permet de paramétrer un projet GALGAS. Il doit être placé dans un fichier source particulier, d'extension « `.galgasProject` ». Sont déclarés dans un fichier projet :

- la version du projet (dans l'en-tête : [section 8.1 page 100](#));
- le nom des exécutables engendrés (dans l'en-tête : [section 8.1 page 100](#));
- les cibles de compilation : [section 8.2 page 101](#) ;
- les fichiers sources : [section 8.4 page 104](#).

Voici un exemple de composant projet :

```
project (1:2:3) -> "logo" {  
  #--- Targets  
  %makefile-macosx  
  %makefile-unix  
  %makefile-x86linux32-on-macosx  
  %makefile-x86linux64-on-macosx  
  %makefile-win32-on-macosx  
  %makefile-msys32-on-windows  
  %Mavericks  
  %applicationBundleBase : "fr.what"  
  %codeblocks-windows  
  %codeblocks-mac
```

```
#--- Source files
"galgas-sources/logo-lexique.galgas"
"galgas-sources/logo-options.galgas"
"galgas-sources/logo-semantics.galgas"
"galgas-sources/logo-syntax.galgas"
"galgas-sources/logo-grammar.galgas"
"galgas-sources/logo-cocoa.galgas"
"galgas-sources/logo-program.galgas"
}
```

8.1 En-tête du fichier projet

L'en-tête d'un projet définit deux informations :

- la version du projet;
- le nom des exécutables engendrés.

8.1.1 Version du projet

```
project (1:2:3) -> "logo" {
    ...
}
```

La version du projet apparaît sous la forme d'un triplet qui suit le mot-clé `project` : `1:2:3` dans le code ci-dessus. C'est ce triplet (sous la forme `1.2.3`) qui apparaît lorsque l'on invoque l'option `--version` sur l'utilitaire ligne de commande engendré. Dans le code, cette information peut être obtenu par le [constructeur `projectVersionString` du type `@application` – page 153](#).

8.1.2 Nom des exécutables engendrés

```
project (1:2:3) -> "logo" {
    ...
}
```

Le nom des exécutables engendrés est fixé par la chaîne de caractères qui apparaît dans l'en-tête : `logo` dans l'exemple ci-dessus. Les exécutables compilés en mode *release* portent directement ce nom, ceux compilés en mode *debug* portent ce nom augmenté du suffixe « `-debug` » : `logo-debug`.

8.2 Cibles de compilation

GALGAS peut engendrer des cibles de compilation pour Mac, Linux et Windows. Les outils engendrés sont des *utilitaires en ligne de commande*, sauf sur Mac où une application Cocoa peut être engendrée.

8.2.1 Cibles pour Linux

Deux choix sont possibles :

- `Code::Blocks`;
- compilation en ligne de commande.

8.2.1.1 `Code::Blocks` pour Linux

L'option `%codeblocks-linux32` engendre une cible qui peut être compilée sur Linux 32 bits, et `%codeblocks-linux64` une cible compilable sur Linux 64 bits, en utilisant `Code::Blocks`¹.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %codeblocks-linux32  
    ...  
}
```

8.2.1.2 Compilation en ligne de commande pour Linux

La déclaration `%makefile-unix` engendre une cible qui peut être compilée indifféremment sur Linux ou sur Mac. L'exécutable engendré est un exécutable 32 bits sur un Linux 32 bits, et un 64 bits sur un Linux 64 bits.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %makefile-unix  
    ...  
}
```

8.2.2 Cibles pour Mac

Comme GALGAS est développé sur Mac, c'est pour cette plateforme que l'on trouve le plus grand nombre de cibles :

- application Cocoa;
- compilation via `Code::Blocks`;

¹<http://www.codeblocks.org>

- compilation en ligne de commande;
- cross-compilation pour Win32;
- cross-compilation pour Linux32;
- cross-compilation pour Linux64.

8.2.2.1 Application Cocoa

Cette cible est l'objet du [chapitre 9 à partir de la page 105](#).

8.2.2.2 Compilation en ligne de commande pour Mac

La déclaration `%makefile-macosx` engendre une cible pour obtenir un exécutable en ligne de commande sur Mac. Note : on peut aussi utiliser `%makefile-unix`.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %makefile-macosx  
    ...  
}
```

8.2.2.3 Code::Blocks pour Mac

L'option `%codeblocks-mac` engendre une cible qui peut être compilée sur Mac en utilisant Code::Blocks².

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %codeblocks-linux32  
    ...  
}
```

8.2.2.4 Cross-compilation en ligne de commande pour Win32

La déclaration `%makefile-win32-on-macosx` engendre une cible pour obtenir sur Mac un exécutable en ligne de commande pour win32. À la première cross-compilation, le cross-compilateur est téléchargé à partir du site `rts-software` et placé dans le répertoire `~/galgas-tools-for-cross-compilation`.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %makefile-win32-on-macosx  
    ...  
}
```

²<http://www.codeblocks.org>

8.2.2.5 Cross-compilation en ligne de commande pour Linux32

La déclaration `%makefile-x86linux32-on-macosx` engendre une cible pour obtenir sur Mac un exécutable en ligne de commande pour Linux 32 bits sur x86. À la première cross-compilation, le cross-compilateur est téléchargé à partir du site `rts-software` et placé dans `~/galgas-tools-for-cross-compilation`.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %makefile-x86linux32-on-macosx  
    ...  
}
```

8.2.2.6 Cross-compilation en ligne de commande pour Linux64

La déclaration `%makefile-x86linux64-on-macosx` engendre une cible pour obtenir sur Mac un exécutable en ligne de commande pour Linux 64 bits sur x86. À la première cross-compilation, le cross-compilateur est téléchargé à partir du site `rts-software` et placé dans `~/galgas-tools-for-cross-compilation`.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %makefile-x86linux64-on-macosx  
    ...  
}
```

8.2.3 Cible pour Windows : CodeBlocks

Sur Windows, la compilation C++ du projet engendré s'effectue avec Code::Blocks³. La cible est engendrée par la déclaration `%codeblocks-windows`.

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    %codeblocks-windows  
    ...  
}
```

8.3 Déclaration %quietOutputByDefault

À partir de la version 3.1.4, GALGAS et les exécutables engendrés par GALGAS sont verbeux par défaut, c'est-à-dire que leur exécution affiche sur le terminal de nombreuses informations sur le déroulement de l'exécution, comme par exemple la mise à jour ou la création de fichiers. L'option de la ligne de commande `quiet` (section 2.2 page 64) permet d'inhiber l'émission de ces messages.

On peut inverser ce comportement en faisant figurer `%quietOutputByDefault` parmi les déclarations du fichier projet :

³<http://www.codeblocks.org>

```
project (0:0:1) -> "logo" {  
    ...  
    %quietOutputByDefault  
    ...  
}
```

Dans ce cas, l'exécutable engendré par GALGAS est silencieux par défaut, et bavard grâce à l'option de la ligne de commande *verbose* ([section 2.2 page 64](#)).

En résumé :

- par défaut, sans l'option `%quietOutputByDefault` parmi les déclarations du fichier projet, l'exécutable est bavard par défaut, et l'option de la ligne de commande *quiet* permet de le rendre silencieux; l'option de la ligne de commande *verbose* n'existe pas;
- si l'option `%quietOutputByDefault` est présente parmi les déclarations du fichier projet, l'exécutable est silencieux par défaut, et l'option de la ligne de commande *verbose* permet de le rendre bavard; l'option de la ligne de commande *quiet* n'existe pas.

Une conséquence est que ni la présence de l'option *quiet* ni la présence de l'option *verbose* ne peuvent être testées par la construction `[option nom_composant_option.nom_option nom_info]` (voir [section 53.1.16 page 406](#)). Il faut utiliser le [constructeur `verboseOutput` du type `@application` – page 161](#).

8.4 Déclaration des fichiers sources du projet

Deux types de fichiers sources peuvent être déclarés :

- des fichiers sources GALGAS;
- des fichiers sources C++.

Un fichier source est déclaré sous la forme d'une chaîne de caractères qui définit son chemin :

- le chemin est absolu si il commence par un « / »;
- sinon il est relatif au répertoire qui contient le fichier projet;
- l'extension du chemin définit le type : « .galgas » pour un source GALGAS, « .cpp » pour un source C++.

Les sources GALGAS déclarés sont inclus dans la compilation GALGAS. L'ordre dans lequel apparaissent ces fichiers n'a pas d'importance sémantique, il définit simplement l'ordre dans lesquels les analyses lexicale et syntaxique sont effectuées.

Les sources C++ déclarés sont ignorés par la compilation GALGAS, et sont simplement ajoutés à la liste des fichiers C++ à compiler.

Chapitre 9

Projet Xcode et application Cocoa

9.1	Paramétrage du projet GALGAS	105
9.2	Projet Xcode engendré	112
9.3	Définir des icônes pour votre application Cocoa	112
9.4	Indexation des fichiers sources	113

Vous pouvez demander à GALGAS d'engendrer un projet Xcode, qui contiendra :

- le compilateur en version *release* sous la forme d'un utilitaire en ligne de commande ;
- le compilateur en version *debug* sous la forme d'un utilitaire en ligne de commande ;
- une application Cocoa permettant d'appeler les deux utilitaires.

9.1 Paramétrage du projet GALGAS

Pour engendrer un projet Xcode, il y a deux attributs obligatoires, et un attribut optionnel :

- un premier attribut obligatoire qui définit le OSX SDK et la version système cible ([section 9.1.1 page 105](#));
- un second attribut obligatoire `%applicationBundleBase` ([section 9.1.2 page 106](#));
- un attribut optionnel `%macCodeSign`, qui définit comment est signé l'application OS X engendrée ([section 9.1.3 page 106](#)).

9.1.1 Attribut définissant le OSX SDK et la version système cible

Pour engendrer un projet Xcode, il vous suffit d'ajouter une déclaration telle que `%Lion` dans votre fichier projet (d'extension `.galgasProject`, voir [chapitre 8 à partir de la page 99](#)). Par exemple :

Option	Version SDK Mac OS	Version de déploiement	Gestion mémoire
<code>%SnowLeopard</code>	SnowLeopard (10.6)	10.6	<i>Garbage Collector</i>
<code>%Lion</code>	Lion (10.7)	10.7	<i>ARC</i>
<code>%MountainLion</code>	Mountain Lion (10.8)	10.8	<i>ARC</i>
<code>%Mavericks</code>	Mavericks (10.9)	10.9	<i>ARC</i>
<code>%Yosemite</code>	Yosemite (10.10)	10.10	<i>ARC</i>
<code>%YosemiteElCapitan</code>	El Capitan (10.11)	10.10	<i>ARC</i>
<code>%ElCapitan</code>	El Capitan (10.11)	10.11	<i>ARC</i>
<code>%Sierra</code>	Sierra (10.12)	10.12	<i>ARC</i>
<code>%ElCapitanSierra</code>	Sierra (10.12)	10.11	<i>ARC</i>
<code>%LatestMacOS</code>	—	—	—

Tableau 9.1 – Options du projet GALGAS indiquant la version Mac OS

```
project (0:0:1) -> "logo" {
  %Lion
  %applicationBundleBase : "fr.what"
  ...
}
```

Vous pouvez aussi utiliser l'option `--macosx=n` (section 2.5 page 65). Attention, cette option ne vous dispense pas de préciser `%applicationBundleBase`.

Un projet Xcode définit la version de Mac OS pour laquelle il va être compilé : ainsi, `%Lion` définit la version Lion (10.7). Le [tableau 9.1](#) liste les différents options possibles. GALGAS fixe la version indiquée dans le projet Xcode, et il faut ensuite que la version de Xcode utilisée soit compatible avec ce réglage. L'option `%LatestMacOS` correspond au réglage correspondant du projet Xcode engendré. Quand `%SnowLeopard` est sélectionné, l'application Cocoa engendrée utilise le *garbage collector*. Sinon, elle adopte l'*Automatic Reference Counting* (ARC).

9.1.2 Attribut `%applicationBundleBase`

Il y a un second attribut obligatoire à ajouter dans le projet GALGAS : `%applicationBundleBase`. Celle-ci fixe le *Bundle Identifier* de l'application Cocoa. À la chaîne définie dans l'option (ici `"fr.what"`) est ajouté le nom du projet (défini dans l'en-tête, ici `"logo"`), précédé par un point : le *Bundle Identifier* est donc `fr.what.logo`.

9.1.3 Attribut `%macCodeSign`

Par défaut, l'application engendrée par Xcode n'est pas signée. Cela signifie qu'elle tournera sur le système et la machine où elle a été compilée, mais peut-être pas sur un autre système et / ou une autre machine.

L'attribut `%macCodeSign` permet de préciser comment Xcode va signer l'application.

Dans la version actuelle de GALGAS, l'attribut `%macCodeSign` permet de signer l'application avec votre compte Mac Developer, ou un certificat défini dans le *Trousseau d'accès*, par exemple un certificat auto-signé.

L'attribut `%macCodeSign` doit être associé à une chaîne de caractères, qui comprend deux éléments séparés par un « : » :

```
%macCodeSign = "MacDeveloper:ZW8HY75J3X"
```

ou

```
%macCodeSign = "Certificate:John Egg Smith"
```

Le premier correspond au certificat associé à votre compte Mac Developer, le second à un certificat détenu dans le *Trousseau d'accès* (« Key Chain »).

Manifestement, Apple recommande de signer l'application par votre compte Mac Developer : l'interface de Xcode 8 ne permet pas de signer une application avec un certificat auto-signé, mais accepte un projet contenant cette signature.

Les chaînes `ZW8HY75J3X` et `John Egg Smith` sont juste des exemples, il faut que vous utilisiez des valeurs valides.

Pour obtenir la chaîne associée à votre compte Mac Developer, vous avez plusieurs possibilités :

- utiliser l'utilitaire `certtool` ([section 9.1.3.1 page 107](#));
- utiliser l'application *Trousseaux d'accès* ([section 9.1.3.2 page 108](#));
- signer l'application dans le projet Xcode engendré, et observer sa description dans un éditeur de texte : [section 9.1.3.3 page 108](#).

La [section 9.1.3.4 page 110](#) montre comment définir un certificat auto-signé.

Une fois que l'attribut `%macCodeSign` aura été défini, vous pourrez effectuer la compilation GALGAS de votre projet. Compiler le projet Xcode engendrera une application signée. On pourra le vérifier, comme expliqué à la [section 9.1.4 page 111](#).

9.1.3.1 Utilitaire `certtool`

Sur Mac OS X, l'utilitaire `certtool` permet de manipuler les certificats. L'option `y` permet de les afficher. Entrer dans le terminal :

```
certtool y
```

L'exécution de la commande affiche sur le terminal une grande quantité de lignes dans lesquelles il faut rechercher le certificat correspondant à votre compte Mac Developer. On peut faciliter ce travail en redirigeant la sortie de la commande dans un fichier :

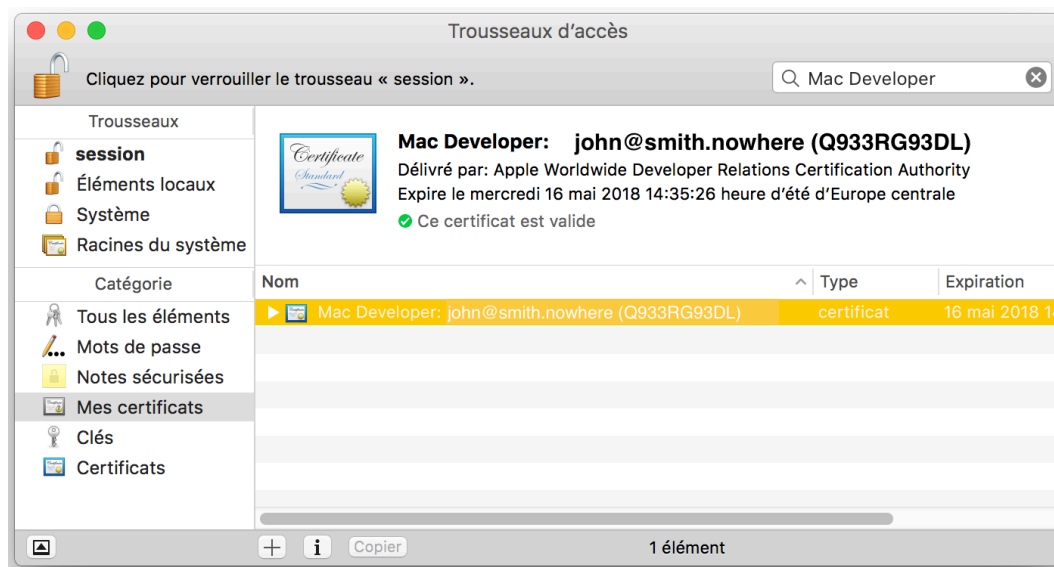


Figure 9.1 – Application Trousseaux d'accès

```
certtool y > certificats.txt
```

Rechercher dans la sortie de la commande la chaîne `Mac Developer`. Vous la trouvez associée avec l'adresse électronique de votre compte développeur (ici `john@smith.nowhere`) :

```
Subject Name      :
Other name        : 9ZED6TWL8M
Common Name       : Mac Developer: john@smith.nowhere (Q933RG93DL)
OrgUnit           : ZW8HY75J3X
Org               : JOHN SMITH
Country           : US
```

La chaîne recherchée apparaît associée à l'entrée `OrgUnit`.

9.1.3.2 Application Trousseaux d'accès

L'application *Trousseaux d'accès* («Keychain Access») permet de retrouver les certificats; ouvrir l'application, sélectionner dans la barre latérale `Mes certificats`, et, éventuellement, entrer `Mac Developer` dans la zone recherche. Le certificat recherché doit apparaître comme l'indique la [figure 9.1](#). Double-cliquer pour en avoir le détail : [figure 9.2](#). La chaîne recherchée apparaît associée à l'entrée `Unité d'organisation`.

9.1.3.3 Signature dans Xcode

On peut utiliser Xcode pour retrouver la chaîne recherchée. Pour cela, on va modifier le projet Xcode engendré pour signer l'application engendrée.

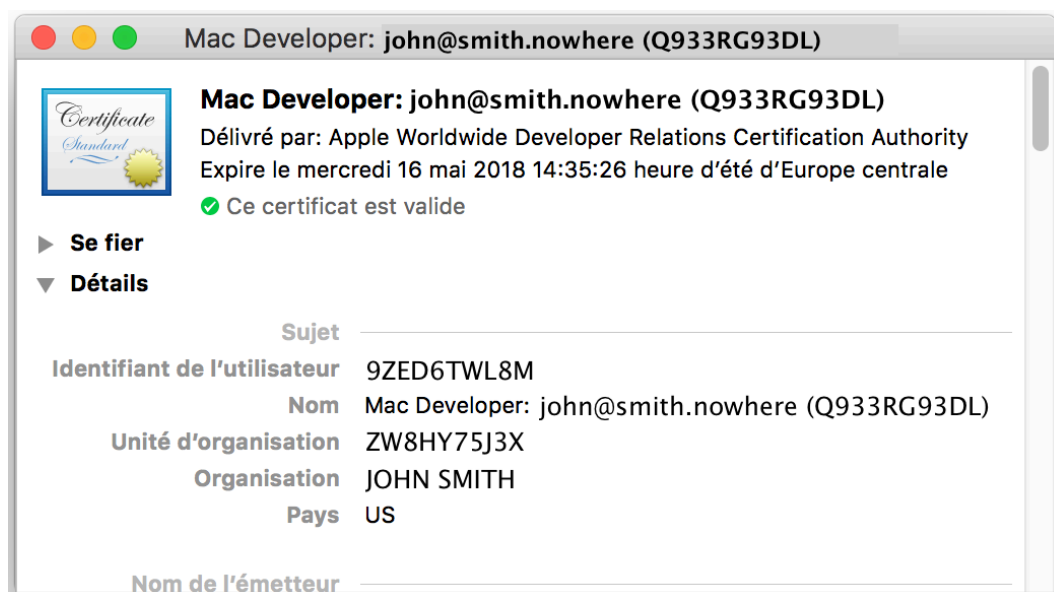


Figure 9.2 – Détail du certificat

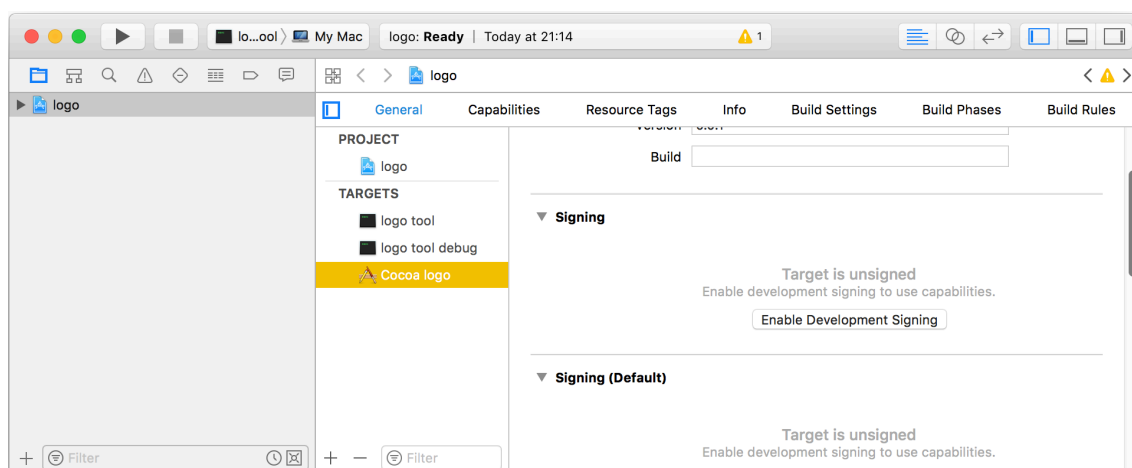


Figure 9.3 – Projet Xcode sans signature

Évidemment, toute modification de Xcode pourra être écrasée par une recompilation GALGAS du projet : on n'utilise donc la modification du projet juste pour découvrir la chaîne recherchée.

Ouvrir donc le projet Xcode, sélectionner `logo` dans la barre latérale gauche, puis la cible (dans « TARGETS ») `Cocoa logo`, puis l'onglet `General`, et repérer le bloc `Signing` : figure 9.3. Cliquez alors sur « Enable Development Signing », de façon à aboutir à la figure 9.4.

Maintenant, fermer Xcode. Le fichier projet Xcode `logo.xcodeproj` est en fait un répertoire. Pour afficher son contenu, effectuer un clic secondaire sur l'icône de `logo.xcodeproj`, et sélectionner dans le menu contextuel qui apparaît l'item « Afficher le contenu du paquet » (figure 9.5.a) ; la fenêtre qui apparaît (figure 9.5.b) montre le contenu de paquet. Le fichier qui nous intéresse est `project.pbxproj`. Ce fichier est un fichier texte seul, ouvrez-le avec un éditeur de texte. Repérer la ligne définissant le paramètre

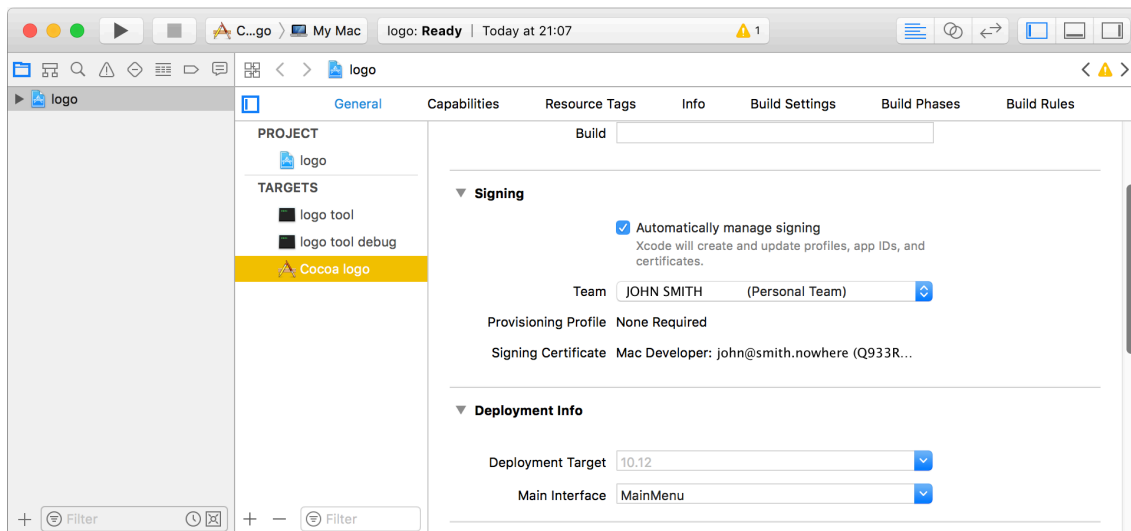
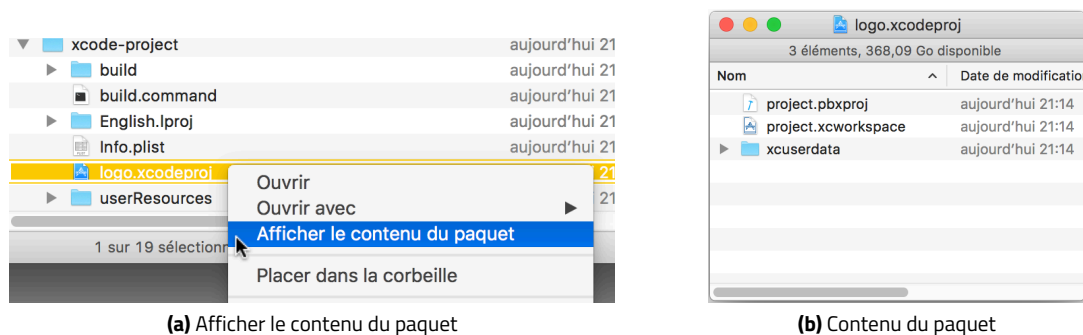


Figure 9.4 – Signature à partir du projet Xcode



(a) Afficher le contenu du paquet

(b) Contenu du paquet

Figure 9.5 – Afficher dans le Finder le contenu du paquet projet Xcode

DEVELOPMENT_TEAM :

```
DEVELOPMENT_TEAM = ZW8HY75J3X;
```

La valeur associée au paramètre `DEVELOPMENT_TEAM` est la chaîne recherchée : ZW8HY75J3X.

9.1.3.4 Définir un certificat auto-signé

Pour définir un certificat auto-signé, appeler l'application « *Trousseaux d'accès* » (« *Keychain Access* »). Ensuite, sélectionner dans le menu de l'application `Assistant de certification -> Créer un certificat...`, comme indiqué à la [figure 9.6.a](#). Ensuite, dans la fenêtre qui apparaît ([figure 9.6.b](#)), entrer le nom que vous allez donner au certificat (ici « John Egg Smith »), sélectionner pour le `Type d'identité` « Racine auto-signée », et pour `Type de certificat` « Signature de code ». Terminer la création en cliquant sur `Créer`.

Le nom que vous avez donné au certificat est important, c'est lui que vous allez utiliser pour l'attribut

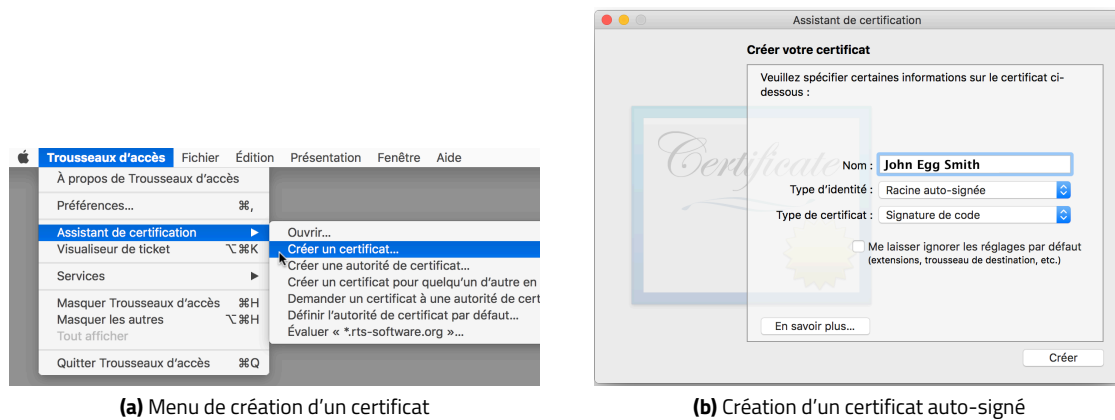


Figure 9.6 – Certificat auto-signé

`%macCodeSign` (respecter absolument la casse et les espaces) :

```
%macCodeSign = "Certificate:John Egg Smith"
```

9.1.4 Vérifier la signature d'une application

Pour vérifier la signature d'une application, on peut utiliser l'outil `spctl`. Dans le terminal, exécutez :

```
spctl -a -t exec -vv chemin.app
```

Où `chemin.app` est le chemin vers l'application que la compilation du projet Xcode a créé.

Si l'application a été signée par le compte Mac Developer, l'exécution de la commande affiche :

```
chemin.app: accepted
override=security disabled
origin=Mac Developer: john@smith.nowhere (Q933RG93DL)
```

Si l'application a été signée par un certificat auto-signé, l'exécution de la commande affiche :

```
chemin.app: accepted
override=security disabled
origin=John Egg Smith
```

Si l'application n'a pas été signée, l'exécution de la commande :

```
chemin.app: accepted
source=no usable signature
override=security disabled
```

Fichier ou répertoire	Rôle
<code>build.command</code>	Effectue la compilation Xcode, callable via une commande <i>Shell</i>
<code>Info.plist</code>	Informations pour l'application Cocoa
<code>English.lproj</code>	Informations pour l'application Cocoa
<code>userResources</code>	Permet d'associer des icônes aux fichiers sources de votre compilateur, ainsi qu'à l'application Cocoa engendrée (voir section 9.3 page 112)

Tableau 9.2 – Fichiers et répertoires relatifs au projet Xcode

9.2 Projet Xcode engendré

Quand le projet GALGAS est compilé, un répertoire `xcode-project` directory est créé, et contient :

- le fichier projet Xcode;
- un fichier `build.command` ;
- un fichier `Info.plist` ;
- un répertoire `English.lproj` ;
- un répertoire `userResources` .

Le rôle de chacun est précisé par le [tableau 9.2](#). Ne pas modifier ces fichiers et répertoires à la main, une compilation GALGAS supprimerait vos changements. La seule exception est le contenu du répertoire `userResources` qui n'est pas modifié par les compilations GALGAS.

9.3 Définir des icônes pour votre application Cocoa

Vous pouvez définir :

- une icône pour l'application Cocoa;
- une icône particulière pour chaque type de fichier source.

Le nom de chaque fichier d'icône fixe son rôle :

- pour l'application Cocoa, le fichier d'icône doit s'appeler `application_icns.icns` ;
- pour chaque type de fichier source, le nom est basé sur l'extension du fichier : si celui-ci est par exemple `.logo` , le fichier d'icônes doit s'appeler `logo_icns.icns` .

Ces fichiers d'icônes doivent être placés dans le répertoire `userResources` , et il faut ensuite refaire une compilation GALGAS pour que ces fichiers soient ajoutés au projet Xcode.

En résumé :

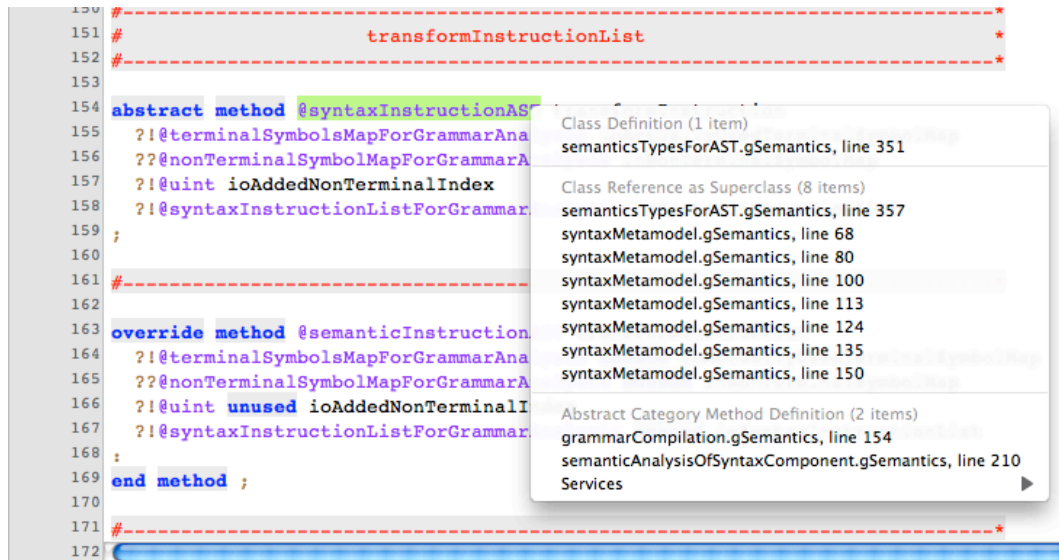


Figure 9.7 – Indexation et références croisées dans l'application CocoaGalgas

1. concevoir les fichiers d'icônes, en fixant leur nom comme indiqué ci-dessus ;
2. placer ces icônes dans le répertoire `userResources` ;
3. effectuer une compilation GALGAS : celle-ci met à jour le projet Xcode, en ajoutant les fichiers d'icônes au *target* Cocoa ;
4. recompiler le *target* Cocoa du projet Xcode : les icônes sont prises en compte.

9.4 Indexation des fichiers sources

Vous pouvez configurer votre projet GALGAS pour que l'application Cocoa engendrée établisse une indexation et des références croisées : un `cmd-click` affiche un menu contextuel. Cette indexation est basée sur l'analyse syntaxique. C'est ce qui a été fait pour l'application CocoaGalgas (figure 9.7 page 113). On voit dans le menu contextuel trois classes d'index : `Class Definition`, `Class Reference as Superclass` et `Abstract Category Method Definition` ; au dessous, les références croisées correspondantes.

Pour configurer votre projet, vous avez à modifier le composant *lexique*, le composant *syntax*, le composant *grammar*, et la règle d'analyse du fichier source. Les cinq modifications sont présentées successivement ci-après, en prenant comme exemple le langage LOGO (section 1.2 page 35).

9.4.1 En tête du composant lexique

Il faut modifier l'en-tête, en ajoutant la déclaration `indexing in` :

```
lexique logo_lexique indexing in "INDEXING" {
    ...
}
```

La chaîne "INDEXING" définit le nom du répertoire qui contient les fichiers cache de l'indexation. Ce répertoire est relatif au répertoire qui contient le fichier source.

Note : si vous effectuez maintenant la compilation GALGAS, vous obtiendrez une erreur sur la définition de la grammaire, indiquant qu'elle doit aussi indiquer la prise en compte de l'indexation.

9.4.2 En tête du composant grammar

Il suffit de préfixer par `indexing` l'en-tête du composant `grammar` :

```
indexing grammar logo_grammar ... {
    ...
}
```

Note : maintenant, la compilation GALGAS s'effectue sans erreur.

9.4.3 Règle d'analyse des fichiers sources

La règle d'analyse des fichiers source doit mentionner dans l'en-tête la grammaire utilisée pour l'analyse (pour l'exemple du langage LOGO, c'est le rôle de la troisième ligne `grammar logo_grammar`).

```
case . "logo"
message "a source text file with the .logo extension"
grammar logo_grammar
[sourceFilePath:@lstring inSourceFile {
    grammar logo_grammar in inSourceFile
}]
```

Quand le mode d'exécution (absence de l'option `--mode`) est le mode par défaut, les instructions de la règle sont exécutées. Ci-dessus, la seule instruction est l'instruction `grammar logo_grammar in inSourceFile` (ligne 5).

Quand le mode d'exécution (présence de l'option `--mode`) n'est pas le mode par défaut, les instructions de la règle ne sont pas exécutées, et les opérations sont guidées par la grammaire indiquée ligne 3. Dans le cas de l'indexation, l'exécution construit l'indexation du fichier source.

9.4.4 Déclaration des classes d'index

La déclaration des classes d'index s'effectue dans l'analyseur lexical. Dans la cadre du langage d'exemple LOGO, on veut simplement indexer les routines, plus précisément l'endroit de leur définition, et les endroits où elles sont appelées. On définit donc deux classes d'index `routineDefinition` et `routineCall` . À chaque déclaration est associée une chaîne de caractères, qui sera le titre affiché dans le menu contextuel.

```

lexique logo_lexique indexing in "INDEXING" {
    ...
    indexing routineDefinition : "Routine Definition"
    ...
    indexing routineCall : "Routine call"
    ...
}

```

Ces définitions peuvent être placées à tout endroit dans la définition de l'analyseur lexical.

9.4.5 Définition des entrées indexées

L'analyseur syntaxique va être complété de façon à définir les symboles qui seront indexés. Plus précisément, c'est l'instruction d'analyse de symbole terminal qui est modifiée.

Considérons d'abord la déclaration de routine. La règle de l'analyseur syntaxique qui définit cette analyse est :

```

rule <routine_definition> {
    $ROUTINE$
    $identifiant$ ?let routineName
    $BEGIN$
    <instruction_list>
    $END$
}

```

Le nom de la routine est défini par l'instruction `$identifiant$?let routineName` : on la modifie alors de façon à signifier que l'identificateur doit être indexé comme une définition de routine :

```

rule <routine_definition> {
    $ROUTINE$
    $identifiant$ ?let routineName indexing routineDefinition
    $BEGIN$
    <instruction_list>
    $END$
}

```

Maintenant, l'instruction d'appel de routine :

```

rule <instruction> {
    select
        $CALL$
        $identifiant$ ?let @lstring routineName
        $;$
    or
        ...
    end
}

```

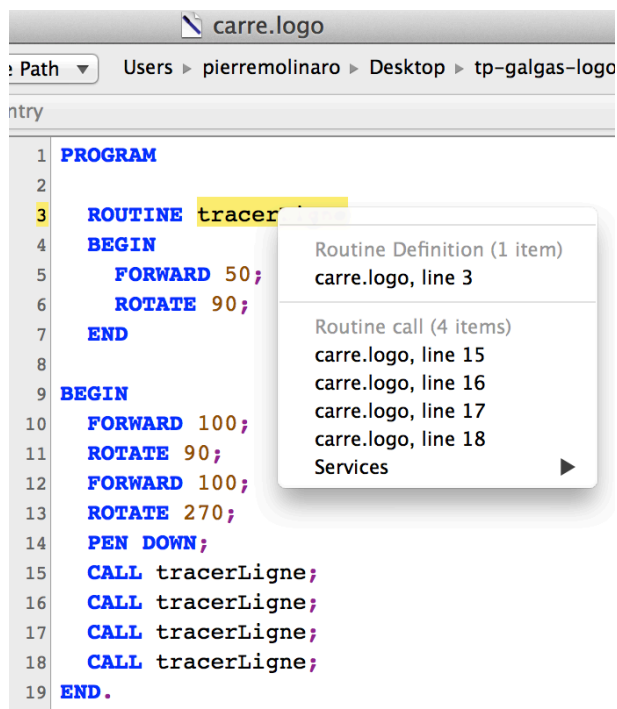


Figure 9.8 – Exemple d’indexation en LOGO

```
}
```

On modifie de manière analogue l’instruction `$identifiant$?let @lstring routineName` :

```

rule <instruction> {
  select
    $CALL$
    $identifiant$ ?let @lstring routineName indexing routineCall
    $;$
  or
    ...
  end
}

```

9.4.6 Compilation et essai

Les modifications sont terminées. Vous pouvez recompiler votre projet (compilation GALGAS puis compilation de la cible Cocoa du projet Xcode). La [figure 9.8](#) montre le résultat obtenu en effectuant un `cmd-click` sur le nom de la routine.

Chapitre 10

Le composant lexique

10.1	Définition d'un composant lexique	117
10.2	Comment opère un analyseur lexical	118
10.3	Ambiguïtés lexicales	119
10.4	Un exemple	119
10.5	Déclarations lexicales	120
10.6	Règles lexicales	122
10.7	Instructions lexicales	123
10.8	Routines lexicales prédéfinies	126
10.9	Fonctions lexicales prédéfinies	133
10.10	Définir vos propres actions et fonctions lexicales	134
10.11	Exemples d'analyseurs lexicaux	135
10.12	<i>Back tracking</i> avec les instructions tag et rewind	137
10.13	Ajouter la coloration lexicale (sur Mac uniquement)	139

Le rôle d'un analyseur lexical est de grouper les caractères de la chaîne d'entrée en *symboles terminaux*, ou encore *terminaux*, en écartant les séparateurs comment les espaces ou les commentaires.

En GALGAS, un analyseur lexical est défini par un composant **lexique**. Les composants **syntax**, qui définissent un ensemble de règles de production, font référence à un composant **lexique**.

10.1 Définition d'un composant lexique

En GALGAS, un composant **lexique** a la structure suivante :

```
lexique nom {  
    declarations  
}
```

Le **nom** est le nom donné au composant; il est utilisé pour référencer le composant **lexique** dans un composant **syntax**.

Un composant **lexique** peut contenir les déclarations suivantes :

- déclaration d'attribut lexical;
- déclaration d'un symbole terminal;
- déclaration d'une liste de symboles terminaux;
- déclaration d'un message d'erreur lexical;
- déclaration d'un style;
- déclaration de règles d'analyse.

Un *attribut lexical* contient la valeur associée à un symbol terminal : par exemple, la valeur entière d'une constante entière, la valeur chaîne de caractères d'un identificateur ou d'une constante chaîne de caractères, ...

In GALGAS, all terminal symbols must be declared either by a *//single terminal symbol declaration//*, either by a *//list of terminal symbols declaration//*. This defines the set of defined terminal symbols of your grammar.

Lexical error messages need also to be explicitly declared by *//lexical error message declaration//*.

A *//style declaration//* declares a style identifier, for defining automatic coloring in a text editor. Currently, coloring is only available for Mac OS X Cocoa applications.

The order of declarations is not significant, but any entity must be declared before being used.

==== Lexical Rules Overview ==== The *//lexical rules//* define the executable part of a lexical component. Every lexical rule define *//matching strings//* that are tested against substring from current location in input string. A matching string has a one character or more.

10.2 Comment opère un analyseur lexical

You can consider the lexical analyzer as an autonomous thread which analyzes the input string and which sends the sequence of the terminal symbols to the parser. Of course, for efficiency, the lexical analyzer is actually a parser subroutine.

The flowchart of a GALGAS lexical analyzer execution is :

how_works_a_lexical_analyzer.png

When the input string is loaded from source file, a "NUL" character is appended as End Of String (eos) mark.

During execution, the lexical analyzer maintains a *//current location//* that designates the next character of the input string to be analyzed. Initially, current location points out the first character of the input string.

The lexical analyzer loops until the end of input string is reached. At the beginning of every loop, lexical attributes are reset to their default value.

Then, the first lexical rule matching expressions are tested against substring at current location in input string: * on match success, the first lexical rule is executed; usually, this execution sends a terminal symbol to the parser; however, in some cases as parsing a delimiter or a comment, no terminal symbol is sent; * on match failure, the lexical analyzer tries to find a match with the second lexical rule, and so on.

If no lexical rule matches, the character at current location is tested against eos character. On match success, the lexical analyzer sends once a predefined terminal symbol (denoted by "

") to the parser, for telling it the end of input string is reached. On match failure, the //unknown character// lexical error is raised. The character at current location is discarded, that is the current location points out the next character of the input string.

10.3 Ambiguïtés lexicales

GALGAS does not currently check that the set of lexical rules is unambiguous. So, if the set is unambiguous, the rule order is not significant; if two or more rules introduce an ambiguity, the first defined one is used.

10.4 Un exemple

This is very simple scanner, from "galgas/samples/notSLRgrammar.ggs" :

```
|"**lexique** my_scanner_for_not_SLR_grammar :
#— Identifiers

id
error **message** **rule** 'a' -> 'z' | 'A' -> 'Z' :
send
id
;
**end** **rule** ;
#— Delimiters
**list** delimitersList error **message** **rule** **list** delimitersList;
#— Separators
**rule** '\1' -> **end** **rule** ;
**end** **lexique** ;"
```

This **lexique** component defines the following set of terminal symbols : "

id

" (explicitly declared), "

=

" and "

*

" (declared by "delimitersList" list.

The first rule sends the "

id

" terminal symbol each time a lower case or upper case character is found. The second rule names the "delimitersList" list and sends the "

=

" or "

*

" terminal symbol each time the corresponding character is found. The last rule discards silently the space character and any control character.

Note that this scanner considers identifiers of only one character : "ab" is scanned as two consecutive identifiers.

===== Finding Sample Code =====

You can find examples of **lexique** components in : * "galgas/sample/alt_sample.ggs" file; this is a very basic scanner that handles one-letter identifier and four delimiters; * "galgas/sample/arith_expression.ggs" file (for scanning literal integers); * "galgas/sample/test_LR1_grammar.ggs" file gives an example of a small scanner for "toy" parser; * "galgas/galgas/galgas_sources/galgas_scanner.ggs" file : this is the actual scanner of the GALGAS language, and scans identifiers, keywords, delimiters, literal integers, literal characters, literal character strings, galgas type names (the '@' character followed by a sequence of letters), comments, ...

10.5 Déclarations lexicales

10.5.1 Déclaration d'un symbole terminal

The `//single terminal symbol declaration//` declares a name used for naming a terminal symbol. This declaration just performs declaration, not scanning. For sending this terminal symbol to the parser, it must be named in a "send" lexical instruction within a lexical rule.

The declaration associates to the terminal symbol a possibly empty list of lexical attributes and a syntax error message (not a `//lexical//` error message), defined by a character string.

First example :

```
["$literal_integer$ error **message**
```

This declaration names no lexical attribute. Consequently, when the lexical send instruction "send \$literal_integer\$;" will be called from a lexical rule, only the terminal symbol will be sent to the parser, but not the literal integer value. The parser has no way to get the actual value : all integer values share the same terminal symbol. It is sufficient for a pure parser, however a real compiler needs the actual value.

Second example :


```
|"@uint unsignedValueAttribute;
$literal_integer$!unsignedValueAttribute error **message**
```

In this declaration, the "unsignedValueAttribute" attribute is named in the terminal symbol declaration. So, when the lexical send instruction "send \$literal_integer\$;" will be called from a lexical rule, the terminal symbol will be sent to the parser together with the unsigned value of the "unsignedValueAttribute" attribute, enabling the semantic instructions to catch it.

10.5.2 Déclaration d'une liste de symboles terminaux

The *//list of terminal symbol declaration//* associates to a name a list of terminal symbols with a generic syntax error message. It is typically used for declaring the keywords and the delimiters.

An example of key words declaration :

```
|"**list** keywordList error **message**
```

The declared terminal symbols are : "\$if\$", "\$then\$", "\$else\$". The actual syntax error message is built from generic error message by replacing "

An other example is a delimiter list declaration :

```
|"**list** delimiterList error **message**
```

Actual scanning of a delimiter is done by a "***rule** **list**" lexical instruction.

10.5.3 Déclaration d'un attribut terminal

Lexical attributes carry values associated with terminal symbol. GALGAS handles string, unsigned, character, float lexical attributes. Every lexical attribute needs to be declared and its declaration names a GALGAS type name.

The following table summarizes the attributes features and type notation :

```
| ASCII String | "@string" | | ASCII Character | "@char" | | 32-bit Unsigned Integer | "@uint" | "0" | "uint32"
| | 32-bit Signed Integer | "@sint" | "0" | "sint32" | | Float | "@double" | "0.0" | "double" |
```

In GALGAS, type names are identifiers prefixed by a "@" character.

An "@string", "@char", "@uint", "@sint", "@double" lexical attribute carry a string, character, unsigned, signed, double value.

In a "***syntax**" component, information that defines the location of the scanned terminal symbol in the input string is added to attribute value : so an "@string" object in the lexique component corresponds to an "@lstring" object in the syntax component. Location information is used by the parser and the semantic instructions for building syntax and semantic error messages that indicates *//where//* the error is located.

The *//default value//* is the one used at the beginning of every scanning loop for resetting lexical attribute.

The *//corresponding C type//* is useful if you want to write your own lexical actions (in C++). Please note that

this correspondance is **only** available for lexical actions, and not for semantic action. The "C_String" type is a C++ class that handles mutable character strings, without being worried about memory management. It is declared in the "libpm/strings/C_string.h" file. The "uint32" type is the 32-bit unsigned integer type, and the "sint32" type is the 32-bit signed integer type.

10.5.4 Déclaration d'un message d'erreur lexicale

The `//lexical error message declaration//` associates a name to a string. These error messages are used in lexical actions, and define the message that are displayed when a lexical error occurs.

```
| message decimalNumberTooLarge :
```

10.6 Règles lexicales

There are two kinds of `//lexical rules//` : - the `//list lexical rule//` ; - the `//single lexical rule//`.

10.6.1 Règle s'appuyant sur une liste

This is the simplest form : it just names a previously defined list of terminal symbols ; for example :

```
| rule list delimiterList ;|
```

`//Matching expressions//` are the set of strings defined by the list. This rule tries to find a substring from input string at current location that matches a terminal symbol string defined in the list, sorted by decreasing length (so longest strings are tested first). On match success, `//executing the rule//` consists of sending the corresponding terminal symbol.

This kind of rule is typically used for scanning for a delimiter.

10.6.2 Simple règle

A `//single lexical rule//` has the following form :

```
| rule //matching_expression// :  
  //lexical_instructions//  
  end rule ;|
```

The `//matching expression//` defines a set of matching strings, that are tested against the substring from input string at current location. On match, the `//lexical instructions//` are executed.

A matching expression can be : - a one-character string (for example, "a" matches the "a" character); - an union of one-character strings, defined by a character subrange (for example, "a->z" matches a lower case letter); - a one or more characters string (for example, "- an union of above (for example : "A->Z" 'a->z" matches a lower or upper case letter).

On match success, the current location is moved to designate the character after the matching string.

10.7 Instructions lexicales

10.7.1 Instruction lexicale select

The `//lexical select instruction//` is the following :

```
|***select**
**when** //matching_expression_1_in_select// : //lexical_instructions_1//
**when** //matching_expression_2_in_select// : //lexical_instructions_2//
...
default //default_lexical_instructions//
**end** ***select**;|
```

A `//lexical select instruction//` has one or more `***when**` branches.

`//matching_expression_1_in_select//`, `//matching_expression_2_in_select//` conform to the defined above `//matching_expression//`.

This instruction tries to match the different `//matching expressions//` until a matching success is found. In such case, the corresponding `//lexical instructions//` are executed. If all matching fail, the `//default lexical instructions//` are executed.

10.7.2 Instruction lexicale repeat

The `//lexical repeat instruction//` is the following :

```
|***repeat**
//lexical_instructions_0//
**while** //matching_expression_1_in_repeat// : //lexical_instructions_1//
**while** //matching_expression_2_in_repeat// : //lexical_instructions_2//
...
**end** ***repeat**;|
```

A `//lexical while instruction//` has one or more `***while**` branches.

`//matching_expression_1_in_repeat//`, `//matching_expression_2_in_repeat//` can be : - an expression conform to the defined above `//matching_expression//`; - the `" //string"` construct : the match succeeds when the `//string//` `**is not**` the current string; - the `" //string1//, //string2//, ..."` construct : the match succeeds when neither of `//string1//`, `//string2//`, ... are the current string.

This instruction first executes the `//lexical instructions 0//`. Then, it tries to match the different `//matching expressions//` until a matching success is found. In such case, the corresponding `//lexical instructions//` are executed, then the instruction is executed again (from `//lexical instructions 0//`). If all matching fail, execution of this instruction is complete (excuton goes on the next instruction).

10.7.3 Appel d'une action lexicale

The `//lexical action call instruction//` calls a C++ defined method for performing computation and checking on lexical attributes. Its syntax is the following :

```
["lexical_action_name (parameter, ...);"]
```

or

```
["lexical_action_name (parameter, ...) error message_name, ...;"]
```

A lexical action is designated by its name. It accepts one or more parameters, and zero, one or more messages names.

A parameter is : - either a lexical attribute, - either a lexical function call; - either the joker character `""*` that represents the character at current location.

A lexical action can be predefined or defined by the user. Predefined lexical actions are actually methods of `"C_Lexique"` class (the generated scanner is a class that inherits from this class). User defined lexical actions must be implemented as methods of the generated scanner class.

****Note that no parameter type checking, no error message count checking is performed by GALGAS. **** A parameter type error or a message count error is detected at C++ compilation stage.

10.7.4 Appel d'une fonction lexicale

The `//lexical function call//` calls a C++ defined method for performing computation on lexical attributes. It can only appear as parameter of a lexical action call or a parameter of an other lexical function call. Its syntax is the following :

```
["lexical_function_name (parameter, ...);"]
```

A lexical function is designated by its name. It accepts one or more parameters.

A lexical function parameter is : - either a lexical attribute, - either a lexical function call; - either the joker character `""*` that represents the character at current location.

A lexical function can be predefined or defined by the user. Predefined lexical actions are actually methods of `"C_Lexique"` class (the generated scanner is a class that inherits from this class). User defined lexical functions must be implemented as methods of the generated scanner class.

****Note that no parameter type checking is performed by GALGAS. **** A parameter type error is detected at C++ compilation stage.

10.7.5 Instruction lexicale error

The `//lexical error instruction//` raises a lexical error. Its syntax is :

```
["error message_name;"]
```

The `//message name//` is the name of a previously declared lexical error message.

10.7.6 Instruction lexicale send

The `//lexical send instruction//` sends a terminal symbol to the parser. It has several forms :

=== First Form ===

```
|"send terminal_symbol;"|
```

This instruction sends inconditionnaly the `//terminal symbol//` to the parser.

=== Second Form ===

```
|"send search //attribute_name// in //lexical_list// default terminal_symbol;"|
```

This instruction first search for `//attribute name//` value in the `//lexical list//`. If found, the corresponding terminal symbol is sent to the parser. If not found, the default `//terminal symbol//` is sent.

Several consecutive "search" are accepted, allowing sequential searching in different lists :

```
|"send search //attribute_name_1// in //lexical_list_1// default search //attribute_name_2// in //lexical_list_2//
default terminal_symbol;"|
```

10.7.7 Instruction lexicale drop

|Available in GALGAS 1.5.6 and later.|

The `//lexical drop instruction//` does not send any terminal symbol to the parser. It is only significant for lexical coloring (see `[[#coloring_comments|coloring comments]]`).

This instruction names a terminal symbol : `|"***drop** //terminal_symbol//;"|`

10.7.8 Instruction lexicale tag

|Available in GALGAS 1.5.6 and later.|

This instruction declares a new `//tag identifier//`.

```
|"***tag** //tag_identifier//;"|
```

A `***tag***` instruction records a location in the scanned file. The only way to use the declared tag identifier is the `[[#lexical_rewind_instruction|lexical rewind instruction]]`.

10.7.9 Instruction lexicale rewind

|Available in GALGAS 1.5.6 and later.|

```
|"***rewind** //tag_identifier// send //terminal_symbol//;"|
```

This instruction rewinds the scanned location from the tag identifier value, and sends the terminal symbol to the parser.

10.8 Routines lexicales prédéfinies

Lexical routine calls are instructions. Lexical function calls can appear as actual output parameters of routine calls and function calls. GALGAS predefines several lexical routines and several lexical functions (listed below).

A lexical routine accepts : * zero, one or more input/output or input formal arguments ; * zero, one or more error messages.

Running the `--print-predefined-lexical-actions` command line option lists all predefined routines and functions prototype.

10.8.1 Routine `codePointToUnicode`

```
codePointToUnicode ?@string inCodePointString
                  !@string outString
```

10.8.2 `convertBinaryStringIntoBigInt`

```
convertBinaryStringIntoBigInt ?@string inString
                             !@bigint outBigInt
                             error inCharacterIsNotBinaryDigitError
```

10.8.3 `convertDecimalStringIntoBigInt`

```
convertDecimalStringIntoBigInt ?@string inString
                              !@bigint outBigInt
                              error inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

10.8.4 `convertDecimalStringIntoSInt`

```
convertDecimalStringIntoSInt ?@string inString
                             !@sint outSignedNumber
                             error inNumberTooLargeError,
                             inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

10.8.5 Routine convertDecimalStringIntoSInt64

```
convertDecimalStringIntoSInt64 ?@string inString
                                !@sint64 outSignedNumber
                                error inNumberTooLargeError,
                                inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

10.8.6 Routine convertDecimalStringIntoUInt

```
convertDecimalStringIntoUInt ?@string inString
                              !@uint outUnsignedNumber
                              error inNumberTooLargeError,
                              inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

10.8.7 Routine convertDecimalStringIntoUInt64

```
convertDecimalStringIntoUInt64 ?@string inString
                                !@uint64 outUnsignedNumber
                                error inNumberTooLargeError,
                                inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

10.8.8 convertHexStringIntoBigInt

```
convertHexStringIntoBigInt ?@string inString
                            !@bigint outSignedNumber
                            error inCharacterIsNotHexDigitError
```

10.8.9 Routine convertHTMLSequenceToUnicodeCharacter

```
convertHTMLSequenceToUnicodeCharacter ?@string inString
                                       !@char outUnicodeCharacter
                                       error inUnassignedHTMLSequenceError
```

10.8.10 Routine convertHexStringIntoSInt

```
convertHexStringIntoSInt ?@string inString
                         !@sint outSignedNumber
                         error inNumberTooLargeError,
                         inCharacterIsNotHexDigitError
```

10.8.11 Routine convertHexStringIntoSInt64

```
convertHexStringIntoSInt64 ?@string inString
                          !@sint64 outSignedNumber
                          error inNumberTooLargeError,
                          inCharacterIsNotHexDigitError
```

10.8.12 Routine convertHexStringIntoUInt

```
convertHexStringIntoUInt ?@string inString
                        !@uint outUnsignedNumber
                        error inNumberTooLargeError,
                        inCharacterIsNotHexDigitError
```

10.8.13 Routine convertHexStringIntoUInt64

```
convertHexStringIntoUInt64 ?@string inString
                          !@uint64 outUnsignedNumber
                          error inNumberTooLargeError,
                          inCharacterIsNotHexDigitError
```

10.8.14 Routine convertStringToDouble

```
convertStringToDouble ?@string inString
                     !@double outDouble
                     error inConversionError
```

This action tries to convert the string value of the first argument into a double value. On success, the resulting double is set to the second argument. The conversion error message is displayed on conversion error.

10.8.15 Routine convertUInt64ToSInt64

```
convertUInt64ToSInt64 !@uint64 inUnsignedNumber
                     !@sint64 outSignedNumber
                     error inNumberTooLargeError
```

If the unsigned value of the "inUnsignedNumber" argument is greater than "2⁶³-1", the error is raised. Otherwise, the value is assigned to the "outSignedNumber" argument.

10.8.16 Routine convertUIntToSInt

```
convertUIntToSInt !@uint inUnsignedNumber
                  !@sint outSignedNumber
                  error inNumberTooLargeError
```

If the unsigned value of the “inUnsignedNumber” argument is greater than “ $2^{31}-1$ ”, the error is raised. Otherwise, the value is assigned to the “ioSignedNumber” argument.

10.8.17 Routine convertUnsignedNumberToUnicodeChar

```
convertUnsignedNumberToUnicodeChar ?@uint inUnsignedNumber
                                    !@char outUnicodeCharacter
                                    error inUnassignedUnicodeValueError
```

10.8.18 Routine enterBinaryDigitIntoBigInt

```
enterBinaryDigitIntoBigInt ?@char inCharacter
                           ?!@bigint ioBigInt
                           error inCharacterIsNotBinDigitError
```

10.8.19 Routine enterBinDigitIntoUInt64

```
enterBinDigitIntoUInt64 ?@char inCharacter
                        ?!@uint64 ioUnsignedNumber
                        error inNumberTooLargeError,
                        inCharacterIsNotBinDigitError
```

10.8.20 Routine enterBinDigitIntoUInt64

```
enterBinDigitIntoUInt64 ?@char inCharacter
                        ?!@uint64 ioUnsignedNumber
                        error inNumberTooLargeError,
                        inCharacterIsNotBinDigitError
```

10.8.21 Routine enterCharacterIntoCharacter

```
enterCharacterIntoCharacter ?!@char ioCharacter
                           ?@char inCharacter
```

This routine performs “ioCharacter = inCharacter” assignment.

10.8.22 Routine enterCharacterIntoString

```
enterCharacterIntoString ?!@string ioString
                        ?@char inCharacter
```

Appends the character value of the second argument to the string value of the first argument. The resulting string is set to the first argument.

10.8.23 Routine enterDecimalDigitIntoBigInt

```
enterDecimalDigitIntoBigInt ?@char inCharacter
                           ?!@bigint ioBigInt
                           error inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

10.8.24 Routine enterDigitIntoASCIICharacter

```
enterDigitIntoASCIICharacter ?!@char ioASCIICharacter
                             !@char inDecimalDigitCharacter
                             error inErrorCodeGreaterThan255,
                             inErrorNotDecimalDigitCharacter
```

Build an ASCII character from its decimal definition.

First, the character value of the "inDecimalDigitCharacter" argument is tested to be a valid decimal digit, that is in one range "[0, '9']". On failure, the "inErrorNotDecimalDigitCharacter" error message is displayed. On success, the unsigned value of the "ioASCIICharacter" argument is multiplied by ten, and is added the decimal value corresponding to second argument. If the result is lower or equal to "2⁸-1", it is set to the "ioASCIICharacter" argument. Otherwise, the "inErrorCodeGreaterThan255" error is raised.

Note : this lexical action treats characters as unsigned values.

10.8.25 Routine enterDigitIntoUInt

```
enterDigitIntoUInt !@char inDecimalDigitCharacter
                  ?!@uint ioUnsignedNumber
                  error inNumberTooLargeError,
                  inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

First, the value of "inDecimalDigitCharacter" argument is tested to be in the range "[0, '9']". On failure, the "inCharacterIsNotDecimalDigitError" error message is displayed. On success, the unsigned value of the first argument is multiplied by ten, and is added the decimal value corresponding to the "ioUnsignedNumber" argument. If the result is lower or equal to "2³²-1", it is set to the "ioUnsignedNumber" argument. Otherwise, the "inNumberTooLargeError" error is raised.

10.8.26 Routine enterDigitIntoUInt64

```
enterDigitIntoUInt64 !@char inDecimalDigitCharacter
                    ?!@uint64 ioUnsignedNumber
                    error inNumberTooLargeError,
                        inCharacterIsNotDecimalDigitError
```

First, the value of "inDecimalDigitCharacter" argument is tested to be in the range "[0, '9']". On failure, the "inCharacterIsNotDecimalDigitError" error message is displayed. On success, the unsigned value of the first argument is multiplied by ten, and is added the decimal value corresponding to the "ioUnsignedNumber" argument. If the result is lower or equal to $2^{64}-1$, it is set to the "ioUnsignedNumber" argument. Otherwise, the "inNumberTooLargeError" error is raised.

10.8.27 Routine enterHexDigitIntoASCIICharacter

```
enterHexDigitIntoASCIICharacter ?!@char ioASCIICharacter
                                !@char inHexDigitCharacter
                                error inErrorCodeGreaterThan255,
                                    inErrorNotHexDigitCharacter
```

Build an ASCII character from its hexadecimal definition.

First, the character value of the "inHexDigitCharacter" argument is tested to be a valid hexadecimal digit, that is in one of the ranges "[0, '9']", "[a, 'f']", "[A, 'F']". On failure, the "inErrorNotHexDigitCharacter" error message is displayed. On success, the unsigned value of the first argument is multiplied by sixteen, and is added the hexadecimal value corresponding to "ioASCIICharacter" argument. If the result is lower or equal to 2^8-1 , it is set to the "ioASCIICharacter" argument. Otherwise, the "inErrorCodeGreaterThan255" error is raised.

Note : this lexical action treats characters as unsigned values.

10.8.28 Routine enterHexDigitIntoBigInt

```
enterHexDigitIntoBigInt ?@char inCharacter
                        ?!@bigint ioBigInt
                        error inCharacterIsNotHexDigitError
```

10.8.29 Routine enterHexDigitIntoUInt

```
enterHexDigitIntoUInt !@char inHexDigitCharacter
                      ?!@uint ioUnsignedNumber
                      error inNumberTooLargeError,
                          inCharacterIsNotHexDigitError
```

First, the character value of the "inHexDigitCharacter" argument is tested to be a valid hexadecimal digit, that in one of the the ranges "[0', '9']", "[a', 'f']", "[A', 'F']". On failure, the "inCharacterIsNotHexDigitError" error message is displayed. On success, the unsigned value of the "ioUnsignedNumber" argument is multiplied by sixteen, and is added the hexadecimal value corresponding to second argument. If the result is lower or equal to "2³²-1", it is set to the "ioUnsignedNumber" argument. Otherwise, the first error is raised.

10.8.30 Routine enterHexDigitIntoUInt64

```
enterHexDigitIntoUInt64 !@char inHexDigitCharacter
                        ?!@uint64 ioUnsignedNumber
                        error inNumberTooLargeError,
                        inCharacterIsNotHexDigitError
```

First, the character value of the "inHexDigitCharacter" argument is tested to be a valid hexadecimal digit, that in one of the the ranges "[0', '9']", "[a', 'f']", "[A', 'F']". On failure, the "inCharacterIsNotHexDigitError" error message is displayed. On success, the unsigned value of the "ioUnsignedNumber" argument is multiplied by sixteen, and is added the hexadecimal value corresponding to second argument. If the result is lower or equal to "2⁶⁴-1", it is set to the "ioUnsignedNumber" argument. Otherwise, the first error is raised.

10.8.31 Routine enterOctDigitIntoUInt

```
enterOctDigitIntoUInt !@char inString
                      ?!@uint ioUnsignedNumber
                      error inNumberTooLargeError,
                      inCharacterIsNotOctDigitError
```

10.8.32 Routine enterOctDigitIntoUInt64

```
enterOctDigitIntoUInt64 !@char inString
                        ?!@uint64 ioUnsignedNumber
                        error inNumberTooLargeError,
                        inCharacterIsNotOctDigitError
```

10.8.33 Routine multiplyUInt

```
multiplyUInt !@uint inUnsignedNumber
             ?!@uint ioUnsignedNumber
             error inResultTooLargeError
```

Multiply the "ioUnsignedNumber" value by "inUnsignedNumber" value. Detection of overflow is performed.

10.8.34 Routine multiplyUInt64

```
multiplyUInt64 !@uint inUnsignedNumber
               ?!@uint64 ioUnsignedNumber
               error inResultTooLargeError
```

Multiply the "ioUnsignedNumber" value by "inUnsignedNumber" value. Detection of overflow is performed.

10.8.35 Routine negateSInt

```
negateSInt ?!@sint ioNumber
           error inNumberTooLargeError
```

10.8.36 Routine negateSInt64

```
negateSInt64 ?!@sint64 ioNumber
             error inNumberTooLargeError
```

10.8.37 Routine resetString

```
resetString ?!@string ioString
```

10.9 Fonctions lexicales prédéfinies

A lexical function accepts : * zero, one or more input formal arguments.

Running the --print-predefined-lexical-actions command line option lists all predefined routines and functions prototype.

10.9.1 Fonction toLower

```
toLower ?!@char inCharacter -> @char
```

If the character value of the argument is an upper case letter, this function returns the corresponding lower case letter. Otherwise, it returns the unchanged character value of the argument.

10.9.2 Fonction toUpper

```
toUpper ?@char inCharacter -> @char
```

If the character value of the argument is an lower case letter, this function returns the corresponding upper case letter. Otherwise, it returns the unchanged character value of the argument.

10.10 Définir vos propres actions et fonctions lexicales

You can define your own lexical actions and functions in C++ and make them available to called by lexical action call instructions.

10.10.1 Où?

You must define your lexical actions and functions as a method of the C++ class generated by compilation of the **lexique** component. You need to modify the generated code, adding method prototype declaration in class declaration.

****So that the method declaration that you added is not deleted at the time of a future compilation, define it in user zone 2 of the generated header file.**** For more details, see [[generated_files |file generation process page]].

For implementing your method, you can insert it in user zone 2 of the generated implementation file (for more details, see [[generated_files |file generation process page]]). Alternatively, you can implement it in any other file, provided you include the needed header files.

10.10.2 Correspondance entre les appels d'actions GALGAS et C++

This table gives the correspondance between lexical argument types and C++ types. ****Note this correspondance is only available for lexical arguments****.

```
"? @string" | "***const** C_String &" | "?! @string" | "C_String &" | "? @char" | "***const** **char**" | "?! @char" | "***char** &" | "? @uint" | "***const** uint32" | "?! @uint" | "uint32 &" | "? @sint" | "***const** sint32" | "?! @sint" | "sint32 &" | "? @double" | "***const** **double**" | "?! @double" | "***double** &"
```

"?" means the formal argument has input passing mode : it cannot be modified by the lexical action. "?!" means the formal argument has in/out passing mode : its value is got from the caller, can modified by the lexical action and is returned to the caller.

An error message argument corresponds to the C++ type **"***const** **char**"**.

In C++ generated code, the method call instruction generated by lexical action call names the lexical action name, prefixed by "scanner_routine_".

For example, consider the "convertStringToDouble" lexical action described below. This corresponds to the

following method prototype :

```
***void** scanner_routine_convertStringToDouble (**const** C_String &, **double** &, **const char** *);"
```

==== Defining Action and Function Prototype =====

The prototype must conform to the rules presented in the [[#Correspondance between Lexical Action Calls and C++ Called Methods|above]] section.

10.11 Exemples d'analyseurs lexicaux

10.11.1 Analyser des identificateurs

```
|"@string identifierString;
$identifier$!identifierString error **message** **rule** **repeat**
enterCharacterIntoString!?!identifierString!*;
**while** **end** **repeat**";
send $identifier$;
**end** **rule**";|
```

```
|"@string identifierString;
$identifier$!identifierString error **message** **rule** **repeat**
enterCharacterIntoString!?!identifierString!toLower (!*);
**while** **end** **repeat**";
send $identifier$;
**end** **rule**";|
```

10.11.2 Analyser des identificateurs et des mots-clés

```
|"@string identifierString;

$identifier$!identifierString error **message**
**list** keywordList error **message**
**rule** **repeat**
enterCharacterIntoString!?!identifierString!*;
**while** **end** **repeat**";
send search identifierString in keywordList default $identifier$;
**end** **rule**";|
```

10.11.3 Analyser des délimiteurs

```
|***list** galgasDelimitersList **error message**
**rule list** galgasDelimitersList;|
```

10.11.4 Analyser des séparateurs

```
|**rule** **end rule**;|
```

10.11.5 Analyser des commentaires

```
|**rule** '#':  
**repeat**  
**while** **end repeat**;  
**end rule**;|
```

10.11.6 Analyser des entiers décimaux non signés

```
|"$unsigned_literal_integer$!ulongValue **error message** $signed_literal_integer$!longValue error **mes-  
sage**  
**message** decimalNumberTooLarge :  
**message** internalError :  
**rule** enterDigitIntoUlong!?ulongValue!* error decimalNumberTooLarge, internalError ;  
**repeat**  
**while** enterDigitIntoUlong!?ulongValue!* error decimalNumberTooLarge, internalError ;  
**while** **end repeat** ;  
**select**  
**when** convertUlongToLong!?longValue!ulongValue send $signed_literal_integer$ ;  
default  
send $unsigned_literal_integer$ ;  
**end select** ;  
**end rule**;|
```

10.11.7 Analyser des entiers hexadécimaux non signés

10.11.8 Analyser des constantes caractère

```
|"$literal_char$! charValue **error message**  
**message** incorrectCharConstant :  
**message** ASCIIcodeTooLargeError :  
**rule** **select**  
**when** **select**  
**when** enterCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** enterCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** en-  
terCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** enterCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** en-  
terCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** enterCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** en-  
terCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** enterCharacterIntoCharacter!?charValue!**when** **re-
```



```

peat**
enterHexDigitIntoASCIIcharacter!?charValue!* error ASCIIcodeTooLargeError, internalError;
**while** **end repeat**;
default
error incorrectCharConstant;
**end select**;
**when** enterCharacterIntoCharacter!?charValue!*;
default
error incorrectCharConstant;
**end select**;
**select**
**when** send $literal_char$;
default
error incorrectCharConstant;
**end select**;
**end rule**;"|

```

10.11.9 Analyser des constantes chaîne de caractères

10.11.10 Analyser des constantes flottantes

```

|"$literal_double$!floatValue!tokenString **error message**
$. $ **error message**
**message** floatNumberConversionError :
**rule** **select**
**when** enterCharacterIntoString!?tokenString!enterCharacterIntoString!?tokenString!enterCharacter-
rIntoString!?tokenString!*;
**repeat**
**while** enterCharacterIntoString!?tokenString!*;
**while** **end repeat**;
convertStringToDouble!tokenString!?floatValue error floatNumberConversionError;
send $literal_double$;
default
send $. $;
**end select**;
**end rule**;"|

```

10.12 Back tracking avec les instructions tag et rewind

[Available in GALGAS 1.5.6 and later.]

The `***tag***` and `***rewind***` instructions can be used for performing back tracking.

The first example is the way the non terminal symbols are scanned in GALGAS 1.5.6 (and later).

A non terminal is composed of a single '<' character, followed by a letter, zero, one or more letters, digits or underscore characters, is ended by a single '>' character. For example "<abcdef>" is a valid non terminal. However, "<abcdef >" is *not* a valid non terminal (because of the space before the final '>' character) : it is considered as a '<' delimiter, followed by the "abcdef" identifier and by the '>' delimiter.

In the file "galgas/galgas_sources/galgas_scanner.ggs", the three delimiters befgging with a '<' character and the non terminal symbols are scanned by the following code :

```
"$<$ **error message** "the '<' delimiter" **style** delimitersStyle;"
"""$non_terminal_symbol$! tokenString **error message** "a non terminal symbol <...>" **style** non-
TerminalStyle;"
```

```
***rule** '<' :
  **tag** onlyInfDelimiter;"
  **select**
  **when** '=' :
    send " **when** '<' :
  send " **when** " **repeat**
  enterCharacterIntoString! tokenString!;"
  **while** " **end repeat**;"
  **select**
  **when** '>' :
    send $non_terminal_symbol$;"
  default
  **rewind** onlyInfDelimiter send $<$;"
  **end select**;"
  default
  send $<$;"
  **end select**;"
***end rule**,"
```

The "***tag**" instruction records a scanning location. When the final '>' character is not found, the scanner is rewinded at the character following the '<' character, and the "\$<\$" terminal is sent. On next scanning, an identifier (or a key word) will be found.

The second examples shows how to scan for integer constants, float constants, and array bounds in Pascal : * an integer constant is a (non empty) sequence of digits ; * a float constant is a (non empty) sequence of digits, following by a dot and a (possibly empty) sequence of digits ; * an array bound is an integer constant, followed by the '..' delimiter (two dots) and an integer constant.

The problem is that "1..2" should not be scanned as a float constant, a single dot delimiter, and an integer constant.

This can be achieved by the following code :

```

***rule** " **repeat**"
" **while** " **end repeat**;"
" **tag** endOfIntegerConstant;"
" **select**"
" **when** " **select**"
" **when** " **rewind** endOfIntegerConstant send $integer_constant$;"
" **when** " **repeat**"
" **while** " **end repeat**;"
" send $float_constant$;"
" default"
" send $float_constant$;"
" **end select**;"
" default"
" send $integer_constant$;"
" **end select**;"
***end rule**;"

```

10.13 Ajouter la coloration lexicale (sur Mac uniquement)

With GALGAS, you can easily embed your compiler in a GUI application (currently available only for Mac OS X). This application has a built-in text editor, from which you can modify, save and compile source file. With `//style declarations//`, you can add automatic coloring in the built-in text editor.

A `//style declaration//` associates a message to a style identifier. For example :

```
|***style** keywordsStyle ->
```

The associated message is used in application preferences window as a comment of each color selection item.

A `//style declaration//` does not link a style identifier to any terminal symbol. You need to add this information to `//single terminal symbol declaration//` and `//list of terminal symbols declaration//` by naming the style identifier after the syntax error message :

```
|"$literal_integer$ error **message**
|***list** delimiterList error **message**
```

10.13.1 Exemple : les styles de l'analyseur lexical GALGAS

As an example, you can take a look on GALGAS scanner, in "galgas/galgas_sources/galgas_scanner.ggs" file. The style declarations are the following :

```
|***style** keywordsStyle ->
```

You can search for the occurrence of style identifiers, to see how they are used.

In Cocoa GALGAS application, the Color tab of the Preferences window lists all style comments, each of them being associated to a "NSColorWell" for color selection :

cocoa_galgas_color_styles.png

Note that no default color is defined in style declaration. Until you define yourself a color from Preference window, it defaults to black color.

10.13.2 Appliquer un style aux commentaires

[Available in GALGAS 1.5.6 and later.]

In GALGAS 1.5.6 and later, you can define a color for comments. Proceed as follows : - declare a new terminal symbol, for example "\$comment\$"; - declare a style for this new terminal symbol; - when a comment is scanned, use the "***drop**" instruction for naming the new terminal symbol (instead of the usual "send" instruction).

The "***drop**" instruction is only significant for syntax coloring.

For example, GALGAS comments are defined in "galgas/galgas_sources/galgas_scanner.ggs" in this way :

```
***style** commentStyle -> "Comments :";"
" "
...
"$comment$ error **message** ***rule** " **repeat**"
" **while** " **end repeat**,"
" **drop** $comment$;"
***end rule**,"
```

Chapitre 11

Écrire un composant gammaire

11.1 GALGAS and Context-Free Grammars

11.2 Analyse en plusieurs phases

Chapitre 12

Graphic User Interface Component

Chapitre 13

Le composant option

13.1	Déclaration d'une option	143
13.2	Option booléenne	144
13.3	Option entière	144
13.4	Option chaîne de caractères	144

Le composant `option` permet de définir des options qui sont appelables à partir de la ligne de commande. Dans le code, la valeur d'une option est obtenue à partir de l'opérande *appel d'une option*, décrit dans la [section 53.1.16 page 406](#).

Voici l'exemple d'un composant `option` qui déclare une option (évidemment, un composant `option` peut déclarer un nombre quelconque d'options) :

```
option nom_composant {  
    @bool nom_option : 'S', "asm" -> "Extract assembly code"  
}
```

13.1 Déclaration d'une option

La déclaration d'une option présente la syntaxe suivante :

```
@T nom_option : caractere, chaine -> description
```

Les cinq champs qui définissent une option sont :

- `@T` : le type de l'option; trois types sont autorisés : `@bool`, `@uint` et `@string` ;
- `nom_option` : c'est le nom, interne à GALGAS, qui permettra de désigner l'option dans l'*appel d'une option* ([section 53.1.16 page 406](#));
- `caractere` : le caractère qui activera l'option dans la ligne de commande; par exemple, en écrivant

'A', l'option sera activée par -A dans la ligne de commande; si vous ne voulez pas d'activation par un caractère, écrivez '\0' ;

- **chaîne** : la chaîne de caractères qui activera l'option dans la ligne de commande; par exemple, en écrivant "ABEDEF", l'option sera activée par --ABEDEF dans la ligne de commande; si vous ne voulez pas d'activation par une chaîne, écrivez "" ;
- **description** : une chaîne de caractères qui contient une description de l'option, qui sera affichée par l'option --help de votre compilateur.

13.2 Option booléenne

Le champ qui définit le type de l'option est @bool ; par exemple :

```
@bool nom_option : 'S', "asm" -> "Extract assembly code"
```

Dans la ligne de commande, l'option est activée par -S ou --asm .

Par défaut, l'option n'est pas activée, et sa valeur associée est false . Quand l'option est activée dans la ligne de commande, sa valeur associée est true .

13.3 Option entière

Le champ qui définit le type de l'option est @uint ; par exemple :

```
@uint nom_option : 'M', "max-iterations-count" -> "Max of iteration count"
```

Dans la ligne de commande, l'option est activée par -M=xxx ou --max-iterations-count=xxx , où xxx est un nombre entier positif ou nul (et inférieur ou égal à $2^{32} - 1$).

Par défaut, l'option n'est pas activée, et sa valeur associée est 0. Quand l'option est activée dans la ligne de commande, sa valeur associée est la valeur xxx . Ainsi, l'option -M=0 , comme l'option --max-iterations-count=0 n'a aucun effet.

13.4 Option chaîne de caractères

Le champ qui définit le type de l'option est @string ; par exemple :

```
@string nom_option : 'F', "file-name" -> "File name"
```

Dans la ligne de commande, l'option est activée par -F=abc ou --file-name=abc , où abc est une chaîne de caractères sans espaces. Si vous voulez entrer une chaîne de caractères qui comprend des espaces, par exemple abc def , écrivez : "-F=abc def" ou "--file-name=abc def" .

Par défaut, l'option n'est pas activée, et sa valeur associée est la chaîne vide. Quand l'option est activée dans la ligne de commande, sa valeur associée est la chaîne `abc`. Ainsi, l'option `-F=`, comme l'option `--file-name=` n'a aucun effet.

Chapitre 14

Règle d'analyse de fichier source

III

Le système de types

Chapitre 15

Présentation du système de types

15.1	Types de base	148
15.2	Constructions de nouveaux types	149
15.3	Types prédéfinis	150
15.4	Opérations définies pour tous les types	150

GALGAS définit :

- des types de base, définis en dur dans le langage ([section 15.1 page 148](#));
- des constructions permettant de construire de nouveaux types ([section 15.2 page 149](#)).

15.1 Types de base

Les types de base sont :

- [@application \(page 153\)](#), accès aux informations relatives à l'application;
- [@bigint \(page 164\)](#), entiers de taille illimitée;
- [@binaryset \(page 189\)](#), fonctions booléennes, implementées par des *Binary Decision Diagrams*;
- [@bool \(page 205\)](#), les booléens;
- [@char \(page 212\)](#), les caractères Unicode;
- [@data \(page 219\)](#), les séquences d'octets;
- [@double \(page 223\)](#), les nombres flottants correspondant au type `double` du C;
- [@filewrapper \(page 227\)](#), dont les objets permettent d'explorer les *filewrappers*;

- [@location \(page 229\)](#), objets dont la valeur désigne un texte source et un indice dans ce texte source;
- [@object \(page 236\)](#), dont une instance peut encapsuler toute valeur;
- [@sint \(page 237\)](#), entiers 32 bits signés;
- [@sint64 \(page 243\)](#), entiers 64 bits signés;
- [@string \(page 249\)](#), chaînes de caractères Unicode;
- [@stringset \(page 278\)](#), ensembles de chaînes de caractères Unicode;
- [@timer \(page 282\)](#);
- [@type \(page 285\)](#), dont une instance représente un type;
- [@uint \(page 286\)](#), entiers 32 bits non signés;
- [@uint64 \(page 294\)](#), entiers 64 bits non signés.

15.2 Constructions de nouveaux types

Les nouveaux types qui peuvent être construits sont :

- des *types de listes*, [chapitre 36 à partir de la page 301](#);
- des *types de listes ordonnées*, [chapitre 37 à partir de la page 312](#);
- des *types de tableaux*, [chapitre 38 à partir de la page 319](#);
- des *types de classes*, [chapitre 39 à partir de la page 324](#);
- des *types énumérés*, [chapitre 41 à partir de la page 337](#);
- des *types de graphes*, [chapitre 42 à partir de la page 342](#);
- des *types de tables*, [chapitre 43 à partir de la page 351](#);
- des *types de dictionnaires*, [chapitre 44 à partir de la page 358](#);
- des *types de structures*, [chapitre 45 à partir de la page 362](#);
- des *types externes*, [chapitre 46 à partir de la page 368](#).

15.3 Types prédéfinis

Les types prédéfinis sont :

- les types de base ([section 15.1 page 148](#));
- les types de structure suivants :
 - [@lbool \(page 364\)](#);
 - [@lbigint \(page 364\)](#);
 - [@lchar \(page 364\)](#);
 - [@ldouble \(page 365\)](#);
 - [@lsint \(page 365\)](#);
 - [@lsint64 \(page 365\)](#);
 - [@lstring \(page 365\)](#);
 - [@luint \(page 365\)](#);
 - [@luint64 \(page 366\)](#);
 - [@range \(page 366\)](#);
- les types de listes suivants :
 - [@2stringlist \(page 309\)](#);
 - [@2lstringlist \(page 309\)](#);
 - [@bigintlist \(page 309\)](#);
 - [@functionlist \(page 309\)](#);
 - [@lbigintlist \(page 310\)](#);
 - [@lstringlist \(page 310\)](#);
 - [@luintlist \(page 310\)](#);
 - [@objectlist \(page 310\)](#);
 - [@stringlist \(page 310\)](#);
 - [@typelist \(page 311\)](#);
 - [@uintlist \(page 311\)](#);
 - [@uint64list \(page 311\)](#).

15.4 Opérations définies pour tous les types

Tout type implémente implicitement :

- l'opérateur `==` ;

- l'opérateur `!=` ;
- le `getter` `description` ;
- le `getter` `dynamicType` ;
- le `getter` `object` .

La plupart des types implémentent le constructeur par défaut `default` (voir [section 53.1.15 page 405](#)).

15.4.1 L'opérateur ==

```
func == ?@T ?@T -> @bool
```

Cet opérateur permet de tester l'identité entre de deux objets de même type.

15.4.2 L'opérateur !=

```
func != ?@T ?@T -> @bool
```

Cet opérateur permet de tester la non identité entre de deux objets de même type. Il renvoie le complément logique du résultat de l'application de l'opérateur `==` .

15.4.3 Le `getter` `description`

```
getter @T description -> @string
```

Le `getter` `description` retourne une description textuelle du receveur, la même que celle affichée par l'instruction `log` ([section 54.16 page 441](#)).

15.4.4 Le `getter` `dynamicType`

```
getter @T dynamicType -> @type
```

Le `getter` `dynamicType` retourne un objet de type `@type` , dont la valeur représente le type dynamique du receveur (voir aussi la définition du type `@type` ([page 285](#))).

Pour tous les types sauf les classes, leurs instances sont du même type que le type statique :

```
@uint n = 2
@type t = [n dynamicType]
log t # Affiche @uint
```

Pour les instances de classes, le jeu des affectations polymorphiques peut entraîner que le type dynamique soit une classe héritière du type statique.

Par exemple, en déclarant :

```
class @A { }  
class @B : @A { }
```

Et avec la séquence d'instructions suivante :

```
@B b = .new  
@type t = [b dynamicType]  
log t # Affiche @B, type statique de b : @B  
@A a = b # Affectation polymorphique  
t = [a dynamicType]  
log t # Affiche @B, type statique de a : @A
```

15.4.5 Le getter object

```
getter @T object -> @object
```

Le `getter object` retourne un objet de type `@object`. Une variable de type `@object` ([page 236](#)) peut encapsuler tout type de valeur.

Chapitre 16

Le type `@application`

16.1	Numéros de version	153
16.2	Arguments de la ligne de commande	154
16.3	Options booléennes de la ligne de commande	155
16.4	Options entières de la ligne de commande	157
16.5	Options chaînes de caractères de la ligne de commande	159
16.6	Constructeur <code>system</code>	161
16.7	Procédure de type <code>exit</code>	161
16.8	Constructeur <code>verboseOutput</code>	161
16.9	Instrospection des composants lexique	162

Le type `@application` ne définit que des constructeurs et des procédures de type qui permettent d'obtenir des informations sur le programme courant et son exécution.

16.1 Numéros de version

16.1.1 Constructeur `galgasVersionString`

```
constructor @application galgasVersionString -> @string
```

Ce constructeur renvoie la version du compilateur GALGAS qui a engendré cet exécutable. Pour le compilateur correspondant à cette documentation, la chaîne renvoyée est `"3.6.3"` :

```
let s = @application.galgasVersionString # "3.6.3"
```

16.1.2 Constructeur `projectVersionString`

```
constructor @application projectVersionString -> @string
```

Ce constructeur renvoie la version du projet GALGAS dont la compilation fournit cet exécutable. C'est l'information qui apparaît après le mot réservé **project** (voir [section 8.1.1 page 100](#)), en utilisant le point «.» comme séparateur. Par exemple, si l'en-tête du projet est :

```
project (1:2:3) -> "logo" {  
    ...  
}
```

La chaîne renvoyée est "1.2.3" :

```
let s = @application.projectVersionString # "1.2.3"
```

16.2 Arguments de la ligne de commande

16.2.1 Constructeur commandLineArgumentCount

```
constructor @application commandLineArgumentCount -> @uint
```

Ce constructeur renvoie le nombre d'arguments de la ligne de commande.

16.2.2 Constructeur commandLineArgumentAtIndex

```
constructor @application commandLineArgumentAtIndex ?@uint inIndex  
-> @string
```

Ce constructeur renvoie l'argument d'indice `inIndex` de la ligne de commande. Les arguments sont indexés à partir de zéro, aussi la valeur de `inIndex` doit être strictement inférieure à la valeur retournée par `@application.commandLineArgumentCount`. Une erreur d'exécution est déclenchée dans le cas contraire.

À titre d'exemple, voici comment imprimer tous les arguments de la ligne de commande :

```
for idx in 0 ..< @application.commandLineArgumentCount do  
    message "Argument " + idx + ": "  
        + @application.commandLineArgumentAtIndex {!idx} + "'\n"  
end
```

16.3 Options booléennes de la ligne de commande

16.3.1 Constructeur boolOptionNameList

```
constructor @application boolOptionNameList -> @2stringlist
```

Ce constructeur renvoie la liste des options booléennes définie par l'application, que ces options soient nommées dans la ligne de commande ou non. Chaque option est définie par un couple, son nom de domaine et son identificateur. À titre d'exemple, voici comment imprimer la liste des options booléennes :

```
for (domain identifieur) in @application.boolOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifieur: '" + identifieur + "'\n"
end
```

16.3.2 Constructeur boolOptionCommentString

```
constructor @application boolOptionCommentString
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifieur -> @string
```

Ce constructeur renvoie la chaîne de commentaires associée à l'option booléenne spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Par exemple :

```
for (domain identifieur) in @application.boolOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifieur: '" + identifieur + "'\n"
  message "Comment: '"
    + @application.boolOptionCommentString {!domain !identifieur} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et la chaîne renvoyée n'est pas construite.

16.3.3 Constructeur boolOptionInvocationCharacter

```
constructor @application boolOptionInvocationCharacter
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifieur -> @char
```

Ce constructeur renvoie le caractère d'activation associé à l'option booléenne spécifiée par son nom de domaine et son identificateur.

Le caractère d'activation est le caractère qui, précédé de « - » permet l'activation de l'option sur la ligne de commande. Si l'option ne définit pas de caractère d'activation, la valeur renvoyée est NUL.

Par exemple :

```

for (domain identifiant) in @application.boolOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifiant: '" + identifiant + "'\n"
  message "Invocation character: '"
    + @application.boolOptionInvocationCharacter {!domain !identifiant} + "'\n"
end

```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et le caractère renvoyé n'est pas construit.

16.3.4 Constructeur boolOptionInvocationString

```

constructor @application boolOptionInvocationString
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @string

```

Ce constructeur renvoie la chaîne d'activation associée à l'option booléenne spécifiée par son nom de domaine et son identificateur.

La chaîne d'activation est la chaîne qui, précédée de « -- » permet l'activation de l'option sur la ligne de commande. Si l'option ne définit pas de chaîne d'activation, la valeur renvoyée est la chaîne vide.

Par exemple :

```

for (domain identifiant) in @application.boolOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifiant: '" + identifiant + "'\n"
  message "Invocation string: '"
    + @application.boolOptionInvocationString {!domain !identifiant} + "'\n"
end

```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et la chaîne renvoyée n'est pas construite.

16.3.5 Constructeur boolOptionValue

```

constructor @application boolOptionValue
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @bool

```

Ce constructeur renvoie la valeur associée à l'option booléenne spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Si l'option n'existe pas, le résultat n'est pas construit.

16.3.6 Procédure de type setBoolOptionValue

```

proc @application setBoolOptionValue
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier

```

```
?@bool inValue
```

Ce procédé de type affecte la valeur de `inValue` à l'option booléenne spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Si l'option n'existe pas, cette fonction est sans effet.

16.4 Options entières de la ligne de commande

16.4.1 Constructeur uintOptionNameList

```
constructor @application uintOptionNameList -> @2stringlist
```

Ce constructeur renvoie la liste des options entières définie par l'application, que ces options soient nommées dans la ligne de commande ou non. Chaque option est définie par un couple, son nom de domaine et son identificateur. Par d'exemple :

```
for (domain identifieur) in @application.uintOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifieur: '" + identifieur + "'\n"
end
```

16.4.2 Constructeur uintOptionCommentString

```
constructor @application uintOptionCommentString
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @string
```

Ce constructeur renvoie la chaîne de commentaires associée à l'option entière spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Par exemple :

```
for (domain identifieur) in @application.uintOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifieur: '" + identifieur + "'\n"
  message "Comment: '"
    + @application.uintOptionCommentString {!domain !identifieur} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et la chaîne renvoyée n'est pas construite.

16.4.3 Constructeur uintOptionInvocationCharacter

```
constructor @application uintOptionInvocationCharacter
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @char
```

Ce constructeur renvoie le caractère d'activation associé à l'option entière spécifiée par son nom de domaine et son identificateur.

Le caractère d'activation est le caractère qui, précédé de « - » permet l'activation de l'option sur la ligne de commande. Si l'option ne définit pas de caractère d'activation, la valeur renvoyée est NUL.

Par exemple :

```
for (domain identifieur) in @application.uintOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifieur: '" + identifieur + "'\n"
  message "Invocation character: '"
    + @application.uintOptionInvocationCharacter {!domain !identifieur} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et le caractère renvoyé n'est pas construit.

16.4.4 Constructeur uintOptionInvocationString

```
constructor @application uintOptionInvocationString
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @string
```

Ce constructeur renvoie la chaîne d'activation associée à l'option entière spécifiée par son nom de domaine et son identificateur.

La chaîne d'activation est la chaîne qui, précédée de « -- » permet l'activation de l'option sur la ligne de commande. Si l'option ne définit pas de chaîne d'activation, la valeur renvoyée est la chaîne vide.

Par exemple :

```
for (domain identifieur) in @application.uintOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifieur: '" + identifieur + "'\n"
  message "Invocation string: '"
    + @application.uintOptionInvocationString {!domain !identifieur} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et la chaîne renvoyée n'est pas construite.

16.4.5 Constructeur uintOptionValue

```
constructor @application uintOptionValue
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @uint
```

Ce constructeur renvoie la valeur associée à l'option entière spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Si l'option n'existe pas, le résultat n'est pas construit.

16.4.6 Procédure de type setUIntOptionValue

```
proc @application setUIntOptionValue
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifiant
  ?@uint inValue
```

Ce procédure de type affecte la valeur de `inValue` à l'option entière spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Si l'option n'existe pas, cette fonction est sans effet.

16.5 Options chaînes de caractères de la ligne de commande

16.5.1 Constructeur `stringOptionNameList`

```
constructor @application stringOptionNameList -> @2stringlist
```

Ce constructeur renvoie la liste des options chaînes de caractères définie par l'application, que ces options soient nommées dans la ligne de commande ou non. Chaque option est définie par un couple, son nom de domaine et son identificateur. Par d'exemple :

```
for (domain identifiant) in @application.stringOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifiant: '" + identifiant + "'\n"
end
```

16.5.2 Constructeur `stringOptionCommentString`

```
constructor @application stringOptionCommentString
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifiant -> @string
```

Ce constructeur renvoie la chaîne de commentaires associée à l'option chaîne de caractères spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Par exemple :

```
for (domain identifiant) in @application.stringOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifiant: '" + identifiant + "'\n"
  message "Comment: '"
    + @application.stringOptionCommentString {!domain !identifiant} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et la chaîne renvoyée n'est pas construite.

16.5.3 Constructeur `stringOptionInvocationCharacter`

```
constructor @application stringOptionInvocationCharacter
```

```
?@string inDomainName
?@string inOptionIdentifier -> @char
```

Ce constructeur renvoie le caractère d'activation associé à l'option chaîne de caractères spécifiée par son nom de domaine et son identificateur.

Le caractère d'activation est le caractère qui, précédé de « - » permet l'activation de l'option sur la ligne de commande. Si l'option ne définit pas de caractère d'activation, la valeur renvoyée est NUL.

Par exemple :

```
for (domain identifier) in @application.stringOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifier: '" + identifier + "'\n"
  message "Invocation character: '"
    + @application.uintOptionInvocationCharacter {!domain !identifier} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et le caractère renvoyé n'est pas construit.

16.5.4 Constructeur stringOptionInvocationString

```
constructor @application stringOptionInvocationString
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @string
```

Ce constructeur renvoie la chaîne d'activation associée à l'option chaîne de caractères spécifiée par son nom de domaine et son identificateur.

La chaîne d'activation est la chaîne qui, précédée de « -- » permet l'activation de l'option sur la ligne de commande. Si l'option ne définit pas de chaîne d'activation, la valeur renvoyée est la chaîne vide.

Par exemple :

```
for (domain identifier) in @application.stringOptionNameList do
  message "Domain: '" + domain + "', identifier: '" + identifier + "'\n"
  message "Invocation string: '"
    + @application.stringOptionInvocationString {!domain !identifier} + "'\n"
end
```

Une erreur d'exécution est déclenchée si l'option n'existe pas, et la chaîne renvoyée n'est pas construite.

16.5.5 Constructeur stringOptionValue

```
constructor @application stringOptionValue
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifier -> @string
```

Ce constructeur renvoie la valeur associée à l'option chaîne de caractères spécifiée par son nom de domaine

et son identificateur. Si l'option n'existe pas, le résultat n'est pas construit.

16.5.6 Procédure de type `setStringOptionValue`

```
proc @application setStringOptionValue
  ?@string inDomainName
  ?@string inOptionIdentifieur
  ?@string inValue
```

Cette procédure de type affecte la valeur de `inValue` à l'option chaîne de caractères spécifiée par son nom de domaine et son identificateur. Si l'option n'existe pas, cette fonction est sans effet.

16.6 Constructeur system

```
constructor @application system -> @string
```

Ce constructeur permet de savoir sur quel type de système l'application tourne en renvoyant la chaîne :

- `"unix"` sur Unix, par exemple OSX ou Linux;
- `"windows"` sur Windows.

16.7 Procédure de type `exit`

```
proc @application exit ?@uint inErrorCode
```

L'exécution de cette procédure de type avorte immédiatement l'exécution (la fonction C `exit` est appelée). L'argument est le code d'erreur associé. Si il n'est pas construit, la valeur 1 est utilisée.

16.8 Constructeur `verboseOutput`

```
constructor @application verboseOutput -> @bool
```

Ce constructeur permet de savoir si l'indicateur de sortie verbeuse est activé ou non.

La sortie verbeuse est contrôlée par les options de la ligne de commande *quiet* et *verbose* ([section 2.2 page 64](#)); leur présence dans le compilateur engendré dépend de la présence de la déclaration `%quietOutputByDefault` parmi les déclarations du fichier projet ([section 8.3 page 103](#)).

Les deux options de la ligne de commande *quiet* et *verbose* s'excluent et ne peuvent pas être appelées par la construction `[option nom_composant_option.nom_option nom_info]` (voir [section 53.1.16 page](#)

406) : c'est ce constructeur, qui s'adapte à la configuration du compilateur, qu'il faut appeler.

Par exemple :

```
if @application.verboseOutput then
  # impressions de la sortie verbeuse
end
```

16.9 Introspection des composants lexique

16.9.1 Constructeur keywordIdentifierSet

```
constructor @application keywordIdentifierSet -> @stringset
```

Ce constructeur renvoie l'ensemble des identificateurs des listes de mots réservés définies dans les composants lexiques du projet. Un identificateur est composé du nom du lexique, suivi de « : », et du nom de la liste des mots réservés.

Si par exemple un projet définit le composant lexique suivant :

```
lexique monLexique {
  ...
  list mots1 ... { ... }
  ...
  list mots2 ... { ... }
  ...
}
```

Alors :

```
let theList = @application.keywordIdentifierSet
log theList # "monLexique:mots1", "monLexique:mots2"
```

16.9.2 Constructeur keywordListForIdentifier

```
constructor @application keywordListForIdentifier
  ?@string inIdentifier
-> @stringlist
```

Ce constructeur renvoie le contenu de la liste désignée par `inIdentifier`. Si `inIdentifier` n'est pas une des valeurs renvoyées par le [constructeur keywordIdentifierSet du type @application – page 162](#), la liste retournée est vide.

Si par exemple un projet définit le composant lexique suivant :

```
lexique monLexique {  
    ...  
    list mots ... { "a", "b", "c" }  
    ...  
}
```

Alors :

```
let theList = @application.keywordListForIdentifier {"monLexique:mots"}  
log theList # "a", "b", "c"
```

Chapitre 17

Le type @bigint

17.1	Constante littérale	164
17.2	Construction	165
17.3	Comparaison	166
17.4	Conversions	166
17.5	Conversions en chaîne de caractères	170
17.6	Extraction	172
17.7	Arithmétique	178
17.8	Division	179
17.9	Décalages	183
17.10	Opérations logiques	184
17.11	Manipulation de bits	186

Le type `@bigint` définit les entiers signés d'une taille quelconque, seulement limitée par la mémoire disponible. Ce type est simplement une interface des entiers de la librairie GMP¹.

17.1 Constante littérale

Utiliser le suffixe «G» pour définir une constante littérale de type `@bigint` :

```
@bigint a = 1234567890_1234567890_1234567890_G
message [a string] + "\n" # 123456789012345678901234567890
```

Vous pouvez utiliser le caractère de soulignement «_» pour séparer les chiffres.

Avec le préfixe «0x», vous pouvez écrire les nombres en hexadécimal :

```
@bigint a = 0x123456789ABCDEF0_123456789abcdefG
message [a hexString] + "\n" # 0x123456789ABCDEF0_123456789ABCDEF
```

¹<http://www.gmp1ib.org>.

Les lettres minuscules «a» à «f» et majuscules «A» à «F» sont utilisées pour définir les constantes entières en hexadécimal.

17.2 Construction

Le type `@bigint` ne définit que deux constructeurs :

- [constructeur zero du type @bigint – page 165](#);
- [constructeur default du type @bigint – page 165](#).

Ces deux constructeurs renvoient un `@bigint` initialisé à 0.

Pour construire un `@bigint`, vous pouvez aussi utiliser les *getters* suivants :

- [getter bigint du type @bool \(page 206\)](#) ;
- [getter bigint du type @sint \(page 238\)](#) ;
- [getter bigint du type @sint64 \(page 244\)](#) ;
- [getter bigint du type @uint \(page 288\)](#) ;
- [getter bigint du type @uint64 \(page 296\)](#) .

17.2.1 Constructeur zero

```
constructor @bigint zero -> @bigint
```

Le constructeur `zero` renvoie un `@bigint` initialisé à zéro :

```
@bigint a = .zero  
message [a string] + "\n" # 0
```

17.2.2 Constructeur default

```
constructor @bigint default -> @bigint
```

Le constructeur `default`, comme le constructeur `zero`, renvoie un `@bigint` initialisé à zéro :

```
@bigint a = .default  
message [a string] + "\n" # 0
```

17.3 Comparaison

Le type `@bigint` implémente les six opérateurs de comparaison `==`, `!=`, `<`, `<=`, `>` et `>=`. Il implémente aussi les *getters* `isZero` et `sign` qui permettent de comparer un `@bigint` avec zéro.

17.3.1 Opérateurs infixés de comparaison

```
operator @bigint == @bigint -> @bool
operator @bigint != @bigint -> @bool
operator @bigint >= @bigint -> @bool
operator @bigint > @bigint -> @bool
operator @bigint <= @bigint -> @bool
operator @bigint < @bigint -> @bool
```

17.3.2 Getter isZero

```
getter isZero -> @bool
```

Ce *getter* renvoie `true` si valeur du récepteur est nulle, et `false` dans le cas contraire.

```
message [[0G isZero] ocString] + "\n" # YES
message [[1G isZero] ocString] + "\n" # NO
```

17.3.3 Getter sign

```
getter sign -> @sint
```

Ce *getter* renvoie :

- `-1S` si la valeur du récepteur est strictement négative ;
- `0S` si la valeur du récepteur est nulle ;
- `1S` si la valeur du récepteur est strictement positive.

```
message [[0G sign] >= 0S ocString] + "\n" # YES
message [[1G sign] < 0S ocString] + "\n" # NO
```

17.4 Conversions

Les *getters* suivants permettent de convertir un `@bigint` dans un type entier usuel :

- [getter sint du type @bigint \(page 169\)](#) ;
- [getter sint64 du type @bigint \(page 169\)](#) ;
- [getter uint du type @bigint \(page 170\)](#) ;
- [getter uint64 du type @bigint \(page 170\)](#) .

Ils échouent si le récepteur ne peut pas être converti sans perte. On peut utiliser les *getters* suivants pour vérifier préalablement si une conversion est possible :

- [getter bitCountForSignedRepresentation du type @bigint \(page 167\)](#) ;
- [getter bitCountForUnsignedRepresentation du type @bigint \(page 167\)](#) ;
- [getter fitsInSInt du type @bigint \(page 168\)](#) ;
- [getter fitsInSInt64 du type @bigint \(page 168\)](#) ;
- [getter fitsInUInt du type @bigint \(page 169\)](#) ;
- [getter fitsInUInt64 du type @bigint \(page 169\)](#) .

17.4.1 Getter bitCountForSignedRepresentation

```
getter bitCountForSignedRepresentation -> @uint
```

Ce *getter* permet de connaître le nombre de bits nécessaires pour écrire la valeur du récepteur dans la représentation binaire *complément à deux*.

```
message [[0G bitCountForSignedRepresentation] string] + "\n" # 1
message [[1G bitCountForSignedRepresentation] string] + "\n" # 2
message [[-1G bitCountForSignedRepresentation] string] + "\n" # 1
message [[0x8000G bitCountForSignedRepresentation] string] + "\n" # 17
message [[-0x8000G bitCountForSignedRepresentation] string] + "\n" # 16
```

Pour connaître le nombre d'octets nécessaires pour représenter la valeur du récepteur dans la représentation binaire *complément à deux*, on calcule :

```
(([bigint bitCountForSignedRepresentation] - 1) / 8 + 1
```

Et pour le nombre de mots de 32 bits :

```
(([bigint bitCountForSignedRepresentation] - 1) / 32 + 1
```

17.4.2 Getter bitCountForUnsignedRepresentation

```
getter bitCountForUnsignedRepresentation -> @uint
```

Ce *getter* permet de connaître le nombre de bits nécessaires pour écrire la valeur absolue du récepteur dans la représentation binaire *naturelle*.

```
message [[0G bitCountForUnsignedRepresentation] string] + "\n" # 1
message [[1G bitCountForUnsignedRepresentation] string] + "\n" # 1
message [[-1G bitCountForUnsignedRepresentation] string] + "\n" # 1
message [[0x8000G bitCountForUnsignedRepresentation] string] + "\n" # 16
message [[-0x8000G bitCountForUnsignedRepresentation] string] + "\n" # 16
```

Comme c'est la valeur absolue qui est prise en compte, le signe n'intervient pas.

Pour connaître le nombre d'octets nécessaires pour représenter la valeur absolue du récepteur dans la représentation binaire *naturelle*, on calcule :

```
(([bigint bitCountForUnsignedRepresentation] - 1) / 8 + 1
```

Et pour le nombre de mots de 32 bits :

```
(([bigint bitCountForUnsignedRepresentation] - 1) / 32 + 1
```

17.4.3 Getter fitsInSInt

```
getter fitsInSInt -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur peut être converti en `@sint`. Pour effectuer la conversion, utilisez le *getter sint du type @bigint (page 169)*.

```
message [[0x1234_5678G fitsInSInt] ocString] + "\n" # YES
message [[0x7FFF_FFFFG fitsInSInt] ocString] + "\n" # YES
message [[0x8000_0000G fitsInSInt] ocString] + "\n" # NO
message [[-0x8000_0000G fitsInSInt] ocString] + "\n" # YES
message [[-0x8000_0001G fitsInSInt] ocString] + "\n" # NO
```

17.4.4 Getter fitsInSInt64

```
getter fitsInSInt64 -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur peut être converti en `@sint64`. Pour effectuer la conversion, utilisez le *getter sint64 du type @bigint (page 169)*.

```
message [[0x1234_5678_9ABC_DEF0G fitsInSInt64] ocString] + "\n" # YES
message [[0x7FFF_FFFF_FFFF_FFFFG fitsInSInt64] ocString] + "\n" # YES
message [[0x8000_0000_0000_0000G fitsInSInt64] ocString] + "\n" # NO
message [[-0x8000_0000_0000_0000G fitsInSInt64] ocString] + "\n" # YES
```



```
message [[-0x8000_0000_0000_0001G fitsInSInt64] ocString] + "\n" # NO
```

17.4.5 Getter fitsInUInt

```
getter fitsInUInt -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur peut être converti en `@uint`. Pour effectuer la conversion, utilisez le *getter uint du type @bigint (page 170)*.

```
message [[0x1234_5678G fitsInUInt] ocString] + "\n" # YES
message [[0x1234_5678_9G fitsInUInt] ocString] + "\n" # NO
message [[-1G fitsInUInt] ocString] + "\n" # NO
```

17.4.6 Getter fitsInUInt64

```
getter fitsInUInt64 -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur peut être converti en `@uint64`. Pour effectuer la conversion, utilisez le *getter uint64 du type @bigint (page 170)*.

```
message [[0x1234_5678_9ABC_DEF0G fitsInUInt64] ocString] + "\n" # YES
message [[0x1234_5678_9ABC_DEF0_1G fitsInUInt64] ocString] + "\n" # NO
message [[-1G fitsInUInt64] ocString] + "\n" # NO
```

17.4.7 Getter sint

```
getter sint -> @sint
```

Ce *getter* permet de convertir le récepteur en `@sint`. Si la conversion n'est pas possible, un message d'erreur est affiché et la valeur renvoyée n'est pas construite. On peut tester si la conversion est possible en appelant le *getter fitsInSint du type @bigint (page 168)*.

```
message [[-0x1234_5678G sint] hexString] + "\n" # 0xEDCBA988
```

17.4.8 Getter sint64

```
getter sint64 -> @sint64
```

Ce *getter* permet de convertir le récepteur en `@sint64`. Si la conversion n'est pas possible, un message d'erreur est affiché et la valeur renvoyée n'est pas construite. On peut tester si la conversion est possible en appelant le *getter fitsInSint64 du type @bigint (page 168)*.

```
message [[-0x1234_5678_9ABC_DEF0G sint64] hexString] + "\n" # 0xEDCBA98765432110
```

17.4.9 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Ce *getter* permet de convertir le récepteur en `@uint`. Si la conversion n'est pas possible, un message d'erreur est affiché et la valeur renvoyée n'est pas construite. On peut tester si la conversion est possible en appelant le *getter fitsInUInt du type @bigint (page 169)*.

```
message [[0x1234_5678G uint] hexString] + "\n" # 0x12345678
```

17.4.10 Getter uint64

```
getter uint64 -> @uint64
```

Ce *getter* permet de convertir le récepteur en `@uint64`. Si la conversion n'est pas possible, un message d'erreur est affiché et la valeur renvoyée n'est pas construite. On peut tester si la conversion est possible en appelant le *getter fitsInUInt64 du type @bigint (page 169)*.

```
message [[0x1234_5678_9ABC_DEFG uint64] hexString] + "\n" # 0x123456789ABCDEF
```

17.5 Conversions en chaîne de caractères

Plusieurs *getters* sont disponibles pour convertir un `bigint` en `@string` :

- *getter string du type @bigint (page 170)* ;
- *getter spacedString du type @bigint (page 171)* ;
- *getter hexString du type @bigint (page 171)* ;
- *getter xString du type @bigint (page 171)*.

17.5.1 Getter string

```
getter string -> @string
```

Ce *getter* renvoie la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères décimaux (de 0 à 9). Si cette valeur est négative, le premier caractère est un signe -. Par exemple :

```
@bigint a = -1234567890_1234567890_1234567890_G
message [a string] + "\n" # -123456789012345678901234567890
```

17.5.2 Getter spacedString

```
getter spacedString ?@uint inSeparation -> @string
```

Ce getter renvoie la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères décimaux (de 0 à 9). Si cette valeur est négative, le premier caractère est un signe -. Un espace est inséré entre inSeparation caractères consécutifs. Si la valeur du récepteur est négative, aucun espace n'est ajouté après le signe « - ». Par exemple :

```
message [123_456_789_012_345_678G spacedString !3] + "\n"
# "123 456 789 012 345 678"
message [-123_456_789_012_345_678G spacedString !3] + "\n"
# "-123 456 789 012 345 678"
```

17.5.3 Getter hexString

```
getter hexString -> @string
```

Ce getter renvoie la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères hexadécimaux (0 à 9, A à F). La valeur retournée est préfixée par « 0x », qui est placé après un éventuel signe « - ». Exemple :

```
@bigint a = -1234567890_1234567890_1234567890_G
message [a hexString] + "\n" # -0x18EE90FF6C373E0EE4E3F0AD2
```

17.5.4 Getter hexStringSeparatedBy

```
getter hexStringSeparatedBy ?@char inSeparator ?@uint inGroup -> @string
```

Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string 0x. Groups of inGroup digits are separated by the inSeparator character.

If inGroup is equal to zero, a run-time error is raised.

For example :

```
let s = [0x123456789ABCDEF0G hexStringSeparatedBy !'_' !4] # 0x1234_5678_9ABC_DEF0
```

17.5.5 Getter xString

```
getter xString -> @string
```

Ce getter renvoie la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères hexadécimaux (0 à 9, A à F). Si cette valeur est négative, le premier caractère est un signe -. Il n'y a pas de préfixe «0x». Exemple :

```
@bigint a = -1234567890_1234567890_1234567890_G
message [a xString] + "\n" # -18EE90FF6C373E0EE4E3F0AD2
```

17.6 Extraction

Six *getters* d'extraction sont définis. Ils permettent d'obtenir la valeur d'un @bigint sous la forme d'un @uintlist ou d'un @uint64list. Ces getters sont :

- *getter extract8ForUnsignedRepresentation du type @bigint (page 172) ;*
- *getter extract8ForSignedRepresentation du type @bigint (page 173) ;*
- *getter extract32ForUnsignedRepresentation du type @bigint (page 174) ;*
- *getter extract32ForSignedRepresentation du type @bigint (page 175) ;*
- *getter extract64ForUnsignedRepresentation du type @bigint (page 176) ;*
- *getter extract64ForSignedRepresentation du type @bigint (page 177) .*

Les *getters* «extract8...» fournissent des mots de 8 bits, «extract32...» des mots de 32 bits et «extract64...» des mots de 64 bits. Les *getters* «...Unsigned...» extraient la valeur absolue du nombre, et retournent une représentation *binaires naturelle*. Les *getters* «...Signed...» extraient la valeur du nombre en tenant compte de son signe, et retournent une représentation *complément à deux*.

17.6.1 Getter extract8ForUnsignedRepresentation

```
getter extract8ForUnsignedRepresentation -> @uintlist
```

Ce *getter* permet d'obtenir la représentation binaire *naturelle* de la valeur absolue du récepteur sous la forme d'un @uintlist, dont la valeur de chaque élément est comprise entre 0 et 255. L'octet de poids faible est à l'indice 0, et l'octet de poids fort au dernier indice. Suivant le sens de parcours de la liste, on peut construire une représentation *little endian* ou *big endian*.

```
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
@uintlist a = [0xFF_EEDD_CCBB_AA99_8877_6655_4433_2211G
  extract8ForUnsignedRepresentation
]
var s = ""
```

```

for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x11 0x22 0x33 0x44 . . . 0xAA 0xBB 0xCC 0xDD 0xEE 0xFF
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xFF 0xEE 0xDD 0xCC 0xBB 0xAA . . . 0x44 0x33 0x22 0x11

```

Si le récepteur est nul, le vecteur retourné comprend un seul élément de valeur 0.

```

@uintlist a = [0G extract8ForUnsignedRepresentation]
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x0

```

17.6.2 Getter extract8ForSignedRepresentation

```
getter extract8ForSignedRepresentation -> @uintlist
```

Ce *getter* permet d'obtenir la représentation binaire *complément à deux* de la valeur du récepteur sous la forme d'un `@uintlist`, dont la valeur de chaque élément est comprise entre 0 et 255. L'octet de poids faible est à l'indice 0, et l'octet de poids fort au dernier indice. Suivant le sens de parcours de la liste, on peut construire une représentation *little endian* ou *big endian*.

Si la valeur du récepteur est positive, alors son bit de poids fort est zéro. Ce bit est le bit le plus significatif du dernier élément de la liste renvoyée. Dans l'exemple ci-dessus, c'est la valeur `0xFF_EEDD_..._2211G` qui est utilisée, comme pour le premier exemple du *getter* `extract8ForUnsignedRepresentation`. Comme le bit de poids fort de ce nombre est 1, l'extraction en *signé* retourne un élément de plus que l'extraction en *non signé*, élément dont la valeur est 0.

```

# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
@uintlist a = [0xFF_EEDD_CCBB_AA99_8877_6655_4433_2211G
  extract8ForSignedRepresentation
]
var s = ""
for (n) in a

```

```

do s += [n hexString]
between s += " "
end
message s + "\n" # 0x11 0x22 0x33 0x44 . . . 0xAA 0xBB 0xCC 0xDD 0xEE 0xFF 0x00
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
do s += [n hexString]
between s += " "
end
message s + "\n" # 0x00 0xFF 0xEE 0xDD 0xCC 0xBB 0xAA . . . 0x44 0x33 0x22 0x11

```

Un nombre négatif est représenté sous la forme de son complément à deux, son bit de poids fort est toujours un 1 :

```

# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
@uintlist a = [-0x4433_2211G extract8ForSignedRepresentation]
var s = ""
for (n) in a
do s += [n hexString]
between s += " "
end
message s + "\n" # 0xEF 0xDD 0xCC 0xBB
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
do s += [n hexString]
between s += " "
end
message s + "\n" # 0xBB 0xCC 0xDD 0xEF

```

17.6.3 Getter extract32ForUnsignedRepresentation

```
getter extract32ForUnsignedRepresentation -> @uintlist
```

Ce *getter* permet d'obtenir la représentation binaire *naturelle* de la valeur absolue du récepteur sous la forme d'un `@uintlist`. Le mot de poids faible est à l'indice 0, et le mot de poids fort au dernier indice. Suivant le sens de parcours de la liste, on peut construire une représentation *little endian* ou *big endian*.

```

@uintlist a = [0xFF_EEDD_CCBB_AA99_8877_6655_4433_2211G
extract32ForUnsignedRepresentation
]
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian

```

```

var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x44332211 0x88776655 0xCCBBAA99 0x00FFEEDD
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x00FFEEDD 0xCCBBAA99 0x88776655 0x44332211

```

Si le récepteur est nul, le vecteur retourné comprend un seul élément de valeur 0.

```

@uintlist a = [0G extract32ForUnsignedRepresentation]
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x0

```

17.6.4 Getter extract32ForSignedRepresentation

```
getter extract32ForSignedRepresentation -> @uintlist
```

Ce *getter* permet d'obtenir la représentation binaire *complément à deux* de la valeur du récepteur sous la forme d'un `@uintlist`. L'octet de poids faible est à l'indice 0, et l'octet de poids fort au dernier indice. Suivant le sens de parcours de la liste, on peut construire une représentation *little endian* ou *big endian*.

Si la valeur du récepteur est positive, alors son bit de poids fort est zéro. Ce bit est le bit le plus significatif du dernier élément de la liste renvoyée.

```

let @uintlist a = [0xFF_EEDD_CCBB_AA99_8877_6655_4433_2211G
  extract32ForSignedRepresentation
]
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end

```

```

message s + "\n" # 0x44332211 0x88776655 0xCCBAA99 0x00FFEEDD
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x00FFEEDD 0xCCBAA99 0x88776655 0x44332211

```

Un nombre négatif est représenté sous la forme de son complément à deux, son bit de poids fort est toujours un 1 :

```

let @uintlist a = [-0x55_4433_2211G extract32ForSignedRepresentation]
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xBBCCDDEF 0xFFFFFAA
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xFFFFFAA 0xBBCCDDEF

```

17.6.5 Getter extract64ForUnsignedRepresentation

```
getter extract64ForUnsignedRepresentation -> @uint64list
```

Ce *getter* permet d'obtenir la représentation binaire *naturelle* de la valeur absolue du récepteur sous la forme d'un `@uint64list`. Le mot de poids faible est à l'indice 0, et le mot de poids fort au dernier indice. Suivant le sens de parcours de la liste, on peut construire une représentation *little endian* ou *big endian*.

```

let @uint64list a = [0xFF_EEDD_CCB_BAA99_8877_6655_4433_2211G
  extract64ForUnsignedRepresentation
]
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]

```



```

    between s += " "
end
message s + "\n" # 0x8877665544332211 0xFFEEDDCCBBAA99
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xFFEEDDCCBBAA99 0x8877665544332211

```

Si le récepteur est nul, le vecteur retourné comprend un seul élément de valeur 0.

```

@uint64list a = [0G extract64ForUnsignedRepresentation]
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x0

```

17.6.6 Getter extract64ForSignedRepresentation

```
getter extract64ForSignedRepresentation -> @uint64list
```

Ce *getter* permet d'obtenir la représentation binaire *complément à deux* de la valeur du récepteur sous la forme d'un `@uintlist`. L'octet de poids faible est à l'indice 0, et l'octet de poids fort au dernier indice. Suivant le sens de parcours de la liste, on peut construire une représentation *little endian* ou *big endian*.

Si la valeur du récepteur est positive, alors son bit de poids fort est zéro. Ce bit est le bit le plus significatif du dernier élément de la liste renvoyée.

```

let @uint64list a = [0xFF_EEDD_CCBB_AA99_8877_6655_4433_2211G
  extract64ForSignedRepresentation
]
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0x8877665544332211 0xFFEEDDCCBBAA99
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""

```

```

for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xFFEEDDCCBBA99 0x8877665544332211

```

Un nombre négatif est représenté sous la forme de son complément à deux, son bit de poids fort est toujours un 1 :

```

let @uint64list a = [-0x55_4433_2211G extract64ForSignedRepresentation]
# Parcours dans le sens des indices croissants : little endian
var s = ""
for (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xFFFFFAABBCCDDEF
# Parcours dans le sens des indices décroissants : big endian
s = ""
for > (n) in a
  do s += [n hexString]
  between s += " "
end
message s + "\n" # 0xFFFFFAABBCCDDEF

```

17.7 Arithmétique

17.7.1 Opérateurs + et - préfixés

```

operator + @bigint -> @bigint
operator - @bigint -> @bigint

```

L'opérateur « - » préfixé effectue la négation de l'expression qui le suit. L'opérateur « + » préfixé n'a aucun effet, il retourne la valeur de l'expression.

```

@bigint a = +1234567890_1234567890_1234567890_G
message [a string] + "\n" # 123456789012345678901234567890

```

17.7.2 Getter abs

```

getter abs -> @bigint

```

Le `getter abs` retourne la valeur absolue.

```
@bigint a = [-1234567890_1234567890_1234567890_G abs]
message [a string] + "\n" # 123456789012345678901234567890
```

17.7.3 Addition et soustraction

```
operator @bigint + @bigint -> @bigint
operator @bigint - @bigint -> @bigint
```

Les opérateurs «+» et «-» infixés effectuent respectivement la somme et la différence de leurs opérands. Comme la taille des `@bigint` est non limitée, aucun débordement n’a lieu.

17.7.4 Incrémentation et décrémentation

```
operator @bigint ++
operator @bigint --
```

Le type `@bigint` accepte les opérateurs d’incrément `++` et de décrémentation `--`. Aucun débordement n’a lieu.

17.7.5 Multiplication

```
operator @bigint * @bigint -> @bigint
```

L’opérateur `*` infixé effectue le produit de ses opérands. Comme la taille des `@bigint` est non limitée, aucun débordement n’a lieu.

17.8 Division

La division d’un entier n par un diviseur d retourne un quotient q et un reste r :

$$n = q * d + r, \text{ avec } 0 \leq |r| < |d|$$

Trois opérations différentes sont possibles, suivant que l’on veuille obtenir un quotient arrondi :

- *vers* $+\infty$, et r a un signe opposé à d ;
- *vers* $-\infty$, et r a le même signe que d ;
- *vers zéro*, et r a le même signe que n .

En C, les opérateurs de division («/»), et de calcul du reste («%») utilisent un quotient arrondi *vers zéro*. L’opérateur de décalage à droite («>>») de n bits renvoie le quotient arrondi *vers* $-\infty$ de la division

par 2^n . En GALGAS, les opérateurs correspondants sur les types `@uint`, `@sint`, `@uint64` et `@sint64` sont conformes à ce comportement.

Le type `@bigint` obéit aux mêmes règles :

- les opérateurs `/` et `mod` infixés effectuent la division qui calcule le quotient arrondi *vers zéro*;
- l'opérateur `>>` infixé calcule le quotient arrondi *vers $-\infty$* de la division par 2^n ;

De plus, trois méthodes sont disponibles, qui retournent quotient et reste de la division :

- la méthode `divideBy` retourne le le quotient arrondi *vers zéro* et le reste correspondant;
- la méthode `floorDivideBy` retourne le le quotient arrondi *vers $-\infty$* et le reste correspondant;
- la méthode `ceilDivideBy` retourne le le quotient arrondi *vers $+\infty$* et le reste correspondant.

17.8.1 Opérateur «/» infixé

```
operator @bigint / @bigint -> @bigint
```

Il effectue la division entière de l'expression de gauche par l'expression de droite et renvoie le quotient. Si l'expression de gauche est nulle, alors un message d'erreur est affiché et le résultat n'est pas construit.

```
message [(-7S) / 2S string] + "\n" # -3
message [(-7G) / 2G string] + "\n" # -3
message [(-7S) / (-2S) string] + "\n" # 3
message [(-7G) / (-2G) string] + "\n" # 3
message [7S / (-2S) string] + "\n" # -3
message [7G / (-2G) string] + "\n" # -3
```

17.8.2 Opérateur «mod» infixé

```
operator @bigint mod @bigint -> @bigint
```

Il renvoie le reste de la division entière de l'expression de gauche par l'expression de droite, telle que décrite au dessus. Si cette dernière est nulle, alors un message d'erreur est affiché et le résultat n'est pas construit.

```
message [9876543210G mod 1234567890G string] + "\n" # 90
message [(-9876543210G) mod 1234567890G string] + "\n" # -90
message [(-9876543210G) mod (-1234567890G) string] + "\n" # -90
message [9876543210G mod (-1234567890G) string] + "\n" # 90
message [2000S mod 183S string] + "\n" # 170
message [(-2000S) mod 183S string] + "\n" # -170
message [(-2000S) mod (-183S) string] + "\n" # -170
```

```
message [2000S mod (-183S) string] + "\n" # 170
```

17.8.3 Méthode divideBy

```
method @bigint divideBy ?@bigint inDivisor
    !@bigint outQuotient
    !@bigint outRemainder
```

Elle effectue la division dont le quotient arrondi *vers zéro*, c'est-à-dire elle combine les opérateurs « / » et « mod » en une seule opération pour retourner quotient et reste.

```
@bigint quotient
@bigint remainder
[9876543210_9876543210G divideBy
    !1234567890G
    ?quotient:quotient
    ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # 80000000737 8280
[-9876543210_9876543210G divideBy
    !1234567890G
    ?quotient:quotient
    ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # -80000000737 -8280
[-9876543210_9876543210G divideBy
    !-1234567890G
    ?quotient:quotient
    ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # 80000000737 -8280
[9876543210_9876543210G divideBy
    !-1234567890G
    ?quotient:quotient
    ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # -80000000737 8280
```

17.8.4 Méthode floorDivideBy

```
method @bigint floorDivideBy ?@bigint inDivisor
```

```
!@bigint outQuotient
!@bigint outRemainder
```

Elle effectue toujours la division dont le quotient arrondi *vers* $-\infty$.

```
@bigint quotient
@bigint remainder
[9876543210_9876543210G floorDivideBy
  !1234567890G
  ?quotient:quotient
  ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # 80000000737 8280
[-9876543210_9876543210G floorDivideBy
  !1234567890G
  ?quotient:quotient
  ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # -80000000738 1234559610
[-9876543210_9876543210G floorDivideBy
  !-1234567890G
  ?quotient:quotient
  ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # 80000000737 -8280
[9876543210_9876543210G floorDivideBy
  !-1234567890G
  ?quotient:quotient
  ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # -80000000738 -1234559610
```

17.8.5 Méthode ceilDivideBy

```
method @bigint ceilDivideBy ?@bigint inDivisor
  !@bigint outQuotient
  !@bigint outRemainder
```

Elle effectue toujours la division dont le quotient arrondi *vers* $+\infty$.

```
@bigint quotient
@bigint remainder
[9876543210_9876543210G ceilDivideBy
  !1234567890G
```

```

    ?quotient:quotient
    ?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # 80000000738 -1234559610
[-9876543210_9876543210G ceilDivideBy
!1234567890G
?quotient:quotient
?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # -80000000737 -8280
[-9876543210_9876543210G ceilDivideBy
!-1234567890G
?quotient:quotient
?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # 80000000738 1234559610
[9876543210_9876543210G ceilDivideBy
!-1234567890G
?quotient:quotient
?remainder:remainder
]
message [quotient string] + " " + remainder + "\n" # -80000000737 8280

```

17.9 Décalages

17.9.1 Opérateur <<

```
operator @bigint << @uint -> @bigint
```

L'opérateur « << » infixé effectue un décalage à gauche. L'expression de droite est toujours un @uint . Un décalage à gauche de n bits est sémantiquement équivalent à une multiplication par 2^n , que le nombre auquel s'applique le décalage soit signé ou non. C'est la sémantique des décalages à gauche des types @sint et @sint64 :

```

message [0x1234567890G << 12 hexString] + "\n" # 0x1234567890000
message [(-0x1234567890G) << 12 hexString] + "\n" # -0x1234567890000
message [2000S << 2 string] + "\n" # 8000
message [(-2000S) << 2 string] + "\n" # -8000

```

17.9.2 Opérateur >>

```
operator @bigint >> @uint -> @bigint
```

L'opérateur « `>>` » infixé effectue un décalage à droite. L'expression de droite est toujours un `@uint` :

```
message [0x1234567890G >> 12 hexString] + "\n" # 0x1234567
message [(-0x1234567890G) >> 12 hexString] + "\n" # -0x1234567
message [2000S >> 2 string] + "\n" # 500
message [(-2000S) >> 2 string] + "\n" # -500
```

Un décalage à droite de n bits d'un nombre positif ou négatif est sémantiquement équivalent au quotient *par défaut* d'une division par 2^n , c'est-à-dire que le reste est toujours positif ou nul.

Quelques exemples de décalage à droite de nombres positifs :

```
message [9G >> 1 string] + "\n" # 4
message [9S >> 1 string] + "\n" # 4
message [7G >> 1 string] + "\n" # 3
message [7S >> 1 string] + "\n" # 3
message [3G >> 1 string] + "\n" # 1
message [3S >> 1 string] + "\n" # 1
message [1G >> 1 string] + "\n" # 0
message [1S >> 1 string] + "\n" # 0
```

Et pour des nombres négatifs :

```
message [-9G >> 1 string] + "\n" # -5
message [-9S >> 1 string] + "\n" # -5
message [-7G >> 1 string] + "\n" # -4
message [-7S >> 1 string] + "\n" # -4
message [-3G >> 1 string] + "\n" # -2
message [-3S >> 1 string] + "\n" # -2
message [-1G >> 1 string] + "\n" # -1
message [-1S >> 1 string] + "\n" # -1
```

Dans tous les cas, la sémantique du décalage à droite du type `@bigint` est la même que celles des types `@sint` et `@sint64`.

17.10 Opérations logiques

Le type `@bigint` implémente les opérations logiques `&` (*et logique*), `|` (*ou logique*), `^` (*ou exclusif logique*) et `~` (*négation logique*). Si les opérandes sont positifs ou nuls, le comportement de ces opérateurs est celui attendu. Pour comprendre le comportement avec des opérandes négatifs, ou de signe contraire, il faut considérer que la représentation des `@bigint` est la suivante :

- la valeur d'un nombre positif ou nul est préfixée par une infinité de zéros ;

- la valeur d'un nombre strictement négatif est préfixée par une infinité de uns.

Par exemple :

- 0x1234 est représenté par 0x...01234;
- -0x1234 est représenté par 0x...FEDCC.

17.10.1 Opérateur & infixé

```
operator @bigint & @bigint -> @bigint
```

L'opérateur `&` infixé réalise un « *et logique* » entre ses opérandes. Le résultat est positif ou nul dès qu'un des deux opérandes est positif.

```
message [0x1234G & 0x4321G hexString] + "\n" # 0x220
message [-0x1234G & 0x4321G hexString] + "\n" # 0x4100
message [-0x80G & 0xFFG hexString] + "\n" # 0x80
```

Considérons le deuxième exemple et voyons comment le résultat est obtenu :

Premier opérande	0x...FEDCC	représentation théorique de -0x1234
Second opérande	0x...04321	représentation théorique de 0x4321
Résultat	0x...04100	représentation théorique de 0x4100

17.10.2 Opérateur | infixé

```
operator @bigint | @bigint -> @bigint
```

L'opérateur `|` infixé réalise un « *ou logique* » entre ses opérandes. Le résultat est négatif dès qu'un des deux opérandes est négatif.

```
message [0x1234G | 0x4321G hexString] + "\n" # 0x5335
message [-0x1234G | 0x4321G hexString] + "\n" # -0x1013
message [-0x80G | 0xFFG hexString] + "\n" # -0x1
```

Considérons le deuxième exemple et voyons comment le résultat est obtenu :

Premier opérande	0x...FEDCC	représentation théorique de -0x1234
Second opérande	0x...04321	représentation théorique de 0x4321
Résultat	0x...FEFED	représentation théorique de -0x1013

17.10.3 Opérateur ^ infixé

```
operator @bigint ^ @bigint -> @bigint
```

L'opérateur `^` infixé réalise un « *ou exclusif logique* » entre ses opérandes. Le résultat est négatif quand les deux opérandes sont de signe contraire, et positif si ils sont de même signe.

```
message [0x1234G ^ 0x4321G hexString] + "\n" # 0x5115
message [-0x1234G ^ 0x4321G hexString] + "\n" # -0x5113
message [-0x80G ^ 0xFFG hexString] + "\n" # -0x81
message [-0x80G ^ -0xFFG hexString] + "\n" # 0x81
```

Considérons le deuxième exemple et voyons comment le résultat est obtenu :

Premier opérande	0x...FEDCC	représentation théorique de -0x1234
Second opérande	0x...04321	représentation théorique de 0x4321
Résultat	0x...FAEED	représentation théorique de -0x5113

17.10.4 Opérateur `~` préfixé

```
operator ~ @bigint -> @bigint
```

L'opérateur `~` préfixé réalise la complémentation logique de son opérande. Le résultat est négatif si l'opérande est positif ou nul, et positif si il est négatif.

```
message [~ 0x1234G hexString] + "\n" # -0x1235
message [~ -0x1234G hexString] + "\n" # 0x1233
```

Considérons le second exemple et voyons comment le résultat est obtenu :

Opérande	0x...FEDCC	représentation théorique de -0x1234
Résultat	0x...01233	représentation théorique de 0x1233

17.11 Manipulation de bits

Les constructions suivantes permettent d'accéder à un bit particulier de la représentation signée en *complément à deux* de la valeur d'un `@bitint`.

Pour comprendre le comportement avec un récepteur négatif, il faut considérer, comme pour les opérateurs logiques, que la représentation des `@bigint` est la suivante :

- la valeur d'un nombre positif ou nul est préfixée par une infinité de zéros ;
- la valeur d'un nombre strictement négatif est préfixée par une infinité de uns.

Par exemple :

- 0x1234 est représenté par 0x...01234 ;

- -0x1234 est représenté par 0x...FEDCC.

17.11.1 Getter bitAtIndex

```
getter bitAtIndex ?@uint inIndex -> @bool
```

Ce *getter* permet d'obtenir la valeur d'un bit particulier de la représentation signée en *complément à deux* du récepteur. À partir d'un certain rang, la valeur obtenue pour un nombre positif est toujours **false**, et pour un nombre négatif toujours **true**.

```
message [[0x1234G bitAtIndex !7] ocString] + "\n" # NO
message [[0x1234G bitAtIndex !5] ocString] + "\n" # YES
message [[0x1234G bitAtIndex !25] ocString] + "\n" # NO
message [[-0x1234G bitAtIndex !7] ocString] + "\n" # YES
message [[-0x1234G bitAtIndex !5] ocString] + "\n" # NO
message [[-0x1234G bitAtIndex !25] ocString] + "\n" # YES
```

17.11.2 Setter setBitAtIndex

```
setter @bigint setBitAtIndex ?@bool inValue ?@uint inIndex
```

Ce *setter* permet de mettre à zéro ou à un bit particulier de la représentation signée en *complément à deux* du récepteur. Noter que cette opération ne change jamais le signe d'un nombre.

```
var a = 0x1234G
[! ?a setBitAtIndex !true !14]
message [a hexString] + "\n" # 0x5234
[! ?a setBitAtIndex !true !40]
message [a hexString] + "\n" # 0x1000005234
a = -0x1234G
[! ?a setBitAtIndex !false !14]
message [a hexString] + "\n" # -0x5234
[! ?a setBitAtIndex !false !40] # -0x1000005234
message [a hexString] + "\n"
```

Considérons le dernier exemple et voyons comment le résultat est obtenu :

Récepteur	0x...FFFF_EDCC	représentation théorique de -0x1234
Valeur de 2^{40}	0x...0100_0000_0000	représentation théorique de 2^{40}
Valeur de $\sim 2^{40}$	0x...FEFF_FFFF_FFFF	représentation théorique de $\sim 2^{40}$
Résultat	0x...FEFF_FFFF_EDCC	représentation théorique de -0x1000005234

Le résultat est un *et logique* entre la valeur du récepteur et $\sim 2^{40}$.

17.11.3 Setter complementBitAtIndex

```
setter @bigint complementBitAtIndex ?@uint inIndex
```

Ce *setter* permet de complémenter un bit particulier de la représentation signée en *complément à deux* du récepteur. Noter que cette opération ne change jamais le signe d'un nombre.

```
var a = 0x1234G
[! ?a complementBitAtIndex !14]
message [a hexString] + "\n" # 0x5234
a = -0x1234G
[! ?a complementBitAtIndex !40]
message [a hexString] + "\n" # -0x10000005234
```

Considérons le dernier exemple et voyons comment le résultat est obtenu :

Récepteur	0x...FFFF_FFFF_EDCC	représentation théorique de -0x1234
Résultat	0x...FEFF_FFFF_EDCC	représentation théorique de -0x10000005234

Chapitre 18

Le type @binaryset

18.1	Constructeurs	189
18.2	Getters	195
18.3	Logical Operators	203
18.4	Comparison Operators	203
18.5	Shift Operators	204

Le type `@binaryset` encode des ensembles, des relations binaires, des expressions booléennes. Il est implémenté par des BDD (Binary Decision Diagrams).

18.1 Constructeurs

18.1.1 Constructeur `binarySetWithBit`

```
constructor binarySetWithBit ?@uint inBitIndex -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` dont le bit `inBitIndex` est égal à 1.

Exemple :

```
@binaryset s = .binarySetWithBit {!2}  
log s # Affiche <@binaryset: 1XX>
```

18.1.2 Constructeur `binarySetWithEqualComparison`

```
constructor binarySetWithEqualComparison  
  ?@uint inLeftFirstIndex  
  ?@uint inBitCount
```

```
?@uint inRightFirstIndex
-> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` qui encode la relation d'égalité entre deux variables.

Ce constructeur retourne un binary set qui encode la relation $a == b$, où a est encodé à partir du bit d'indice `inLeftFirstIndex` jusqu'au bit d'indice `inLeftFirstIndex + inBitCount - 1`, et b est encodé à partir du bit d'indice `inRightFirstIndex` jusqu'au bit d'indice `inRightFirstIndex + inBitCount - 1`.

Exemple :

```
@binaryset s = .binarySetWithEqualComparison {!0 !2 !3}
log s # Affiche <@binaryset: 00x00, 01x01, 10x10, 11x11>
```

18.1.3 Constructeur `binarySetWithEqualToConstant`

```
constructor binarySetWithEqualToConstant
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint64 inConstant
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a equality relation between a variable and a constant.

Ce constructeur retourne un objet qui encode la relation $a == cst$, où a est encodé à partir du bit d'indice `inBitIndex` jusqu'au bit d'indice `inBitIndex + inBitCount - 1`, et cst est défini par l'argument `inConstant`.

Exemple :

```
@binaryset s = .binarySetWithEqualToConstant {!0 !6 !23L}
log s # Affiche <@binaryset: 10111>
```

18.1.4 Constructeur `binarySetWithGreaterOrEqualComparison`

```
constructor binarySetWithGreaterOrEqualComparison
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint inRightFirstIndex
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object qui encode la relation *supérieur ou égal* entre deux variables.

Ce constructeur retourne un binary set qui encode la relation $a >= b$, où a est encodé à partir du bit d'indice `inLeftFirstIndex` jusqu'au bit d'indice `inLeftFirstIndex + inBitCount - 1`, et b est encodé à partir du bit d'indice `inRightFirstIndex` jusqu'au bit d'indice `inRightFirstIndex + inBitCount - 1`.

Exemple :

```
@binaryset s = .binarySetWithGreaterOrEqualComparison {!0 !2 !3}
log s # Affiche <@binaryset: 00XXX, 01X01, 01X1X, 10X1X, 11X11>
```

18.1.5 Constructeur binarySetWithGreaterOrEqualToConstant

```
constructor binarySetWithGreaterOrEqualToConstant
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint64 inConstant
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a greater or equal relation between a variable and a constant.

The constructor returns a binary set that encodes the $a \geq cst$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inBitIndex$ jusqu'au bit d'indice $inBitIndex + inBitCount - 1$, and cst is defined by the $inConstant$ argument.

18.1.6 Constructeur binarySetWithLowerOrEqualComparison

```
constructor binarySetWithLowerOrEqualComparison
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint inRightFirstIndex
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a lower or equal relation between two variables.

The constructor returns a binary set that encodes the $a \leq b$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inLeftFirstIndex$ jusqu'au bit d'indice $inLeftFirstIndex + inBitCount - 1$, and b est encodé à partir du bit d'indice $inRightFirstIndex$ to $inRightFirstIndex + inBitCount - 1$.

Exemple :

```
@binaryset s = .binarySetWithLowerOrEqualComparison !0 !2 !3]
log s # Affiche <@binaryset: 00X00, 01X0X, 10X0X, 10X10, 11XXX>
```

18.1.7 Constructeur binarySetWithLowerOrEqualToConstant

```
constructor binarySetWithLowerOrEqualToConstant
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint64 inConstant
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a lower or equal relation between a variable and a constant.

The constructor returns a binary set that encodes the $a \leq cst$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inBitIndex$ jusqu'au bit d'indice $inBitIndex + inBitCount - 1$, and cst is defined by the *inConstant* argument.

18.1.8 Constructeur `binarySetWithNotEqualComparison`

```

constructor binarySetWithNotEqualComparison
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint inRightFirstIndex
  -> @binaryset

```

Retourne un `@binaryset` object that encodes an inequality relation between two variables.

The constructor returns a binary set that encodes the $a \neq b$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inLeftFirstIndex$ jusqu'au bit d'indice $inLeftFirstIndex + inBitCount - 1$, and b est encodé à partir du bit d'indice $inRightFirstIndex$ to $inRightFirstIndex + inBitCount - 1$.

Exemple :

```

@binaryset s = .binarySetWithNotEqualComparison !0 !2 !3]
log s # Affiche <@binaryset: 00X01, 00X1X, 01X00, 01X1X, 10X0X, 10X11, 11X0X, 11X10>

```

18.1.9 Constructeur `binarySetWithNotEqualToConstant`

```

constructor binarySetWithNotEqualToConstant
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint64 inConstant
  -> @binaryset

```

Retourne un `@binaryset` object that encodes an inequality relation between a variable and a constant.

The constructor returns a binary set that encodes the $a \neq cst$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inBitIndex$ jusqu'au bit d'indice $inBitIndex + inBitCount - 1$, and cst is defined by the *inConstant* argument.

18.1.10 Constructeur `binarySetWithPredicateString`

```

constructor binarySetWithPredicateString ?@string inPredicateString -> @binaryset

```

Returns the `@binaryset` object described by the *inPredicateString* argument.

The *inBitString* argument string encodes a predicate string, such as those returned by [getter predicateStringValue](#) du type `@binaryset` (page 199).

The *inBitString* argument string characters should have one of the five following values :

- '0' : a bit set to zero;
- '1' : a bit set to one;
- 'X' : a don't care bit;
- ' ' : a separator (non significant character);
- '|' : the boolean *or* operation (in infix notation).

Exemple : An empty predicate string (or a string containing only spaces) provides an empty binary set :

```
@binaryset s = .binarySetWithPredicateString !" "]
@bool b == .s isEmptySet]; # b is true
```

A predicate string containing only 'X' characters (at least one) provides an full binary set :

```
@binaryset s = .binarySetWithPredicateString !" X X"] # Spaces are non significant
@bool b = [s isFullSet]; # b is true
```

A predicate string can encode a binary value (MSB first) :

```
@binaryset s [binarySetWithPredicateString !"1100"] # 12 in decimal
log s # Affiche <@binaryset: 1100>
```

You can use the boolean '|' operator for providing an or'ed values :

```
@binaryset s [binarySetWithPredicateString !" 1100 | 1101"]
log s # Affiche <@binaryset: 110X>
```

You can use you can use don't care bits and '|' operator together :

```
@binaryset s [binarySetWithPredicateString !"11X00X0 | 111XXX"]
log s # Affiche <@binaryset: 1100X0, 111XXX>
```

18.1.11 Constructeur binarySetWithStrictGreaterComparison

```
constructor binarySetWithStrictGreaterComparison
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint inRightFirstIndex
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a strict greater than relation between two variables.

The constructor returns a binary set that encodes the $a > b$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice *inLeftFirstIndex* jusqu'au bit d'indice *inLeftFirstIndex* + *inBitCount* - 1, and b est encodé à partir du bit d'indice *inRightFirstIndex* to *inRightFirstIndex* + *inBitCount* - 1.

Exemple :

```
@binaryset s [binarySetWithStrictGreaterComparison !0 !2 !3]
log s # Affiche <@binaryset: 00X01, 00X1X, 01X1X, 10X11>
```

18.1.12 Constructeur binarySetWithStrictGreaterThanConstant

```
constructor binarySetWithStrictGreaterThanConstant
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint64 inConstant
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a strict greater than relation between a variable and a constant.

The constructor returns a binary set that encodes the $a > cst$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inBitIndex$ jusqu'au bit d'indice $inBitIndex + inBitCount - 1$, and cst is defined by the $inConstant$ argument.

18.1.13 Constructeur binarySetWithStrictLowerComparison

```
constructor binarySetWithStrictLowerComparison
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint inRightFirstIndex
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a strict lower than relation between two variables.

The constructor returns a binary set that encodes the $a < b$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice $inLeftFirstIndex$ jusqu'au bit d'indice $inLeftFirstIndex + inBitCount - 1$, and b est encodé à partir du bit d'indice $inRightFirstIndex$ to $inRightFirstIndex + inBitCount - 1$.

Exemple :

```
@binaryset s [binarySetWithStrictLowerComparison !0 !2 !3]
log s # Affiche <@binaryset: 01X00, 10X0X, 11X0X, 11X10>
```

18.1.14 Constructeur binarySetWithStrictLowerThanConstant

```
constructor binarySetWithStrictLowerThanConstant
  ?@uint inLeftFirstIndex
  ?@uint inBitCount
  ?@uint64 inConstant
  -> @binaryset
```

Retourne un `@binaryset` object that encodes a strict lower than relation between a variable and a constant.

The constructor returns a binary set that encodes the $a < cst$ relation, where a est encodé à partir du bit d'indice *inBitIndex* jusqu'au bit d'indice *inBitIndex* + *inBitCount* - 1, and *cst* is defined by the *inConstant* argument.

18.1.15 Constructeur emptyBinarySet

```
constructor emptyBinarySet -> @binaryset
```

Retourne un empty `@binaryset` object.

18.1.16 Constructeur fullBinarySet

```
constructor fullBinarySet -> @binaryset
```

Returns a full `@binaryset` object.

18.2 Getters

18.2.1 Getter accessibleStates

```
getter accessibleStates -> @binaryset
```

Returns the set of accessible states from an initial state set. It computes the set of accessible states from the *inInitialStateSet* state set using the accessibility relation encoded by the receiver.

Exemple :

```
@binaryset gr [binarySetWithPredicateString !"0001 0000"] # Edge 0 -> 1
gr = gr | [@binaryset binarySetWithPredicateString !"0010 0001"] # Edge 1 -> 2
gr = gr | [@binaryset binarySetWithPredicateString !"0011 0010"] # Edge 2 -> 3
gr = gr | [@binaryset binarySetWithPredicateString !"0100 0011"] # Edge 3 -> 4
gr = gr | [@binaryset binarySetWithPredicateString !"0101 0100"] # Edge 4 -> 5
@binaryset initialState [binarySetWithPredicateString !"0000"] # 0 is the initial state
@binaryset accessibleStates = [gr accessibleStates initialState !4]
message " Accessible:"
@uint64list valueList = [accessibleStates uint64ValueList !4]
foreach valueList do
  message " " . [mValue string]
end foreach
```

```
message "\n"
```

This program Affiche : Accessible: 0 1 2 3 4 5.

18.2.2 Getter binarySetByTranslatingFromIndex

```
getter binarySetByTranslatingFromIndex ?@uint inFirstIndex ?@uint inTranslation -> @string
```

Returns a `@binaryset` value computed by translating the receiver's value by *inTranslation* bits from index *inFirstIndex*.

18.2.3 Getter compressedValueCount

```
getter compressedValueCount -> @uint64
```

Returns in an `@uint64` value the number of different compressed string values encoded by receiver's value.

18.2.4 Getter compressedStringValueList

```
getter compressedStringValueList ?@uint inBitCount -> @stringlist
```

Returns the list of compressed string values corresponding to receiver's value, considering it uses *inBitCount* bits.

18.2.5 Getter containsValue

```
getter containsValue ?@uint inFirstBit ?@uint inBitCount -> @bool
```

Retourne un `@bool` value indicating whether the receiver's value contains a given value : `true` if the receiver's contains a value, and `false` otherwise; this value is computed from the *inBitCount* first bits of *inValue* value, shifted left by *inFirstBit*.

Exemple :

```
var s = @binaryset.binarySetWithPredicateString {"!0 00XX X111| 1 1111 1111"}
log s # Affiche <@binaryset: 000XXX111, 11111111>
@bool b = [s containsValue !127L !0 !7]
log b # Affiche <@bool:true>
b = [s containsValue !31L !1 !7]
log b # Affiche <@bool:true>
```

```

b = [s containsValue !63L !1 !8]
log b # Affiche <@bool:false>
b = [s containsValue !7L !0 !9]
log b # Affiche <@bool:true>
b = [s containsValue !7L !0 !10]
log b # Affiche <@bool:true>
b = [s containsValue !32767L !1 !12]
log b # Affiche <@bool:true>

```

18.2.6 Getter equalTo

```
getter equalTo ?@binaryset inOperand -> @binaryset
```

Returns the complement of the exclusive or between the receiver's value and the operand's value.

Note that `[a equalTo !b]` is equivalent to $\sim (a \wedge b)$.

This operation returns un `@binaryset` value; do not confuse with `==` operator that Retourne un `@bool` value.

18.2.7 Getter existOnBitIndex

```
getter existOnBitIndex ?@uint inBitIndex -> @binaryset
```

Returns the binary computed by applying the *exist* operator on the *inBitIndex* bit of the receiver's value.

18.2.8 Getter existsOnBitRange

```
getter existsOnBitRange ?@uint inFirstBitIndex ?@uint inBitCount -> @bool
```

Returns the binary computed by applying the *exist* operator on the receiver's value, from *inFirstBitIndex* bit index until the *inFirstBitIndex* + *inBitCount* - 1 bit index.

Exemple :

```

@binaryset s [binarySetWithPredicateString !"01110010"]
log s # Affiche <@binaryset: 01110010>
@binaryset ss = [s existsOnBitRange !2 !3]
log s # Affiche <@binaryset: 011XXX10>

```

18.2.9 Getter existOnBitIndexAndBeyond

```
getter existOnBitIndexAndBeyond ?@uint inBitIndex -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *exist* operator on all bits from *inFirstBitIndex* bit index of the receiver's value.

18.2.10 Getter forAllOnBitIndex

```
getter forAllOnBitIndex ?@uint inBitIndex -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *for all* operator on the *inFirstBitIndex* bit index of the receiver's value.

18.2.11 Getter forAllOnBitIndexAndBeyond

```
getter forAllOnBitIndexAndBeyond ?@uint inBitIndex -> @binaryset
```

Returns the binary computed by applying the *for all* operator on all bits from *inFirstBitIndex* bit index of the receiver's value.

18.2.12 Getter greaterOrEqualTo

```
getter greaterOrEqualTo ?@binaryset inOperand -> @binaryset
```

Returns the complement of the exclusive or between the receiver's value and the operand's value.

Note that `[a greaterOrEqualTo !b]` is equivalent to $(a \mid \sim b)$.

18.2.13 Getter isEmpty

```
getter isEmpty -> @bool
```

Returns a `@bool` value that indicates whether the receiver's value is the empty set : `true` if receiver's value is the empty set, and `false` otherwise.

18.2.14 Getter isFull

```
getter isFull -> @bool
```

Returns a `@bool` value that indicates whether the receiver's value is the full set : `true` if receiver's value is the full set, and `false` otherwise.

18.2.15 Getter ITE

```
getter ITE ?@binaryset inThenOperand ?@binaryset inElseOperand -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *ite* operator on the receiver's value, the *inThenOperand* argument, and the *inElseOperand* argument.

$\text{ite } (x, y, z) \text{ is } (x \ \& \ y) \ | (\sim x \ \& \ z).$

18.2.16 Getter lowerOrEqualTo

```
getter lowerOrEqualTo ?@binaryset inOperand -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *lower or equal* operator on the receiver's value and the *inOperand* argument. $[a \ \text{lowerOrEqualTo} \ !b] \text{ is } ((\sim x) \ | y).$

18.2.17 Getter notEqualTo

```
getter notEqualTo ?@binaryset inOperand -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *not equal* operator on the receiver's value and the *inOperand* argument. $[a \ \text{notEqualTo} \ !b] \text{ is } (x \ \wedge \ y).$

18.2.18 Getter predicateStringValue

```
getter predicateStringValue -> @string
```

Returns a string representation of the receiver's value. The returned string is compatible with the [constructeur binarySetWithPredicateString du type @binaryset – page 192](#).

18.2.19 Getter strictGreaterThan

```
getter strictGreaterThan ?@binaryset inOperand -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *strict greater* operator on the receiver's value and the *inOperand* argument. $[a \ \text{strictGreaterThan} \ !b] \text{ is } (x \ \& \ \sim y).$

18.2.20 Getter strictLowerThan

```
getter strictLowerThan ?@binaryset inOperand -> @binaryset
```

Returns the binary set computed by applying the *strict lower* operator on the receiver's value and the *inOperand* argument. $[a \text{ strictLowerThan } !b]$ is $(\sim x \ \& \ y)$.

18.2.21 Getter stringValueList

```
getter stringValueList ?@uint inBitCount -> @stringlist
```

Returns the list of string values corresponding to receiver's value, considering it uses *inBitCount* bits.

18.2.22 Getter stringValueListWithNameList

```
getter stringValueListWithNameList
  ?@uint inBitCount
  ?@stringlist inNameList
  -> @stringlist
```

Returns the list of named values corresponding to receiver's value, considering it uses *inBitCount* bits. First, the receiver is enumerated, considering it uses *inBitCount* bits. Each enumerated value is used as an index of *inNameList*, and the string value at this index is appended at the end of the returned value.

18.2.23 Getter swap021

```
getter swap021
  ?@uint inBitCount1
  ?@uint inBitCount2
  ?@uint inBitCount3
  -> @binaryset
```

Returns the transposed (x, z, y) relation.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y, z) relation, where x is defined by bits index 0 to *inBitCount1* - 1, y is defined by bits index *inBitCount1* to *inBitCount1* + *inBitCount2* - 1 and z is defined by bits index *inBitCount1* + *inBitCount2* to *inBitCount1* + *inBitCount2* + *inBitCount3* - 1.

18.2.24 Getter swap01

```
getter swap01 ?@uint inBitCount1 ?@uint inBitCount2 -> @binaryset
```

Returns the transposed (y, x) relation.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y) relation, where x is defined by bits index 0 to *inBitCount1* - 1, y is defined by bits index *inBitCount1* to *inBitCount1* + *inBitCount2* - 1.

18.2.25 Getter swap102

```
getter swap102
?@uint inBitCount1
?@uint inBitCount2
?@uint inBitCount3
-> @binaryset
```

Returns the transposed (y, x, z) relation.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y, z) relation, where x is defined by bits index 0 to $inBitCount1 - 1$, y is defined by bits index $inBitCount1$ to $inBitCount1 + inBitCount2 - 1$ and z is defined by bits index $inBitCount1 + inBitCount2$ to $inBitCount1 + inBitCount2 + inBitCount3 - 1$.

18.2.26 Getter swap120

```
getter swap120
?@uint inBitCount1
?@uint inBitCount2
?@uint inBitCount3
-> @binaryset
```

Returns the transposed (y, z, x) relation.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y, z) relation, where x is defined by bits index 0 to $inBitCount1 - 1$, y is defined by bits index $inBitCount1$ to $inBitCount1 + inBitCount2 - 1$ and z is defined by bits index $inBitCount1 + inBitCount2$ to $inBitCount1 + inBitCount2 + inBitCount3 - 1$.

18.2.27 Getter swap201

```
getter swap201
?@uint inBitCount1
?@uint inBitCount2
?@uint inBitCount3
-> @binaryset
```

Returns the transposed (z, x, y) relation.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y, z) relation, where x is defined by bits index 0 to $inBitCount1 - 1$, y is defined by bits index $inBitCount1$ to $inBitCount1 + inBitCount2 - 1$ and z is defined by bits index $inBitCount1 + inBitCount2$ to $inBitCount1 + inBitCount2 + inBitCount3 - 1$.

18.2.28 Getter swap210

```
getter swap210
  ?@uint inBitCount1
  ?@uint inBitCount2
  ?@uint inBitCount3
  -> @binaryset
```

Returns the transposed (z, y, x) relation.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y, z) relation, where x is defined by bits index 0 to $inBitCount1 - 1$, y is defined by bits index $inBitCount1$ to $inBitCount1 + inBitCount2 - 1$ and z is defined by bits index $inBitCount1 + inBitCount2$ to $inBitCount1 + inBitCount2 + inBitCount3 - 1$.

18.2.29 Getter transitiveClosure

```
getter transitiveClosure ?@uint inBitCount -> @binaryset
```

Returns the transitive closure of the relation encoded by the receiver.

This getter considers that the receiver encodes an (x, y) relation, where x is defined by bits index 0 to $inBitCount - 1$, y is defined by bits index $inBitCount$ to $2 * inBitCount - 1$.

18.2.30 Getter transposedBy

```
getter transposedBy ?@uintlist inVector -> @binaryset
```

Retourne la valeur transposée du récepteur. L'argument `inVector` spécifie comment la transposition s'opère : la valeur à l'indice i est l'indice de destination du bit i dans le *binaryset* renvoyé.

1^{er} exemple. Si on veut échanger les bits 0 et 1, on écrit :

```
let vector = @uintlist {!1, !0}
let result = [myBinarySet transposedBy !vector]
```

2^e exemple.

```
let b = @binaryset.binarySetWithStrictGreaterComparison {!0 !2 !4}
  & @binaryset.binarySetWithEqualToConstant {!2 !2 !0}
log b # <@binaryset: 000001, 00001X, 01001X, 100011>
let vr = @uintlist {!0, !1, !4, !5, !2, !3}
let r = [b transposedBy !vr]
log r # <@binaryset: 000001, 00001X, 00011X, 001011>
let vs = @uintlist {!4, !5, !0, !1, !2, !3}
let s = [b transposedBy !vs]
log s # <@binaryset: 010000, 100X00, 110X00, 111000>
```

La constante `b` encode la relation $A > B$, où A est encodé par les bits 0 et 1, et B par les bits 4 et 5. Les bits 2 et 3 sont fixés à 0. Dans le résultat `r`, A est encodé par les bits 0 et 1 (inchangés), B par les bits 2

et 3, et maintenant les bits 4 et 5 sont fixés à 0. Dans le résultat `s`, *A* est encodé par les bits 4 et 5, *B* par les bits 2 et 3, et les bits 0 et 1 sont fixés à 0.

18.2.31 Getter uint64ValueList

```
getter uint64ValueList ?@uint inBitCount -> @uint64list
```

Returns the list of `@uint64` values corresponding to receiver's value, considering it uses *inBitCount* bits.

18.2.32 Getter valueCount

```
getter valueCount ?@uint inBitCount -> @uint64
```

Returns in an `@uint64` object the number of different values encoded by receiver, considering it uses *inBitCount* bits. No overflow test is performed.

18.3 Logical Operators

The `@binaryset` type supports the three logical operators :

&	Logical And, intersection
|	Logical Or, union
^	Exclusive or

These operators require both arguments to be `@binaryset` objects and return an `@binaryset` object.

The `@binaryset` type supports the logical unary operator :

~	Negation, Complementation
---	---------------------------

This operator returns an `@binaryset` object.

18.4 Comparison Operators

The `@binaryset` type supports the two comparison operators :

=	Equality
!=	Non Equality

These operators require both arguments to be `@binaryset` objects, and return a `@bool` object. These operations are very fast and are performed in a constant time (integer equality comparison).

Do not confuse with [getter equalTo du type @binaryset \(page 197\)](#) and [getter notEqualTo du type @binaryset \(page 199\)](#) that return a `@binaryset` object.

18.5 Shift Operators

The `@binaryset` type supports the two shift operators :

<<	Left Shift
>>	Right Shift

Exemple :

```
@binaryset b [binarySetWithPredicateString !"1010"]
log b # Affiche: <@binaryset: 1010>
@binaryset bb = b << 3
log bb # Affiche: <@binaryset: 1010XXX>
```

Chapitre 19

Le type @bool

19.1	Conversion en chaîne de caractères	205
19.2	Conversion en entier	206
19.3	Opérateurs logiques	206
19.4	Comparaison	207

Le type `@bool` est le type booléen. Les deux mots réservés `true` et `false` sont du type `@bool` type, et dénote les valeurs *vari* et *faux*. Le seul constructeur du `@bool` type est le constructeur `default`, qui initialise un booléen à `false`.

19.1 Conversion en chaîne de caractères

19.1.1 Getter cString

```
getter cString -> @string
```

Retourne la chaîne `"true"` si le booléen est vrai, et la chaîne `"false"` dans le cas contraire.

19.1.2 Getter ocString

```
getter ocString -> @string
```

Retourne la chaîne `"YES"` si le booléen est vrai, et la chaîne `"NO"` dans le cas contraire.

19.2 Conversion en entier

19.2.1 Getter bigint

```
getter bigint -> @bigint
```

Retourne l'entier 1G si le booléen est vrai, et l'entier 0G dans le cas contraire.

```
message [[false bigint] string] + "\n" # 0  
message [[true bigint] string] + "\n" # 1
```

19.2.2 Getter sint

```
getter sint -> @sint
```

Retourne l'entier 1S si le booléen est vrai, et l'entier 0S dans le cas contraire.

19.2.3 Getter sint64

```
getter sint64 -> @sint64
```

Retourne l'entier 1LS si le booléen est vrai, et l'entier 0LS dans le cas contraire.

19.2.4 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Retourne l'entier 1 si le booléen est vrai, et l'entier 0 dans le cas contraire.

19.2.5 Getter uint64

```
getter uint64 -> @uint64
```

Retourne l'entier 1L si le booléen est vrai, et l'entier 0L dans le cas contraire.

19.3 Opérateurs logiques

```
operator @bool & @bool -> @bool  
operator @bool | @bool -> @bool
```

```
operator @bool ^ @bool -> @bool
operator not @bool -> @bool
```

Le type `@bool` accepte les trois opérateurs suivants

- l'opérateur `&` infixé qui effectue un *et logique*;
- l'opérateur `|` infixé qui effectue un *ou logique*;
- l'opérateur `^` infixé qui effectue un *ou exclusif logique*;
- l'opérateur `not` infixe qui effectue la *négation logique*.

19.4 Comparaison

Le type `@bool` implémente les six opérateurs de comparaison `==`, `!=`, `<`, `<=`, `>` et `>=`, avec `false < true`.

Chapitre 20

Le type boolset

20.1	Constructeurs	209
20.2	Getters	210
20.3	Opérateurs infixes	211
20.4	Opérateur préfixe	211

Le mot-clé `boolset` permet de définir des types d'ensembles d'indicateurs booléens. Un tel objet a une sémantique de valeur.

La syntaxe de définition d'un type ensemble d'indicateurs booléens est de la forme :

```
boolset @MonEnsemble {  
    # Liste de déclaration d'indicateurs, par exemple :  
    indicateur0,  
    indicateur1,  
    indicateur2  
}
```

Il n'est pas possible de définir du code dans cette déclaration : la seule possibilité est de le définir dans des extensions ([chapitre 50 à partir de la page 386](#)).

Le nom des indicateurs doivent être différents des noms suivants : `all`, `description`, `dynamicType`, `none`, `object`. L'implémentation actuelle limite à 64 le nombre d'indicateurs qui peuvent être définis.

Pour initialiser un `boolset`, on utilise un des constructeurs définis :

```
var x = @MonEnsemble.indicateur1  
log x # LOGGING x: <boolset @MonEnsemble: indicateur1>
```

Si on veut un ensemble ayant plusieurs indicateurs à vrai, on utilise l'opérateur `|`, qui effectue l'union de ses opérandes :


```
var x = @MonEnsemble.indicateur1 | @MonEnsemble.indicateur2
log x # LOGGING x: <boolset @MonEnsemble: indicateur1 indicateur2>
```

L'inférence de type permet d'éliminer les annotations de type non nécessaires :

```
var x = @MonEnsemble.indicateur1 | .indicateur2
```

Ou encore :

```
@MonEnsemble x = .indicateur1 | .indicateur2
```

Pour tester la valeur d'un indicateur, on utilise le *getter* du même nom :

```
@bool b = [x indicateur2]
```

20.1 Constructeurs

Un constructeur est défini pour chaque indicateur ([section 20.1.1 page 209](#)).

Trois constructeurs particuliers sont implicitement définis pour tout ensemble de booléens :

- le constructeur `none` ([section 20.1.2 page 209](#));
- le constructeur `all` ([section 20.1.3 page 210](#));
- le constructeur `default` ([section 20.1.4 page 210](#)).

20.1.1 Constructeur ayant le nom d'un indicateur

Ce constructeur définit un ensemble dont le seul booléen portant le nom de l'indicateur est vrai, les autres sont faux.

```
var x = @MonEnsemble.indicateur1
log x # LOGGING x: <boolset @MonEnsemble: indicateur1>
```

Si le contexte le permet, l'annotation de type peut être omis lors de l'appel du constructeur :

```
@MonEnsemble x = .none
```

20.1.2 Constructeur none

Ce constructeur définit un ensemble dont tous les booléens sont faux.

```
var x = @MonEnsemble.none
log x # LOGGING x: <boolset @MonEnsemble:>
```

Si le contexte le permet, l'annotation de type peut être omis lors de l'appel du constructeur :

```
@MonEnsemble x = .none
```

20.1.3 Constructeur all

Ce constructeur définit un ensemble dont tous les booléens sont vrais.

```
var x = @MonEnsemble.all
log x # LOGGING x: <boolset @MonEnsemble: indicateur0 indicateur1 indicateur2>
```

Si le contexte le permet, l'annotation de type peut être omis lors de l'appel du constructeur :

```
@MonEnsemble x = .all
```

20.1.4 Constructeur default

Le constructeur `default` est défini implicitement, et a la même signification que le constructeur `none`.

```
var x = @MonEnsemble.default
log x # LOGGING x: <boolset @MonEnsemble:>
```

20.2 Getters

Un *getter* est défini pour chaque indicateur ([section 20.2.1 page 210](#)) : il permet de tester un indicateur.

Deux getters particuliers sont implicitement définis pour tout ensemble de booléens :

- le getter `none` ([section 20.2.2 page 210](#));
- le getter `all` ([section 20.2.3 page 211](#)).

20.2.1 Getter ayant le nom d'un indicateur

Ce getter permet d'obtenir la valeur de l'indicateur nommé.

```
var x = @MonEnsemble.indicateur1
var b = [x indicateur1]
log b # LOGGING b: <@bool:true>
b = [x indicateur2]
log b # LOGGING b: <@bool:false>
```

20.2.2 Getter none

Ce getter renvoie `true` si tous les indicateurs sont faux.

Expression	Signification
<code>a & b</code>	Intersection : ensemble des indicateurs appartenant à <code>a</code> et à <code>b</code> .
<code>a | b</code>	Union : ensemble des indicateurs appartenant à <code>a</code> ou à <code>b</code> .
<code>a ^ b</code>	Exclusion : ensemble des indicateurs appartenant soit à <code>a</code> , soit à <code>b</code> .
<code>a - b</code>	Différence : ensemble des indicateurs appartenant à <code>a</code> et n'appartenant pas à <code>b</code> .
<code>a == b</code>	Test d'égalité
<code>a != b</code>	Test d'inégalité

Tableau 20.1 – Opérateurs infixes des types `boolset`

Expression	Signification
<code>~ a</code>	Complémentation : est équivalent à <code>.all - a</code> .

Tableau 20.2 – Opérateur préfixe des types `boolset`

```
var x = @MonEnsemble.none
var b = [x none]
log b # LOGGING b: <@bool:true>
```

20.2.3 Getter `all`

Ce getter renvoie `true` si tous les indicateurs sont vrais.

```
var x = @MonEnsemble.all
var b = [x all]
log b # LOGGING b: <@bool:true>
```

20.3 Opérateurs infixes

Les opérateurs infixes du [tableau 20.1](#) sont définis pour tout `boolset`.

20.4 Opérateur préfixe

Un seul opérateur préfixe est défini pour tout `boolset` ([tableau 20.2](#)).

Chapitre 21

Le type @char

21.1	Constructors	213
21.2	Getters	214
21.3	Comparison Operators	217

An `@char` object value is an Unicode character. You can initialize an `@char` object from a character constant :

```
@char myCharacter = 'A'
```

You have several ways for writing a literal character constant. In any case, it should define an assigned Unicode character. A compile-time error is raised if it does not.

A literal character constant is a single character or an escape sequence enclosed by single quotes (').

For an ASCII printable character :

```
@char myCharacter = 'a'
```

If you want to get ASCII source text file, any character that does not correspond to an ASCII printable character should be expressed with an escape sequence.

Otherwise, for any printable Unicode character, you can write it directly, without escape sequence, provided your text file encoding supports this character :

```
@char myCharacter = 'æ'
```

The following escape sequences are defined (they begin with a «'»).

Character Constant	Meaning
<code>'\f'</code>	A Form Feed Character
<code>'\n'</code>	A New Line Character
<code>'\r'</code>	A Carriage Return Character
<code>'\v'</code>	A Vertical Tabulation Character
<code>'\\'</code>	A back slash Character
<code>'\0'</code>	A Nul Character
<code>'\''</code>	A Single Quote Character

Character Constant	Meaning
<code>'\uABCD'</code>	An Unicode Character

Where *ABCD* is a four digit hexadecimal number that represents an assigned Unicode point code. For example :

```
var myChar = '\u03A0' # The 'SIGMA' character
```

Note : an unassigned point code (as `'\FFFF'`) raises a compile-time error.

Character Constant	Meaning
<code>'\Uabcdxyzt'</code>	An Unicode Character

Where *abcdxyzt* is a eight digit hexadecimal number that represents an assigned Unicode point code. For example :

```
var myChar = '\U00010170' # 'GREEK ACROPHONIC NAXIAN FIVE HUNDRED' character
```

Note : an unassigned point code (as `'\U0000FFFF'`) raises a compile-time error.

Any point code beyond `'\U0010FFFF'` is invalid and not assigned.

21.1 Constructors

21.1.1 Constructeur replacementCharacter

```
constructor replacementCharacter -> @char
```

Returns an `@char` object corresponding to Unicode replacement character (`'\uFFFD'`).

21.1.2 Constructeur unicodeCharacterFromRawKeyboard

```
constructor unicodeCharacterFromRawKeyboard -> @char
```

Retourne un objet `@char` obtenu en lisant le clavier. Tout caractère Unicode entré est retourné immédiatement.

Note. Ce constructeur n'est pas implémenté pour Windows. L'appel engendre l'erreur « *@char unicodeCharacterFromRawKeyboard constructor is not implemented for Windows* », et renvoie une valeur poison.

21.1.3 Constructeur unicodeCharacterWithUnsigned

```
constructor unicodeCharacterWithUnsigned ?@uint inValue -> @char
```

Returns an `@char` object from an Unicode code point.

A run-time error is raised if the *inValue* value does not represent an assigned Unicode value. You can check if an `@uint` value represents an assigned Unicode value with the [getter isUnicodeValueAssigned du type @uint \(page 289\)](#).

21.2 Getters

21.2.1 Getter isalnum

```
getter isalnum -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an ASCII letter or an ASCII digit : **true** if the receiver's value represents an ASCII letter or an ASCII digit (between `'A'` and `'Z'`, or between `'a'` and `'z'`, or between `'0'` and `'9'`), and **false** otherwise.

21.2.2 Getter isalpha

```
getter isalpha -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an ASCII letter : **true** if the receiver's value represents an ASCII letter (between `'A'` and `'Z'`, or between `'a'` and `'z'`), and **false** otherwise.

21.2.3 Getter iscntrl

```
getter iscntrl -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an ASCII control character : **true** if the receiver's value represents an ASCII control character (strictly before the *SPACE* character), and **false** otherwise.

21.2.4 Getter isdigit

```
getter isdigit -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an ASCII digit : `true` if the receiver's value represents an ASCII digit (between `'0'` and `'9'`), and `false` otherwise.

21.2.5 Getter islower

```
getter islower -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an ASCII lowercase ASCII letter : `true` if the receiver's value represents an ASCII lowercase letter (between `'a'` and `'z'`), and `false` otherwise.

21.2.6 Getter isUnicodeCommand

```
getter isUnicodeCommand -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an Unicode command : `true` if the receiver's value represents an Unicode command, and `false` otherwise.

21.2.7 Getter isUnicodeLetter

```
getter isUnicodeLetter -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an Unicode letter : `true` if the receiver's value represents an Unicode letter, and `false` otherwise.

21.2.8 Getter isUnicodeMark

```
getter isUnicodeMark -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an Unicode mark character : `true` if the receiver's value represents an Unicode mark character, and `false` otherwise.

21.2.9 Getter isUnicodePunctuation

```
getter isUnicodePunctuation -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an Unicode punctuation character : `true` if the receiver's value represents an Unicode punctuation character, and `false` otherwise.

21.2.10 Getter isUnicodeSeparator

```
getter isUnicodeSeparator -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an Unicode separator character : `true` if the receiver's value represents an Unicode separator character, and `false` otherwise.

21.2.11 Getter isUnicodeSymbol

```
getter isUnicodeSymbol -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an Unicode symbol character : `true` if the receiver's value represents an Unicode symbol character, and `false` otherwise.

21.2.12 Getter isupper

```
getter isupper -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an ASCII uppercase ASCII letter : `true` if the receiver's value represents an ASCII uppercase letter (between `'A'` and `'Z'`), and `false` otherwise.

21.2.13 Getter string

```
getter string -> @string
```

Returns a string representation of the receiver's value : a one character `@string` object, containing the receiver's value.

21.2.14 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Returns an `@uint` object representing the Unicode code point of the receiver's value.

21.2.15 Getter unicodeName

```
getter unicodeName -> @string
```

Returns the unicode name of the receiver's value : for an decimal string representation of the receiver's value, see the [getter hexString du type @uint \(page 288\)](#); for a decimal string representation of the receiver's value, see the [getter string du type @uint \(page 290\)](#).

Exemple :


```
[ 'Æ' unicodeName ] # returns "LATIN CAPITAL LETTER AE"
```

21.2.16 Getter unicodeToLower

```
getter unicodeToLower -> @char
```

Returns the lowercase character corresponding to the receiver's value : if the receiver's value is an Unicode uppercase character, this getter returns the corresponding lowercase character. Otherwise, it returns the receiver's value.

Exemple :

```
[ 'Æ' unicodeToLower ] # returns 'æ'  
[ 'æ' unicodeToLower ] # returns 'æ'
```

21.2.17 Getter unicodeToUpper

```
getter unicodeToUpper -> @char
```

Returns the uppercase character corresponding to the receiver's value : if the receiver's value is an Unicode lowercase character, this getter returns the corresponding uppercase character. Otherwise, it returns the receiver's value.

Exemple :

```
[ 'Æ' unicodeToUpper ] # returns 'Æ'  
[ 'æ' unicodeToUpper ] # returns 'Æ'
```

21.2.18 Getter utf8Length

```
getter utf8Length -> @uint
```

Returns the number of bytes of the UTF-8 representation of the receiver, that is :

- 1 for code points lower than 0x80;
- 2 for code points greater or equal than 0x80 and lower than 0x800;
- 3 for code points greater or equal than 0x800 and lower than 0x10000;
- 4 for code points greater or equal than 0x10000.

21.3 Comparison Operators

The `@char` type supports the six comparison operators :

==	Equality
!=	Non Equality
<	Strict Lower Than
<=	Lower or Equal
>	Strict Greater Than
>=	Greater or Equal

Theses operators require both arguments to be `@char` objects, and return a `@bool` object. Comparison is done by comparing of the Unicode code point's value.

Chapitre 22

Le type @data

22.1	Constructeurs	219
22.2	Getters	220
22.3	Méthodes	220
22.4	Setters	221
22.5	Énumération des valeurs	222

Le type `@data` est un buffer d'octets. Il peut être utilisé pour lire et écrire des fichiers binaires.

22.1 Constructeurs

22.1.1 Constructeur `dataWithContentsOfFile`

```
constructor dataWithContentsOfFile ?@string inFilePath -> @data
```

Ce constructeur instancie un objet `@data` avec le contenu du fichier désigné par `inFilePath`. Si le fichier n'existe pas, une erreur d'exécution est déclenchée et le constructeur renvoie une valeur poison.

22.1.2 Constructeur `emptyData`

```
constructor emptyData -> @data
```

Ce constructeur instancie un objet `@data` vide.

22.2 Getters

22.2.1 Getter count

```
getter count -> @uint
```

Ce *getter* renvoie le nombre d'octets du récepteur.

22.2.2 Getter cStringRepresentation

```
getter cStringRepresentation -> @string
```

Ce *getter* renvoie la valeur du récepteur sous la forme d'une liste d'octets séparés par des virgules. Chaque octet est écrit en décimal. Toutes les 16 valeurs, un retour-chariot est inséré.

22.2.3 Getter length

```
getter length -> @uint # Obsolète, utiliser count
```

Ce *getter* renvoie le nombre d'octets du récepteur.

22.3 Méthodes

22.3.1 Méthode writeToExecutableFile

```
method writeToExecutableFile ?@string inFilePath
```

Cette méthode écrit le contenu du récepteur dans le fichier désigné par `inFilePath`, et rend ce fichier exécutable.

22.3.2 Méthode writeToFile

```
method writeToFile ?@string inFilePath
```

Cette méthode écrit le contenu du récepteur dans le fichier désigné par `inFilePath`.

22.3.3 Méthode writeToFileWhenDifferentContents

```
method writeToFileWhenDifferentContents
  ?@string inFilePath
  !@bool outFileModified
```

Cette méthode écrit le contenu du récepteur dans le fichier désigné par `inFilePath`, uniquement si la valeur du récepteur est différente du contenu du fichier. La variable `outFileModified` est retournée à l'appelant, et permet de savoir si le fichier a été modifié ou non.

22.4 Setters

22.4.1 Setter appendByte

```
setter appendByte ?@uint inValue
```

Ce *setter* ajoute la valeur de `inValue` à la fin du récepteur. Comme un objet de `@data` est un tableau d'octets, `inValue` doit être compris entre 0 et 255. Si il est supérieur à 255, une erreur d'exécution est déclenchée.

22.4.2 Setter appendData

```
setter appendData ?@data inData
```

Ce *setter* ajoute la valeur de `inData` à la fin du récepteur.

22.4.3 Setter appendShortBE

```
setter appendShortBE ?@uint inValue
```

Pour ce *setter*, `inValue` doit être compris entre 0 et $2^{16} - 1$, c'est-à-dire représentable par un entier non signé sur deux octets. Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée. Si c'est le cas, deux octets sont ajoutés à la fin du récepteur, d'abord l'octet de poids fort, puis l'octet de poids faible.

22.4.4 Setter appendShortLE

```
setter appendShortLE ?@uint inValue
```

Pour ce *setter*, `inValue` doit être compris entre 0 et $2^{16} - 1$, c'est-à-dire représentable par un entier non signé sur deux octets. Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée. Si c'est le cas, deux octets sont ajoutés à la fin du récepteur, d'abord l'octet de poids faible, puis l'octet de poids fort.

22.4.5 Setter appendUIntBE

```
setter appendUIntBE ?@uint inValue
```

Ce *setter* ajoute la valeur de `inValue` à la fin du récepteur, sous la forme de quatre octets, en commençant par l'octet de poids fort.

22.4.6 Setter appendUIntLE

```
setter appendUIntLE ?@uint inValue
```

Ce *setter* ajoute la valeur de `inValue` à la fin du récepteur, sous la forme de quatre octets, en commençant par l'octet de poids faible.

22.4.7 Setter appendUTF8String

```
setter appendUTF8String ?@string inValue
```

Ce *setter* ajoute la valeur de `inValue` à la fin du récepteur, sous la forme d'une chaîne de caractères UTF-8, y compris le zéro final.

22.5 Énumération des valeurs

Un objet de type `@data` est énumérable par une instruction `for` ([section 54.12 page 426](#)).

Chapitre 23

Le type @double

23.1	Constructor	223
23.2	Getters	224
23.3	Arithmétique	225
23.4	Comparison Operators	226

The `@double` object values correspond to the C type `@double` values. You can initialize an `@double` object from a float constant :

```
@double myDouble = 123.456
```

Note that a `@double` constant is characterized by the occurrence of the decimal point (.)

23.1 Constructor

23.1.1 Constructeur doubleWithBinaryImage

```
constructor doubleWithBinaryImage ?@uint inValue -> @double
```

Returns a double object from the binary image of the argument.

23.1.2 Constructeur pi

```
constructor pi -> @double
```

Returns an approximation of the π constant value (`3.14159265358979323846264338327950288`).

23.2 Getters

23.2.1 Getter binaryImage

```
getter binaryImage -> @uint64
```

Returns the binary image of the value of receiver's value.

23.2.2 Getter cos

```
getter cos -> @double
```

Returns the *cosine* value of receiver's value, expressed in radian.

23.2.3 Getter sin

```
getter sint -> @double
```

Returns the *sine* value of receiver's value, expressed in radian.

23.2.4 Getter sint

```
getter sint -> @sint
```

Returns the receiver's value in an [@sint \(page 237\)](#) (32-bit signed integer) object : if receiver's value is outside `@sint` bounds, a runtime error is raised.

23.2.5 Getter sint64

```
getter sint64 -> @sint64
```

Returns the receiver's value in an [@sint64 \(page 243\)](#) (64-bit signed integer) object : if receiver's value is outside `@sint64` bounds, a runtime error is raised.

23.2.6 Getter string

```
getter string -> @string
```

Returns a decimal string representation of the receiver's value (this getter never fails).

23.2.7 Getter tan


```
getter tan -> @double
```

Returns the *tangent* value of receiver's value, expressed in radian.

23.2.8 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Returns the receiver's value in an [@uint \(page 286\)](#) (32-bit unsigned integer) object : if receiver's value is outside `@uint` bounds, a runtime error is raised.

23.2.9 Getter uint64

```
getter uint64 -> @uint64
```

Returns the receiver's value in an [@uint64 \(page 294\)](#) (64-bit unsigned integer) object : if receiver's value is outside `@uint64` bounds, a runtime error is raised.

23.3 Arithmétique

23.3.1 Opérateurs infixés

Le type `@double` accepte les opérateurs arithmétiques infixés suivants :

- `+`, addition ;
- `-`, soustraction ;
- `*`, multiplication ;
- `/`, division, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul ;
- `mod`, calcul du reste, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul ;
- `&/`, division, qui retourne zéro si le diviseur est nul.

Ces opérateurs exigent que les deux opérandes soient des objets du même type `@double` .

23.3.2 Opérateurs préfixés

Le type `@double` accepte les opérateurs arithmétiques préfixés suivants :

- `+`, qui retourne simplement la valeur de l'opérande ;
- `-`, négation arithmétique.

La valeur renvoyée est du même type `@double` .

23.3.3 Instructions

Le type `@double` accepte les instructions arithmétiques suivantes :

- `+=` , addition;
- `-=` , soustraction;
- `*=` , multiplication;
- `/=` , division.

`x+=y` est équivalent à `x=x+y` ; `x-=y` est équivalent à `x=x-y` . La variable cible `x` , comme l'expression source `y` doivent être du même type `@double` .

23.4 Comparison Operators

The `@double` type supports the six comparison operators :

<code>=</code>	Equality
<code>!=</code>	Non Equality
<code><</code>	Strict Lower Than
<code><=</code>	Lower or Equal
<code>></code>	Strict Greater Than
<code>>=</code>	Greater or Equal

Theses operators require both arguments to be `@double` objects, and return a `@bool` object.

Chapitre 24

Le type @filewrapper

24.1	Constructor	227
24.2	Setter	227
24.3	Getters	227

Le type `@filewrapper` permet d'accéder à un *filewrapper*, c'est à dire à des fichiers embarqués dans l'exécutable (voir [chapitre 51 à partir de la page 395](#)).

24.1 Constructor

24.2 Setter

24.2.1 Setter setCurrentDirectory

```
setter setCurrentDirectory ?@string inDirectory ;
```

24.3 Getters

24.3.1 Getter allTextFilePathes

```
getter allTextFilePathes -> @stringlist ;
```

24.3.2 Getter allDirectoryPathes

```
getter allDirectoryPaths -> @stringlist ;
```

24.3.3 Getter currentDirectory

```
getter currentDirectory -> @string ;
```

24.3.4 Getter allFilePathsWithExtension

```
getter allFilePathsWithExtension ?@string inExtension -> @stringlist ;
```

24.3.5 Getter directoryExistsAtPath

```
getter directoryExistsAtPath ?@string inPath -> @bool ;
```

24.3.6 Getter fileExistsAtPath

```
getter fileExistsAtPath ?@string inPath -> @bool ;
```

24.3.7 Getter textFileContentsAtPath

```
getter textFileContentsAtPath ?@string inPath -> @string ;
```

24.3.8 Getter binaryFileContentsAtPath

```
getter binaryFileContentsAtPath ?@string inPath -> @data ;
```

24.3.9 Getter absolutePathForPath

```
getter absolutePathForPath ?@string inPath -> @string ;
```

Chapitre 25

Le type @location

25.1	Constructeurs	229
25.2	Getters	230

Un objet de type `@location` a pour valeur une position dans un texte source. Les objets de ce types sont utilisés dans les messages d'erreurs et les messages d'alerte pour indiquer à l'utilisateur la position de l'erreur ou de l'alerte.

25.1 Constructeurs

25.1.1 Constructeur `here`

```
constructor here -> @location
```

Le constructeur `here` crée un objet de type `@location` qui désigne le dernier *token* analysé. Ainsi, si l'on écrit :

```
$token$  
...  
let currentLocation = @location.here
```

La position capturée est le token correspondant à `$token$`. Si `here` est appelé avant que le premier token soit analysé, la position capturée est le premier caractère du texte source.

25.1.2 Constructeur `next`

```
constructor next -> @location
```

Le constructeur `next` crée un objet de type `@location` qui désigne le prochain *token* analysé. Ainsi, si l'on écrit :

```
let currentLocation = @location.next
...
$token$
...
```

La position capturée est le token correspondant à `$token$`. Si `next` est appelé alors que la chaîne source est complètement analysée, la position capturée est le dernier caractère du texte source.

25.1.3 Constructeur nowhere

```
constructor nowhere -> @location
```

Returns an `@location` that does not point out any location.

The returned object responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2 Getters

25.2.1	Getter column	230
25.2.2	Getter endColumn	231
25.2.3	Getter endLine	231
25.2.4	Getter endLocationIndex	231
25.2.5	Getter endLocationString	231
25.2.6	Getter isNowhere	231
25.2.7	Getter line	231
25.2.8	Getter locationIndex	232
25.2.9	Getter locationString	232
25.2.10	Getter startColumn	232
25.2.11	Getter startLine	232
25.2.12	Getter startLocationIndex	232
25.2.13	Getter startLocationString	233
25.2.14	Getter union	233

25.2.1 Getter column

```
getter column -> @uint # Obsolete, use endColumn
```

Returns an `@uint` value containing the column of the receiver's value; this getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.2 Getter endColumn

```
getter endColumn -> @uint
```

Returns an `@uint` value containing the column of the receiver's end location; this getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.3 Getter endLine

```
getter endLine -> @uint
```

Returns an `@uint` value containing the end line of the receiver's end location. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.4 Getter endLocationIndex

```
getter endLocationIndex -> @uint
```

Returns an `@uint` value containing the the offset from the the end of the source of the location defined by receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.5 Getter endLocationString

```
getter endLocationString -> @string
```

Returns an `@string` object that contains a string representation of the end location defined by receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.6 Getter isNowhere

```
getter isNowhere -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value points out a source location or does not. This getter returns `true` if the receiver's value does not point out an actual location in a text source (i.e. it has been constructed using the nowhere constructor), and `false` if the receiver's value points out an actual location in a text source (i.e. it has been constructed using the `here` keyword).

25.2.7 Getter line

```
getter line -> @uint # Obsolete, use endLine
```

Returns an `@uint` value containing the end line of the receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.8 Getter locationIndex

```
getter locationIndex -> @uint # Obsolete, use endLocationIndex
```

Returns an `@uint` value containing the the offset from the the beginning of the source of the location defined by receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.9 Getter locationString

```
getter locationString -> @string # Obsolete use endLocationString
```

Returns an `@string` object that contains a string representation of the end location defined by receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.10 Getter startColumn

```
getter startColumn -> @uint
```

Returns an `@uint` value containing the column of the receiver's start location; this getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.11 Getter startLine

```
getter startLine -> @uint
```

Returns an `@uint` value containing the start line of the receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.12 Getter startLocationIndex

```
getter startLocationIndex -> @uint
```

Returns an `@uint` value containing the the offset from the the end of the source of the location defined by receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.13 Getter startLocationString

```
getter startLocationString -> @String
```

Returns an `@String` object that contains a string representation of the start location defined by receiver's value. This getter raises a run-time error if the receiver's value responds `true` to the *getter isNowhere du type @location (page 231)*.

25.2.14 Getter union

```
getter union ?@location inOther -> @location
```

L'objet courant et l'argument doivent concerner le même source. Sinon, une erreur d'exécution est déclenchée. Cette fonction retourne l'union des intervalles définis par l'objet courant et l'argument.

Chapitre 26

Le type @function

26.1	Constructeurs	234
26.2	Getters	235

Le type `@function` permet de faire l'inventaire des fonctions définies dans votre projet GALGAS et de les appeler de manière indirecte. Un objet de type `@function` est une référence à une fonction du projet GALGAS, et permet de l'appeler de manière indirecte.

Pour faire l'inventaire des fonctions : [constructeur `functionList` du type `@function` – page 234](#).

Pour savoir si une fonction d'un certain nom existe : [constructeur `isFunctionDefined` du type `@function` – page 235](#).

Pour instancier un objet `@function` qui référence une fonction : [constructeur `functionWithName` du type `@function` – page 235](#), ou exploiter la liste retournée par le [constructeur `functionList` du type `@function` – page 234](#).

Pour connaître le type des arguments et le type retourné par une fonction : [getter `formalParameterTypeList` du type `@function` \(page 235\)](#) et [getter `resultType` du type `@function` \(page 235\)](#).

Pour appeler une fonction : [getter `invoke` du type `@function` \(page 235\)](#).

26.1 Constructeurs

26.1.1 Constructeur `functionList`

```
constructor functionList -> @functionlist
```

Ce constructeur renvoie la liste de toutes les fonctions définies dans le projet GALGAS.

26.1.2 Constructeur `functionWithName`

```
constructor functionWithName ?let @string inFunctionName -> @function
```

Ce constructeur renvoie un objet de type `@function` permettant d'appeler de manière indirecte la fonction dont le nom est `inFunctionName`. Si il n'y a pas de fonction de ce nom, une erreur d'exécution est déclenchée, et une valeur *poison* est retournée. Pour savoir si une fonction existe, utiliser le [constructeur `isFunctionDefined` du type `@function` – page 235](#).

26.1.3 Constructeur `isFunctionDefined`

```
constructor isFunctionDefined ?let @string inFunctionName -> @bool
```

Ce constructeur permet de savoir si une fonction dont le nom est `inFunctionName` existe.

26.2 Getters

26.2.1 Getter `formalParameterTypeList`

```
getter formalParameterTypeList -> @typelist
```

Ce *getter* renvoie la liste des types des arguments formels de la fonction désignée par le récepteur. Une fonction n'admet que des arguments formels en entrée, aussi le mode de passage est connu et n'est pas renvoyé par ce *getter*.

26.2.2 Getter `invoke`

```
getter invoke ?@objectlist inParameters  
           ?@location inErrorLocation -> @object
```

Ce *getter* appelle la fonction désignée par le récepteur avec la liste de paramètres effectifs `inParameters`. La valeur renvoyée par ce *getter* est la valeur renvoyée par la fonction appelée. Si liste de paramètres effectifs `inParameters` est invalide (nombre incorrect d'éléments, type des arguments ne correspondant pas), une erreur d'exécution est déclenchée, en signalant la position de l'erreur grâce à `inErrorLocation`.

26.2.3 Getter `resultType`

```
getter resultType -> @type
```

Ce *getter* renvoie le type de la valeur retournée par la fonction désignée par le récepteur.

Chapitre 27

Le type @object

Chapitre 28

Le type @sint

28.1	Constructors	237
28.2	Getters	238
28.3	Arithmétique	239
28.4	Shift Operators	240
28.5	Logical Operators	241
28.6	Comparison Operators	241

An `@sint` object value is a 32-bit signed integer value. You can initialize an `@sint` object from an 32-bit signed integer constant :

```
@sint mySignedInteger = 123_456S
```

Note that a 32-bit signed integer constant is characterized by the 'S' suffix.

28.1 Constructors

28.1.1 Constructeur min

```
constructor min -> @sint
```

Returns an `@sint` object that the minimum value of the 32-bit signed range (-2^{31}).

28.1.2 Constructeur max

```
constructor max -> @sint
```

Returns an `@sint` object that the maximum value of the 32-bit signed range ($2^{31} - 1$).

28.2 Getters

28.2.1 Getter bigint

```
getter bigint -> @bigint
```

Ce *getter* permet de convertir un `@sint` en `@bigint`. Comme la plage des valeurs des `bigint` n'est limitée que par la mémoire disponible, il n'échoue jamais.

```
message [[-1234$ bigint] string] + "\n" # -1234
```

28.2.2 Getter double

```
getter double -> @double
```

Returns the receiver's value converted in a `@double` object. As a 32-bit integer value can always be converted in a `@double` value, this getter never fails.

28.2.3 Getter hexStringSeparatedBy

```
getter hexStringSeparatedBy ?@char inSeparator ?@uint inGroup -> @string
```

Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string `0x`. Groups of `inGroup` digits are separated by the `inSeparator` character.

If `inGroup` is equal to zero, a run-time error is raised.

For example :

```
let s = [0x12345678$ hexStringSeparatedBy !'_' !2] # 0x12_34_56_78
```

28.2.4 Getter sint64

```
getter sint64 -> @sint64
```

Returns the receiver's value in an `@sint64` (page 243) (64-bit signed integer) object. As a 32-bit signed value can always be converted in a 64-bit signed value, this getter never fails.

This getter is the only way to convert an `@sint` (page 237) object into an `@sint64` (page 243) object.

28.2.5 Getter string

```
getter string -> @string
```

Returns a decimal string representation of the receiver's value. For an hexadecimal string representation of the receiver's value, see [getter hexString du type @uint \(page 288\)](#) and [getter xString du type @uint \(page 291\)](#).

28.2.6 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Returns the receiver's value in an [@uint \(page 286\)](#) (32-bit unsigned integer) object. An error is raised if receiver's value is negative.

This getter is the only way to convert an [@sint \(page 237\)](#) object into an [@uint \(page 286\)](#) object.

28.2.7 Getter uint64

```
getter uint64 -> @uint64
```

Returns the receiver's value in an [@uint64 \(page 294\)](#) (64-bit unsigned integer) object. An error is raised if receiver's value is negative.

This getter is the only way to convert an [@sint \(page 237\)](#) object into an [@uint64 \(page 294\)](#) object.

28.3 Arithmétique

28.3.1 Opérateurs infixés

Le type `@sint` accepte les opérateurs arithmétiques infixés suivants :

- `+`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `-`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `*`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `/`, division, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `mod`, calcul du reste, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `&+`, addition, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&-`, soustraction, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&*`, multiplication, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&/`, division, qui retourne zéro si le diviseur est nul.

Ces opérateurs exigent que les deux opérandes soient des objets du même type `@sint`.

28.3.2 Opérateurs préfixés

Le type `@sint` accepte les opérateurs arithmétiques préfixés suivants :

- `+`, qui retourne simplement la valeur de l'opérande ;
- `-`, négation arithmétique, une erreur d'exécution est déclenchée si l'opérande est égal à -2^{31} ;
- `&-`, négation arithmétique, sans détection de débordement : la négation de -2^{31} est -2^{31} .

La valeur renvoyée est du même type `@sint`.

28.3.3 Instructions

Le type `@sint` accepte les instructions arithmétiques suivantes :

- `+=`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `-=`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `*=`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `/=`, division, une erreur d'exécution est déclenchée en cas division par zéro ;
- `++`, incrémentation, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `--`, décrémentement, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `&++`, incrémentation, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits ;
- `&--`, décrémentement, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits.

`x+=y` est équivalent à `x=x+y` ; `x-=y` est équivalent à `x=x-y`. La variable cible `x`, comme l'expression source `y` doivent être du même type `@sint`.

Incrémentation et décrémentement sont des instructions, et ne peuvent pas apparaître des expressions.

```
@sint n = ... ; n ++ # Incrémentation
```

```
@sint n = ... ; n -- # Décrémentement
```

28.4 Shift Operators

The `@sint` type supports right and left shift operators :

<<	Left shift
>>	Right shift

Theses operators require the right argument to be `@sint` object, and the left argument to be `@uint` object.

Note the right shift inserts a zero bit in the most significant bit location if the receiver's value is negative, and a one bit otherwise (it is a arithmetic right shift).

The actual amount of the shift is the value of the right-hand operand masked by 31, i.e. the shift distance is always between 0 and 31.

28.5 Logical Operators

The `@sint` type supports the three bit-wise logical operators :

&	Bit-wise and
|	Bit-wise or
	Bit-wise exclusive or

Theses operators require both arguments to be `@sint` objects.

The `@sint` type supports the bit-wise logical unary operator :

~	Bit-wise complementation
---	--------------------------

This operator returns an `@sint` object.

28.6 Comparison Operators

The `@sint` type supports the six comparison operators :

=	Equality
!=	Non Equality
<	Strict Lower Than
<=	Lower or Equal
>	Strict Greater Than
>=	Greater or Equal

Theses operators require both arguments to be `@sint` objects, and return a `@bool` object.

Chapitre 29

Le type @sint64

29.1	Constructors	243
29.2	Getters	244
29.3	Arithmétique	245
29.4	Shift Operators	246
29.5	Logical Operators	247
29.6	Comparison Operators	247

An `@sint64` object value is a 64-bit signed integer value. You can initialize an `@sint64` object from an 64-bit signed integer constant :

```
@sint64 mySignedInteger = 123_456LS ;
```

Note that a 64-bit signed integer constant is characterized by the 'LS' suffix.

29.1 Constructors

29.1.1 Constructeur min

```
constructor min -> @sint64
```

Returns an `@sint64` object that the minimum value of the 64-bit signed range (-2^{63}).

29.1.2 Constructeur max

```
constructor max -> @sint64
```

Returns an `@sint64` object that the maximum value of the 64-bit signed range ($2^{63} - 1$).

29.2 Getters

29.2.1 Getter bigint

Ce *getter* permet de convertir un `@sint64` en `@bigint`. Comme la plage des valeurs des `bigint` n'est limitée que par la mémoire disponible, il n'échoue jamais.

```
message [[-1234LS bigint] string] + "\n" # -1234
```

29.2.2 Getter double

```
getter double -> @double
```

Returns the receiver's value converted in a `@double` object. As a 64-bit integer value can always be converted in a `@double` value, this getter never fails.

29.2.3 Getter hexStringSeparatedBy

```
getter hexStringSeparatedBy ?@char inSeparator ?@uint inGroup -> @string
```

Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string `0x`. Groups of `inGroup` digits are separated by the `inSeparator` character.

If `inGroup` is equal to zero, a run-time error is raised.

For example :

```
let s = [0x123456789ABCDEF0LS hexStringSeparatedBy !'_' !3] # 0x1_234_567_89A_BCD_EF0
```

29.2.4 Getter sint

```
getter sint -> @sint
```

Returns the receiver's value in an `@sint` (page 237) (32-bit signed integer) object. An error is raised is receiver's value is lower than -2^{31} or greater than $2^{31} - 1$.

This getter is the only way to convert an `@sint64` (page 243) object into an `@sint` (page 237) object.

29.2.5 Getter string

```
getter string -> @string
```

Returns a decimal string representation of the receiver's value. This getter never fails.

29.2.6 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Returns the receiver's value in an [@uint \(page 286\)](#) (32-bit unsigned integer) object. An error is raised if receiver's value is negative or greater than $2^{32} - 1$.

This getter is the only way to convert an [@sint64 \(page 243\)](#) object into an [@uint \(page 286\)](#) object.

29.2.7 Getter uint64

```
getter uint64 -> @uint64
```

Returns the receiver's value in an [@uint64 \(page 294\)](#) (64-bit unsigned integer) object. This getter raises a run-time error if the receiver's value is negative.

This getter is the only way to convert an [@sint64 \(page 243\)](#) object into an [@uint64 \(page 294\)](#) object.

29.3 Arithmétique

29.3.1 Opérateurs infixés

Le type [@sint64](#) accepte les opérateurs arithmétiques infixés suivants :

- `+`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `-`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `*`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `/`, division, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `mod`, calcul du reste, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `&+`, addition, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;
- `&-`, soustraction, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;
- `&*`, multiplication, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;
- `&/`, division, qui retourne zéro si le diviseur est nul.

Ces opérateurs exigent que les deux opérandes soient des objets du même type [@sint64](#).

29.3.2 Opérateurs préfixés

Le type `@sint64` accepte les opérateurs arithmétiques préfixés suivants :

- `+`, qui retourne simplement la valeur de l'opérande ;
- `-`, négation arithmétique, une erreur d'exécution est déclenchée si l'opérande est égal à -2^{63} ;
- `&-`, négation arithmétique, sans détection de débordement : la négation de -2^{63} est -2^{63} .

La valeur renvoyée est du même type `@sint64`.

29.3.3 Instructions

Le type `@sint64` accepte les instructions arithmétiques suivantes :

- `+=`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `-=`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `*=`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `/=`, division, une erreur d'exécution est déclenchée en cas division par zéro ;
- `++`, incrémentation, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `--`, décrémentement, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement ;
- `&++`, incrémentation, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits ;
- `&--`, décrémentement, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits.

`x+=y` est équivalent à `x=x+y` ; `x-=y` est équivalent à `x=x-y`. La variable cible `x`, comme l'expression source `y` doivent être du même type `@sint64`.

Incrémentation et décrémentement sont des instructions, et ne peuvent pas apparaître des expressions.

```
@sint64 n = ... ; n ++ # Incrémentation
```

```
@sint64 n = ... ; n -- # Décrémentement
```

29.4 Shift Operators

The `@sint64` type supports right and left shift operators :

<<	Left shift
>>	Right shift

Theses operators require the right argument to be `@sint64` object, and the left argument to be `@uint` object.

Note the right shift inserts a zero bit in the most significant bit location if the receiver's value is negative, and a one bit otherwise (it is a arithmetic right shift).

The actual amount of the shift is the value of the right-hand operand masked by 63, i.e. the shift distance is always between 0 and 63.

29.5 Logical Operators

The `@sint64` type supports the three bit-wise logical operators :

&	Bit-wise and
|	Bit-wise or
	Bit-wise exclusive or

Theses operators require both arguments to be `@sint64` objects.

The `@sint64` type supports the bit-wise logical unary operator :

~	Bit-wise complementation
---	--------------------------

This operator returns an `@sint64` object.

29.6 Comparison Operators

The `@sint64` type supports the six comparison operators :

=	Equality
!=	Non Equality
<	Strict Lower Than
<=	Lower or Equal
>	Strict Greater Than
>=	Greater or Equal

Theses operators require both arguments to be `@sint64` objects, and return a `@bool` object.

Chapitre 30

Le type @string

30.1	Chaînes de caractères littérales	249
30.2	Constructeurs	249
30.3	Getters	254
30.4	Méthodes	273
30.5	Setters	275
30.6	Procédures de type	276

Le type `@string` définit les chaînes de caractères Unicode.

30.1 Chaînes de caractères littérales

En GALGAS, les chaînes de caractères littérales sont délimitées par des caractères «"», par exemple : `"a string"`. Une chaîne de caractères littérale est un objet constant de type `@string`, si bien que l'on peut lui appliquer méthodes et *getters* : `["ae" uppercaseString]` retourne la chaîne `"AE"`.

30.2 Constructeurs

30.2.1 Constructeur `componentsJoinedByString`

```
constructor componentsJoinedByString
  ?@stringlist inComponents
  ?@string inSeparator -> @string
```

Retourne la chaîne de caractères obtenue en concaténant tous les éléments de `inComponents` en insérant une copie de `inSeparator` entre deux éléments consécutifs.

```
let aList = @stringlist {"A", "B", "C"}
let s = @string.componentsJoinedByString {!aList !"-"} # "A-B-C"
```

30.2.2 Constructeur CppChar

```
constructor CppChar ?@char inChar -> @string
```

Retourne la chaîne de caractères constitué du caractère `inChar` précédé et suivi par un caractère «"».

```
let s = @string.CppChar {'A'} # "A"
```

30.2.3 Constructeur CppLineComment

```
constructor CppLineComment -> @string
```

Retourne une chaîne de caractères constitué de :

- deux caractères «/»;
- suivi de 117 caractères «-»;
- suivi d'un caractère «*»;
- et terminée par un retour à la ligne.

30.2.4 Constructeur CppTitleComment

```
constructor CppTitleComment ?@string inString -> @string
```

Retourne une chaîne de caractères constitué de cinq lignes de commentaires C++ :

- une ligne obtenue par appel du [constructeur CppLineComment du type @string – page 250](#);
- une ligne obtenue par appel du [constructeur CppSpaceComment du type @string – page 250](#);
- une ligne de commentaire contenant `inString` centré;
- une ligne obtenue par appel du [constructeur CppSpaceComment du type @string – page 250](#);
- une ligne obtenue par appel du [constructeur CppLineComment du type @string – page 250](#).

30.2.5 Constructeur CppSpaceComment

```
constructor CppSpaceComment -> @string
```

Retourne une chaîne de caractères constitué de :

- deux caractères « / »;
- suivi de 117 caractères *espace*;
- suivi d'un caractère « * »;
- et terminée par un retour à la ligne.

Ce constructeur permet d'écrire des commentaires encadrés dans le code C++ engendré.

30.2.6 Constructeur default

```
constructor default -> @string
```

Retourne la chaîne vide (voir [section 53.1.15 page 405](#)).

30.2.7 Constructeur homeDirectory

```
constructor homeDirectory -> @string
```

Retourne une chaîne de caractères contenant le chemin absolu vers le répertoire *home* de l'utilisateur. Fonctionne sous Unix et Windows.

30.2.8 Constructeur newWithStdIn

```
constructor newWithStdIn -> @string
```

Bloque l'exécution en attente de saisie d'une ligne sur le terminal. La saisie du retour-chariot relance l'exécution. La chaîne saisie (y compris le retour-chariot qui la termine) est renvoyée par le constructeur.

30.2.9 Constructeur retrieveAndResetTemplateString

```
constructor retrieveAndResetTemplateString -> @string
```

Ce constructeur est utilisé pour la génération de *templates*.

30.2.10 Constructeur separatorString

```
constructor separatorString -> @string
```

Ce constructeur renvoie la chaîne de caractères formant le séparateur entre le token courant et le suivant (y compris les commentaires). Son utilisation principale est de permettre d'implémenter un mécanisme permettant de vérifier qu'une instruction se termine par une fin de ligne, ou un `;`.

Par exemple, considérons l'analyse d'une liste d'instructions :

```
repeat
while
  <instruction>
end
```

Dans le code ci-dessus, rien n'oblige à séparer les instructions par une fin de ligne. On impose l'occurrence d'une fin de ligne (ou plusieurs) ou d'un `;` en écrivant :

```
repeat
while
  <instruction>
  select
    $;$
  or
    let s = @string.separatorString
    if not [s containsCharacter !'\n'] then
      error .here
      : "instruction should be terminated by an end of line or a ';'
    end
  end
end
```

30.2.11 Constructeur stringByRepeatingString

```
constructor stringByRepeatingString
  ?@string inString
  ?@uint inCount
  -> @string
```

Ce constructeur retourne la chaîne de caractères constituée d'une séquence de `inCount` chaînes `inString`.

30.2.12 Constructeur stringWithContentsOfFile

```
constructor stringWithContentsOfFile ?@string inFilePath -> @string
```

Ce constructeur lit le fichier texte désigné par le chemin relatif ou absolu `inFilePath` et retourne son contenu. Une erreur d'exécution est déclenchée si le fichier ne peut pas être lu.

30.2.13 Constructeur `stringWithCurrentDateTime`

```
constructor stringWithCurrentDateTime -> @string
```

Ce constructeur retourne une chaîne de caractères contenant la date et l'heure courante.

Par exemple :

```
let s = @string.stringWithCurrentDateTime # "Wed Jan 6 20:08:33 2016"
```

30.2.14 Constructeur `stringWithCurrentDirectory`

```
constructor stringWithCurrentDirectory -> @string
```

Ce constructeur retourne une chaîne de caractères contenant le chemin absolu du répertoire courant.

30.2.15 Constructeur `stringWithEnvironmentVariable`

```
constructor stringWithEnvironmentVariable  
  ?@string inVariableName  
  -> @string
```

Ce constructeur retourne la valeur associée à la variable d'environnement `inVariableName`. Une erreur d'exécution est déclenchée si la variable d'environnement n'est pas définie. L'existence d'une variable d'environnement peut être testée par le [getter `doesEnvironmentVariableExist` du type `@string` \(page 261\)](#).

30.2.16 Constructeur `stringWithEnvironmentVariableOrEmpty`

```
constructor stringWithEnvironmentVariableOrEmpty  
  ?@string inVariableName  
  -> @string
```

Ce constructeur retourne la valeur associée à la variable d'environnement `inVariableName`. Si la variable d'environnement n'est pas définie, la chaîne vide est retournée et aucune erreur n'est déclenchée.

30.2.17 Constructeur `stringWithSequenceOfCharacters`

```
constructor stringWithSequenceOfCharacters  
  ?@char inChar  
  ?@uint inCount  
  -> @string
```

Ce constructeur retourne la chaîne de caractères constituée d'une séquence de `inCount` caractères `inChar`. Pour répéter une chaîne de caractères, voir le [constructeur `stringByRepeatingString` du type `@string` – page 252](#).

30.2.18 Constructeur `stringWithSourceFilePath`

```
constructor stringWithSourceFilePath -> @string
```

Ce constructeur retourne le chemin absolu du fichier source en cours d'analyse.

30.2.19 Constructeur `stringWithSymbolicLinkContents`

```
constructor stringWithSymbolicLinkContents ?@string inPath -> @string
```

30.3 Getters

30.3.1	Getter <code>absolutePathFromPath</code>	255
30.3.2	Getter <code>assemblerRepresentation</code>	256
30.3.3	Getter <code>capacity</code>	256
30.3.4	Getter <code>characterAtIndex</code>	256
30.3.5	Getter <code>commandWithArguments</code>	257
30.3.6	Getter <code>componentsSeparatedByString</code>	257
30.3.7	Getter <code>containsCharacter</code>	257
30.3.8	Getter <code>containsCharacterInRange</code>	257
30.3.9	Getter <code>count</code>	258
30.3.10	Getter <code>cStringRepresentation</code>	258
30.3.11	Getter <code>currentColumn</code>	258
30.3.12	Getter <code>decimalSignedBigInt</code>	259
30.3.13	Getter <code>decimalSignedNumber</code>	259
30.3.14	Getter <code>decimalSigned64Number</code>	259
30.3.15	Getter <code>decimalUnsignedNumber</code>	259
30.3.16	Getter <code>decimalUnsigned64Number</code>	260
30.3.17	Getter <code>decodedStringFromRepresentation</code>	260
30.3.18	Getter <code>directories</code>	260
30.3.19	Getter <code>directoriesWithExtensions</code>	260
30.3.20	Getter <code>directoryExists</code>	261
30.3.21	Getter <code>doesEnvironmentVariableExist</code>	261
30.3.22	Getter <code>doubleNumber</code>	261
30.3.23	Getter <code>fileExists</code>	261
30.3.24	Getter <code>fileNameRepresentation</code>	261
30.3.25	Getter <code>firstCharacterOrNil</code>	262
30.3.26	Getter <code>here</code>	262
30.3.27	Getter <code>hiddenCommandWithArguments</code>	262
30.3.28	Getter <code>hiddenFiles</code>	262
30.3.29	Getter <code>HTMLRepresentation</code>	263
30.3.30	Getter <code>identifierRepresentation</code>	263

30.3.31	Getter isDecimalSignedBigInt	263
30.3.32	Getter isDecimalSignedNumber	264
30.3.33	Getter isDecimalSigned64Number	264
30.3.34	Getter isDecimalUnsignedNumber	264
30.3.35	Getter isDecimalUnsigned64Number	264
30.3.36	Getter isDoubleNumber	264
30.3.37	Getter isSymbolicLink	265
30.3.38	Getter lastCharacter	265
30.3.39	Getter lastPathComponent	265
30.3.40	Getter leftSubString	265
30.3.41	Getter length	265
30.3.42	Getter lowercaseString	265
30.3.43	Getter md5	266
30.3.44	Getter nameRepresentation	266
30.3.45	Getter nativePathWithUnixPath	267
30.3.46	Getter nowhere	267
30.3.47	Getter pathExtension	267
30.3.48	Getter popen	267
30.3.49	Getter range	267
30.3.50	Getter regularFiles	267
30.3.51	Getter regularFilesWithExtensions	268
30.3.52	Getter relativePathFromPath	268
30.3.53	Getter reversedString	268
30.3.54	Getter rightSubString	268
30.3.55	Getter stringByCapitalizingFirstCharacter	268
30.3.56	Getter stringByDeletingLastPathComponent	269
30.3.57	Getter stringByDeletingPathExtension	269
30.3.58	Getter stringByLeftAndRightPadding	269
30.3.59	Getter stringByLeftPadding	269
30.3.60	Getter stringByRemovingCharacterAtIndex	270
30.3.61	Getter stringByReplacingStringByString	270
30.3.62	Getter stringByRightPadding	270
30.3.63	Getter stringByStandardizingPath	270
30.3.64	Getter stringByTrimmingWhiteSpaces	270
30.3.65	Getter subString	270
30.3.66	Getter subStringFromIndex	271
30.3.67	Getter system	271
30.3.68	Getter unixPathWithNativePath	271
30.3.69	Getter uppercaseString	271
30.3.70	Getter utf32Representation	272
30.3.71	Getter utf8Length	272
30.3.72	Getter utf8Representation	272
30.3.73	Getter utf8RepresentationEscapingQuestionMark	272
30.3.74	Getter utf8RepresentationEnclosedWithin	273
30.3.75	Getter utf8RepresentationWithoutDelimiters	273

30.3.1 Getter absolutePathFromPath

```
getter @string absolutePathFromPath ?@string inPath -> @string
```

Si la valeur du récepteur est un chemin absolu, cette valeur est retournée et `inPath` est inutilisé.

Si la valeur du récepteur est un chemin relatif, cette valeur est retournée préfixée par `inPath`.

30.3.2 Getter `assemblerRepresentation`

```
getter @string assemblerRepresentation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères construite en traduisant chaque caractère :

- une lettre ASCII (minuscule ou majuscule) est inchangée;
- un chiffre décimal est inchangé;
- les caractères «.», «-» et «\$» sont inchangés;
- tout autre caractère est traduit en son point de code en hexadécimal, précédé et suivi par un caractère «_».

La chaîne obtenue est un identificateur C ou C++ valide si le récepteur commence par une lettre ASCII ou un caractère de soulignement «_».

Par exemple :

```
let x = ["$Z2.3" assemblerRepresentation] # "$Z2.3"  
let y = [":?" assemblerRepresentation] # "_3A_3F_"  
let y = ["_é" assemblerRepresentation] # "_5F__E8_"
```

Voir aussi le [getter `identifierRepresentation` du type `@string` \(page 263\)](#) qui retourne toujours un identificateur C ou C++ valide et le [getter `nameRepresentation` du type `@string` \(page 266\)](#).

Pour reconstituer la chaîne d'origine, appeler le [getter `decodedStringFromRepresentation` du type `@string` \(page 260\)](#).

30.3.3 Getter `capacity`

```
getter @string capacity -> @uint
```

Retourne le nombre de caractères alloués pour stocker la valeur du récepteur.

30.3.4 Getter `characterAtIndex`

```
getter @string characterAtIndex ?@uint inIndex -> @char
```


Retourne le caractère situé à l'indice `inIndex` de la valeur du récepteur. Le premier caractère a pour indice 0. Si `inIndex` est supérieur au égal à la longueur de la valeur du récepteur, une erreur d'exécution est déclenchée.

30.3.5 Getter `commandWithArguments`

```
getter @string commandWithArguments ?@stringlist inArguments -> @sint
```

Exécute la commande *shell* dont le nom est la valeur du récepteur, avec les arguments désignés par la valeur de `inArguments`. La sortie de la commande est affichée sur la console. Quand la commande est terminée, sa valeur de sortie est retournée.

Contrairement au *getter system du type @string (page 271)*, des espaces sont acceptés dans le nom de la commande et dans les arguments.

```
let r = ["cp" commandWithArguments {"fichierA.txt", "fichierB.txt"}]
if r == 0S then
    # Ok, pas d'erreur
else
    # Erreur
end
```

30.3.6 Getter `componentsSeparatedByString`

```
getter @string componentsSeparatedByString ?@string inSeparator -> @stringlist
```

Retourne une liste des sous-chaînes de la valeur du récepteur qui a été divisée par `inSeparator`.

```
let b = ["a--b--c--" componentsSeparatedByString "--"]
# "a", "b", "c", ""
```

30.3.7 Getter `containsCharacter`

```
getter @string containsCharacter ?@char inCharacter -> @bool
```

Retourne **true** si le récepteur contient le caractère `inCharacter`, et **false** dans le cas contraire.

```
let b = ["abcdef" containsCharacter 'c'] # true
```

30.3.8 Getter `containsCharacterInRange`

```
getter @string containsCharacterInRange
  ?@char inFirstCharacter
  ?@char inLastCharacter
  -> @bool
```

Retourne **true** si le récepteur contient un ou plusieurs caractère dont le point de code est supérieur ou égal à celui de `inFirstCharacter` et inférieur ou égal à celui de `inLastCharacter`, et **false** dans le cas contraire. En conséquence, si le point de code Unicode de `inFirstCharacter` doit être strictement supérieur au point de code de `inLastCharacter`, la valeur renvoyée est toujours **false**.

```
let b = ["abcdef" containsCharacterInRange !'c' !'d'] # true
let c = ["abcdef" containsCharacterInRange !'x' !'z'] # false
```

30.3.9 Getter count

```
getter @string count -> @uint
```

Retourne le nombre de caractères UTF-32 du récepteur. Si le récepteur n'est pas une chaîne ASCII, ce getter ne donne pas le nombre d'octets de sa représentation en UTF-8 : pour cela utiliser le [getter utf8Length du type @string \(page 272\)](#).

30.3.10 Getter cStringRepresentation

```
getter @string cStringRepresentation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne UTF-8, c'est-à-dire qu'un caractère « " » a été inséré au début et à la fin.

Le caractère « " » est échappé en « \" », le caractère « \ » est échappé en « \\ ». Le caractère de code ASCII 0x0D (« *Carriage Return* ») est écrit sous la forme d'un anti slash suivi du caractère "n".

30.3.11 Getter currentColumn

```
getter @string currentColumn -> @uint
```

Retourne l'indice de la colonne, c'est-à-dire :

- si le récepteur ne contient pas de retour à la ligne, le nombre de caractères du récepteur ;
- si le récepteur contient des retours à la ligne, le nombre de caractères du récepteur qui suivent la dernière occurrence d'un retour à la ligne.

30.3.12 Getter decimalSignedBigInt

```
getter @string decimalSignedBigInt -> @bigint
```

Retourne la valeur du récepteur convertie en entier signé. La valeur du récepteur doit donc ne contenir que des chiffres décimaux, éventuellement précédés par un « + » ou un « - ». Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée.

La valeur du récepteur peut être testée en appelant le [getter isDecimalSignedBigInt du type @string \(page 263\)](#).

30.3.13 Getter decimalSignedNumber

```
getter @string decimalSignedNumber -> @sint
```

Retourne la valeur du récepteur convertie en entier signé 32 bits. La valeur du récepteur doit donc ne contenir que des chiffres décimaux, éventuellement précédés par un « + » ou un « - ». Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée.

La valeur du récepteur peut être testée en appelant le [getter isDecimalSignedNumber du type @string \(page 264\)](#).

30.3.14 Getter decimalSigned64Number

```
getter @string decimalSigned64Number -> @sint64
```

Retourne la valeur du récepteur convertie en entier signé 64 bits. La valeur du récepteur doit donc ne contenir que des chiffres décimaux, éventuellement précédés par un « + » ou un « - ». Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée.

La valeur du récepteur peut être testée en appelant le [getter isDecimalSigned64Number du type @string \(page 264\)](#).

30.3.15 Getter decimalUnsignedNumber

```
getter @string decimalUnsignedNumber -> @uint
```

Retourne la valeur du récepteur convertie en entier non signé 32 bits. La valeur du récepteur doit donc ne contenir que des chiffres décimaux. Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée.

La valeur du récepteur peut être testée en appelant le [getter isDecimalUnsignedNumber du type @string \(page 264\)](#).

30.3.16 Getter decimalUnsigned64Number

```
getter @string decimalUnsigned64Number -> @uint64
```

Retourne la valeur du récepteur convertie en entier non signé 64 bits. La valeur du récepteur doit donc ne contenir que des chiffres décimaux. Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée.

La valeur du récepteur peut être testée en appelant le *getter isDecimalUnsigned64Number du type @string (page 264)*.

30.3.17 Getter decodedStringFromRepresentation

```
getter @string decodedStringFromRepresentation -> @string
```

Ce getter suppose que le récepteur est une chaîne de caractères résultat de l'appel du *getter assemblerRepresentation du type @string (page 256)*, du *getter identifierRepresentation du type @string (page 263)* ou du *getter nameRepresentation du type @string (page 266)*, et retourne la chaîne d'origine.

Par exemple :

```
let s = ["chaîne accentuée" identifierRepresentation]
log s # LOGGING s: <@string:"cha_EE_ne_20_accentu_E9_e">
let y = [s decodedStringFromRepresentation]
log y #LOGGING y: <@string:"chaîne accentuée">
```

Une erreur est déclenchée à l'exécution si le récepteur n'est pas une chaîne valide, et la valeur retournée n'est pas construite.

30.3.18 Getter directories

```
getter @string directories ?@bool inRecursiveSearch -> @stringlist
```

Retourne la liste des sous-répertoires du répertoire désigné par la valeur du récepteur. Si le paramètre `inRecursiveSearch` est vrai, une recherche récursive dans les sous répertoires est effectuée.

30.3.19 Getter directoriesWithExtensions

```
getter @string directoriesWithExtensions
  ?@bool inRecursiveSearch
  ?@stringlist inExtensionList -> @stringlist
```

Retourne la liste des sous-répertoires du répertoire désigné par la valeur du récepteur, en ne retenant que les répertoires dont l'extension appartient à liste `inExtensionList`. Si le paramètre `inRecursiveSearch` est vrai, une recherche récursive dans les sous répertoires est effectuée.

30.3.20 Getter directoryExists

```
getter @string directoryExists -> @bool
```

Retourne **true** si la valeur du récepteur désigne un répertoire existant, et **false** dans le cas contraire.

30.3.21 Getter doesEnvironmentVariableExist

```
getter @string doesEnvironmentVariableExist -> @bool
```

Retourne **true** si la valeur du récepteur nomme une variable d'environnement existante, et **false** dans le cas contraire.

30.3.22 Getter doubleNumber

```
getter @string doubleNumber -> @double
```

Retourne la valeur du récepteur convertie en entier non signé. La valeur du récepteur doit donc ne contenir que des chiffres décimaux. Si ce n'est pas le cas, une erreur d'exécution est déclenchée.

La valeur du récepteur peut être testée en appelant le [getter isDoubleNumber du type @string \(page 264\)](#).

30.3.23 Getter fileExists

```
getter @string fileExists -> @bool
```

Retourne **true** si la valeur du récepteur désigne un fichier existant, et **false** dans le cas contraire.

30.3.24 Getter fileNameRepresentation

```
getter @string fileNameRepresentation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères qui sera toujours un nom de fichier valide :

- une lettre ASCII minuscule est inchangée;
- un chiffre décimal est inchangé;
- tout autre caractère est traduit en son point de code en hexadécimal, précédé et suivi par un caractère « - ».

Par exemple :

```
let x = ["Z23" fileNameRepresentation] # "-5A-23"
let y = [":?" fileNameRepresentation] # "-3A--3F-"
```

En particulier, les lettres majuscules sont remplacées ; c'est indispensable pour les systèmes de fichiers qui sont insensibles à la casse, cela permet d'obtenir des noms de fichiers différents à partir de noms ne différant que par la casse :

```
let x = ["exemple" fileNameRepresentation] # "exemple"
let y = ["Exemple" fileNameRepresentation] # "-45-xemple"
```

30.3.25 Getter firstCharacterOrNul

```
getter @string firstCharacterOrNul -> @char
```

Si la longueur de la valeur du récepteur est non nulle, retourne son premier caractère, sinon le caractère NUL.

30.3.26 Getter here

```
getter @string here -> @lstring
```

Retourne un `@lstring` dont le champ `string` est la valeur du récepteur, et dont le champ `location` désigne la position courante de l'analyse. L'expression `[s here]` est équivalente à `@lstring.new{!s !.here}`.

30.3.27 Getter hiddenCommandWithArguments

```
getter @string hiddenCommandWithArguments ?@stringlist inArguments -> @string
```

Exécute la commande *shell* dont le nom est la valeur du récepteur, avec les arguments désignés par la valeur de `inArguments`. Quand la commande est terminée, la sortie de la commande est retournée.

Contrairement au [getter popen du type @string \(page 267\)](#), des espaces sont acceptés dans le nom de la commande et dans les arguments.

30.3.28 Getter hiddenFiles

```
getter @string hiddenFiles ?@bool inRecursiveSearch -> @stringlist
```

Retourne la liste des fichiers cachés du répertoire désigné par la valeur du récepteur. Si le paramètre `inRecursiveSearch` est vrai, une recherche récursive dans les sous répertoires est effectuée.

Caractère	Codage en HTML
&	&
"	"
<	<
>	>

Tableau 30.1 – Codage des caractères, *getter HTMLRepresentation* du type *@string*

30.3.29 Getter HTMLRepresentation

```
getter @string HTMLRepresentation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur encodée pour former une chaîne HTML valide. Les caractères « & », « " », « < » et « > » sont modifiés selon le [tableau 30.1 page 263](#).

30.3.30 Getter identifierRepresentation

```
getter @string identifierRepresentation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères qui sera toujours un identificateur C ou C++ valide :

- une lettre ASCII (minuscule ou majuscule) est inchangée ;
- tout autre caractère est traduit en son point de code en hexadécimal, précédé et suivi par un caractère « _ ».

Par exemple :

```
let x = ["Z23" identifierRepresentation] # "Z_32_33_"
let y = [":?" identifierRepresentation] # "_3A_3F_"
```

Voir aussi le [getter nameRepresentation du type @string \(page 266\)](#) qui laisse inchangé un chiffre décimal, et le [getter assemblerRepresentation du type @string \(page 256\)](#).

Pour reconstituer la chaîne d'origine, appeler le [getter decodedStringFromRepresentation du type @string \(page 260\)](#).

30.3.31 Getter isDecimalSignedBigInt

```
getter @string isDecimalSignedBigInt -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur représente un entier signé, c'est-à-dire si le [getter decimalSignedBigInt du type @string \(page 259\)](#) peut être appelé sans qu'une erreur d'exécution se déclenche.

30.3.32 Getter isDecimalSignedNumber

```
getter @string isDecimalSignedNumber -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur représente un entier signé sur 32 bits, c'est-à-dire si le *getter decimalSignedNumber du type @string (page 259)* peut être appelé sans qu'une erreur d'exécution se déclenche.

30.3.33 Getter isDecimalSigned64Number

```
getter @string isDecimalSigned64Number -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur représente un entier signé sur 64 bits, c'est-à-dire si le *getter decimalSigned64Number du type @string (page 259)* peut être appelé sans qu'une erreur d'exécution se déclenche.

30.3.34 Getter isDecimalUnsignedNumber

```
getter @string isDecimalUnsignedNumber -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur représente un entier non signé sur 32 bits, c'est-à-dire si le *getter decimalUnsignedNumber du type @string (page 259)* peut être appelé sans qu'une erreur d'exécution se déclenche.

30.3.35 Getter isDecimalUnsigned64Number

```
getter @string isDecimalUnsigned64Number -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur représente un entier non signé sur 64 bits, c'est-à-dire si le *getter decimalUnsigned64Number du type @string (page 260)* peut être appelé sans qu'une erreur d'exécution se déclenche.

30.3.36 Getter isDoubleNumber

```
getter @string isDoubleNumber -> @bool
```

Ce *getter* permet de savoir si le récepteur représente un nombre flottant, c'est-à-dire si le *getter doubleNumber du type @string (page 261)* peut être appelé sans qu'une erreur d'exécution se déclenche.

30.3.37 Getter `isSymbolicLink`

```
getter @string isSymbolicLink -> @bool
```

Retourne `true` si la valeur du récepteur désigne un lien symbolique existant, et `false` dans le cas contraire.

30.3.38 Getter `lastCharacter`

```
getter @string lastCharacter -> @char
```

Retourne le dernier caractère du récepteur. Si celui-ci est vide, une erreur d'exécution est déclenchée.

30.3.39 Getter `lastPathComponent`

```
getter @string lastPathComponent -> @string
```

Retourne le récepteur ne contient pas de caractère « / », il est retourné inchangé. Sinon, ce *getter* retourne la sous-chaîne de caractères qui suit la dernière occurrence du caractère « / ».

30.3.40 Getter `leftSubString`

```
getter @string leftSubString ?@uint inLength -> @string
```

Retourne la sous-chaîne constituée des `inLength` derniers caractères du récepteur. Si celui-ci contient moins de `inLength` caractères, une erreur d'exécution est déclenchée.

30.3.41 Getter `length`

```
getter @string length -> @uint # Obsolete, utiliser count
```

Retourne le nombre de caractères UTF-32 du récepteur. Si le récepteur n'est pas une chaîne ASCII, ce *getter* ne donne pas le nombre d'octets de sa représentation en UTF-8 : pour cela utiliser le *getter* `utf8Length` du type `@string` (page 272).

30.3.42 Getter `lowercaseString`

```
getter @string lowercaseString -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur, dans laquelle toutes les lettres majuscules sont transformées en minuscules.

Par exemple :

```
let x = ["AbcD" lowercaseString] # "abcd"
let y = ["ÊÆ" lowercaseString] # "êæ"
```

30.3.43 Getter md5

```
getter @string md5 -> @string
```

Retourne la somme de contrôle MD5 du récepteur sous la forme d'une chaîne de 32 caractères hexadécimaux.

Par exemple :

```
let x = ["Hello" md5] # "8B1A9953C4611296A827ABF8C47804D7"
```

30.3.44 Getter nameRepresentation

```
getter @string nameRepresentation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne de caractères construite en traduisant chaque caractère :

- une lettre ASCII (minuscule ou majuscule) est inchangée ;
- un chiffre décimal est inchangé ;
- tout autre caractère est traduit en son point de code en hexadécimal, précédé et suivi par un caractère « _ ».

La chaîne obtenue est un identificateur C ou C++ valide si le récepteur commence par une lettre ASCII ou un caractère de soulignement « _ ».

Par exemple :

```
let x = ["Z23" nameRepresentation] # "Z23"
let y = [":?" nameRepresentation] # "_3A__3F_"
let y = ["_é" nameRepresentation] # "_5F__E8_"
```

Voir aussi le [getter identifierRepresentation du type @string \(page 263\)](#) qui retourne toujours un identificateur C ou C++ valide, et le [getter assemblerRepresentation du type @string \(page 256\)](#).

Pour reconstituer la chaîne d'origine, appeler le [getter decodedStringFromRepresentation du type @string \(page 260\)](#).

30.3.45 Getter nativePathWithUnixPath

```
getter @string nativePathWithUnixPath -> @string
```

Sous Unix, ce *getter* retourne la valeur du récepteur. Sous Windows, il retourne la valeur du récepteur encodé à la *Windows*.

Par exemple, sous Windows :

```
let x = ["/C/Program Files/f" nativePathWithUnixPath] # "C:\Program Files\f"
```

30.3.46 Getter nowhere

```
getter @string nowhere -> @lstring
```

Retourne un `@lstring` dont le champ `string` est la valeur du récepteur, et dont le champ `location` est vide.

30.3.47 Getter pathExtension

```
getter @string pathExtension -> @string
```

Si le récepteur ne contient pas de caractère « . », la chaîne vide est retournée. Sinon, ce *getter* retourne la sous-chaîne de caractères qui suit la dernière occurrence du caractère « . ».

30.3.48 Getter popen

```
getter @string popen -> @string
```

Ce *getter* exécute la commande Shell exprimée par la valeur du récepteur. La sortie de cette commande est accumulée et retournée par ce *getter* lorsque la commande est terminée.

30.3.49 Getter range

```
getter @string range -> @range
```

Retourne un objet de type `@range` ([page 366](#)) dont le champ `start` est 0 et le champ `length` est égal au nombre de caractères du récepteur.

30.3.50 Getter regularFiles

```
getter @string regularFiles ?@bool inRecursiveSearch -> @stringlist
```

Retourne la liste des fichiers non cachés du répertoire désigné par la valeur du récepteur. Si le paramètre `inRecursiveSearch` est vrai, une recherche récursive dans les sous répertoires est effectuée.

30.3.51 Getter `regularFilesWithExtensions`

```
getter @string regularFilesWithExtensions  
  ?@bool inRecursiveSearch  
  ?@stringlist inExtensionList -> @stringlist
```

Retourne la liste des fichiers non cachés du répertoire désigné par la valeur du récepteur, en ne retenant que les fichiers dont l'extension est nommée dans `inExtensionList`. Si le paramètre `inRecursiveSearch` est vrai, une recherche récursive dans les sous répertoires est effectuée.

30.3.52 Getter `relativePathFromPath`

```
getter @string relativePathFromPath ?@string inPath -> @string
```

Retourne le chemin relatif du récepteur à partir du chemin `inPath`.

30.3.53 Getter `reversedString`

```
getter @string reversedString -> @string
```

Retourne la valeur renversée du récepteur.

```
let x = ["abcde" reversedString] # "edcba"
```

30.3.54 Getter `rightSubString`

```
getter @string rightSubString ?@uint inLength -> @string
```

Retourne la sous-chaîne constituée des `inLength` premiers caractères du récepteur. Si celui-ci contient moins de `inLength` caractères, une erreur d'exécution est déclenchée.

30.3.55 Getter `stringByCapitalizingFirstCharacter`

```
getter @string stringByCapitalizingFirstCharacter -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur dans laquelle le premier caractère, si il est une lettre, a été mis en majuscule.

30.3.56 Getter `stringByDeletingLastPathComponent`

```
getter @string stringByDeletingLastPathComponent -> @string
```

Si le récepteur ne contient pas de caractère « / », la chaîne vide est retournée. Sinon, ce *getter* retourne la sous-chaîne de caractères qui précède la dernière occurrence du caractère « / ».

30.3.57 Getter `stringByDeletingPathExtension`

```
getter @string stringByDeletingPathExtension -> @string
```

Si le récepteur ne contient pas de caractère « . », la valeur du récepteur est retournée. Sinon, ce *getter* retourne la sous-chaîne de caractères qui précède la dernière occurrence du caractère « . ».

30.3.58 Getter `stringByLeftAndRightPadding`

```
getter @string stringByLeftAndRightPadding  
    ?@uint inPaddedStringLength  
    ?@char inPaddingChar -> @string
```

Si la longueur de la valeur du récepteur est supérieure ou égal à `inPaddedStringLength`, la valeur du récepteur est retournée. Sinon, ce *getter* retourne la valeur du récepteur précédée et suivie d'un nombre égal de caractères `inPaddingChar`, de façon à atteindre la longueur `inPaddedStringLength`. Si le nombre de caractères à ajouter est impair, le nombre de caractères ajoutés est supérieur d'une unité au nombre de caractères insérés au début.

30.3.59 Getter `stringByLeftPadding`

```
getter @string stringByLeftPadding  
    ?@uint inPaddedStringLength  
    ?@char inPaddingChar -> @string
```

Si la longueur de la valeur du récepteur est supérieure ou égal à `inPaddedStringLength`, la valeur du récepteur est retournée. Sinon, ce *getter* retourne la valeur du récepteur suivie d'un nombre de caractères `inPaddingChar`, de façon à atteindre la longueur `inPaddedStringLength`.

30.3.60 Getter `stringByRemovingCharacterAtIndex`

```
getter @string stringByRemovingCharacterAtIndex ?@uint inIndex -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur, amputée du caractère situé à l'indice `inIndex`. Une erreur d'exécution est déclenchée si `inIndex` est supérieur ou égal au nombre de caractères du récepteur.

30.3.61 Getter `stringByReplacingStringByString`

```
getter @string stringByReplacingStringByString  
    ?@string inSearchedString  
    ?@string inReplacementString -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur, dans laquelle chaque occurrence de `inSearchedString` est remplacée par `inReplacementString`.

30.3.62 Getter `stringByRightPadding`

```
getter @string stringByRightPadding  
    ?@uint inPaddedStringLength  
    ?@char inPaddingChar -> @string
```

Si la longueur de la valeur du récepteur est supérieure ou égale à `inPaddedStringLength`, la valeur du récepteur est retournée. Sinon, ce *getter* retourne la valeur du récepteur précédée d'un nombre de caractères `inPaddingChar`, de façon à atteindre la longueur `inPaddedStringLength`.

30.3.63 Getter `stringByStandardizingPath`

```
getter @string stringByStandardizingPath -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur, dans laquelle les séquences « ./ » et « ../ » sont supprimées.

30.3.64 Getter `stringByTrimmingWhiteSpaces`

```
getter @string stringByTrimmingWhiteSpaces -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur dans lesquelles les espaces en tête et en fin ont été supprimés.

30.3.65 Getter `subString`

```
getter @string subString ?@uint inStart ?@uint inLength -> @string
```

Retourne la sous-chaîne de `inLength` caractères extraite de la valeur du récepteur à partir de l'indice `inStart`.

30.3.66 Getter subStringFromIndex

```
getter @string subStringFromIndex ?@uint inIndex -> @string
```

Retourne la sous-chaîne de caractères extraite de la valeur du récepteur à partir de l'indice `inIndex`. Si `inIndex` est supérieur ou égal au nombre de caractères du récepteur, la chaîne vide est retournée.

30.3.67 Getter system

```
getter @string system -> @sint
```

Exécute la commande *shell* avec la valeur du récepteur en argument. La valeur retournée par cet appel est la valeur retournée par ce *getter*. On peut exécuter plusieurs commandes séquentiellement en les séparant par un point-virgule. La sortie de la commande est affichée sur la console.

Contrairement au *getter* [commandWithArguments du type @string \(page 257\)](#), les espaces dans les arguments doivent être explicitement échappés.

30.3.68 Getter unixPathWithNativePath

```
getter @string unixPathWithNativePath -> @string
```

La valeur du récepteur est un chemin valide pour la plateforme courante.

Sous Windows, ce *getter* retourne la valeur du récepteur sous la forme d'un chemin Unix. Sous Unix, la valeur du récepteur est renvoyée.

30.3.69 Getter uppercaseString

```
getter @string uppercaseString -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur, dans laquelle toutes les lettres minuscules sont transformées en majuscules.

Par exemple :

```
let x = ["AbcD" uppercaseString] # "ABCD"
let y = ["êæ" uppercaseString] # "ÊÆ"
```

30.3.70 Getter utf32Representation

```
getter @string utf32Representation -> @string
```

30.3.71 Getter utf8Length

```
getter @string utf8Length -> @uint
```

Retourne le nombre d'octets de la représentation UTF-8 de la valeur du récepteur. Si le récepteur n'est pas une chaîne ASCII, ce nombre diffère de la valeur retournée par le [getter length du type @string \(page 265\)](#) :

```
var s1 = "Toto"
var nUTF32 = [s length] # 4
var nUTF8 = [s utf8Length] # 4
s1 = "Tâche"
nUTF32 = [s length] # 5
nUTF8 = [s utf8Length] # 6
```

30.3.72 Getter utf8Representation

```
getter @string utf8Representation -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne UTF-8, c'est-à-dire qu'un caractère « " » a été inséré au début et à la fin.

Les caractères non-ASCII sont échappés.

Le caractère « " » est échappé en « \" », le caractère « \ » est échappé en « \\ ».

30.3.73 Getter utf8RepresentationEscapingQuestionMark

```
getter @string utf8RepresentationEscapingQuestionMark -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne UTF-8, c'est-à-dire qu'un caractère « " » a été inséré au début et à la fin.

Les caractères non-ASCII sont échappés. De plus, le caractère « " » est échappé en « \" », le caractère « \ » est échappé en « \\ », le caractère « ? » est échappé en « \? ».

30.3.74 Getter `utf8RepresentationEnclosedWithin`

```
getter @string utf8RepresentationEnclosedWithin ?@char inCharacter -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne UTF-8, entourée par le caractère indiqué en argument.

Le caractère indiqué en argument est échappé en le préfixant par « \ ». Le caractère « \ » est échappé en « \\ ».

30.3.75 Getter `utf8RepresentationWithoutDelimiters`

```
getter @string utf8RepresentationWithoutDelimiters -> @string
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une chaîne UTF-8 sans le délimiteur initial et ni le délimiteur terminal, c'est-à-dire qu'aucun caractère « " » n'est inséré au début et à la fin.

30.4 Méthodes

30.4.1 Méthode `makeDirectory`

```
method @string makeDirectory
```

Crée le répertoire désigné par la valeur du récepteur. Les répertoires intermédiaires sont créés si besoin. Si le répertoire existe déjà, aucune erreur n'est déclenchée.

30.4.2 Méthode `makeDirectoryAndWriteToExecutableFile`

```
method @string makeDirectoryAndWriteToExecutableFile ?@string inFilePath
```

Le récepteur contient la chaîne de caractères qui est écrit dans le fichier `inFilePath`. Les répertoires intermédiaires sont créés si besoin. Le fichier `inFilePath` est rendu exécutable.

30.4.3 Méthode `makeDirectoryAndWriteToFile`

```
method @string makeDirectoryAndWriteToFile ?@string inFilePath
```

Le récepteur contient la chaîne de caractères qui est écrit dans le fichier `inFilePath`. Les répertoires intermédiaires sont créés si besoin.

30.4.4 Méthode makeSymbolicLinkWithPath

```
method @string makeSymbolicLinkWithPath ?@string inFilePath
```

30.4.5 Méthode writeToExecutableFile

```
method @string writeToExecutableFile ?@string inFilePath
```

Le récepteur contient la chaîne de caractères qui est écrit dans le fichier `inFilePath`. Aucun répertoire intermédiaire n'est créé, c'est une erreur d'exécution si ils n'existent pas. Si il a été écrit avec succès, le fichier `inFilePath` est rendu exécutable.

30.4.6 Méthode writeToExecutableFileWhenDifferentContents

```
method @string writeToExecutableFileWhenDifferentContents  
    ?@string inFilePath  
    !@bool outFileModified
```

Le récepteur contient la chaîne de caractères qui est écrit dans le fichier `inFilePath`. Aucun répertoire intermédiaire n'est créé, c'est une erreur d'exécution si ils n'existent pas. Si il a été écrit avec succès, le fichier `inFilePath` est rendu exécutable. Le booléen `outFileModified` permet de savoir si le contenu original du fichier a été modifié.

30.4.7 Méthode writeFile

```
method @string writeFile ?@string inFilePath
```

Le récepteur contient la chaîne de caractères qui est écrit dans le fichier `inFilePath`. Aucun répertoire intermédiaire n'est créé, c'est une erreur d'exécution si ils n'existent pas.

30.4.8 Méthode writeFileWhenDifferentContents

```
method @string @string writeFileWhenDifferentContents  
    ?@string inFilePath  
    !@bool outFileModified
```

Le récepteur contient la chaîne de caractères qui est écrit dans le fichier `inFilePath`. Aucun répertoire intermédiaire n'est créé, c'est une erreur d'exécution si ils n'existent pas. Le booléen `outFileModified` permet de savoir si le contenu original du fichier a été modifié.

30.5 Setters

30.5.1 Setter `appendSpacesUntilColumn`

```
setter @string appendSpacesUntilColumn ?@uint inColumnIndex
```

Ce *setter* ajoute des espaces en fin de ligne jusqu'à atteindre la colonne `inColumnIndex`.

30.5.2 Setter `decIndentation`

```
setter @string decIndentation ?@uint inAmount
```

Lorsqu'un retour à la ligne est inséré, des espaces sont automatiquement insérés à la suite. Initialement, ce nombre est nul. Le [setter `incIndentation` du type `@string` \(page 275\)](#) permet de l'incrémenter, ce *setter* de le décrémenter. Ces deux *setters* permettent d'obtenir facilement des sorties où le texte est indenté.

30.5.3 Setter `incIndentation`

```
setter @string incIndentation ?@uint inAmount
```

Lorsqu'un retour à la ligne est inséré, des espaces sont automatiquement insérés à la suite. Initialement, ce nombre est nul. Ce *setter* permet de l'incrémenter, le [setter `decIndentation` du type `@string` \(page 275\)](#) de le décrémenter. Ces deux *setters* permettent d'obtenir facilement des sorties où le texte est indenté.

30.5.4 Setter `insertCharacterAtIndex`

```
setter @string insertCharacterAtIndex  
    ?@char inChar  
    ?@uint inIndex
```

Ce *setter* insère le caractère caractère `inChar` à l'indice `inIndex`. Si `inIndex` doit être inférieur ou égal au nombre de caractères du récepteur. Si `inIndex` est égal au nombre de caractères, `inChar` est inséré après le dernier caractère.

30.5.5 Setter `setCapacity`

```
setter @string setCapacity ?@uint inCapacity
```

Ce *setter* ajuste la zone mémoire allouée au buffer de la chaîne de caractères. Si `inCapacity` est strictement inférieur au nombre de caractères, ce *setter* n'a pas d'effet.

30.5.6 Setter removeCharacterAtIndex

```
setter @string removeCharacterAtIndex
!@char outChar
?@uint inIndex
```

Ce *setter* retire de la chaîne le caractère à l'indice `inIndex`. Le caractère retiré est renvoyé dans `outChar`. `inIndex` doit être strictement inférieur au nombre de caractères; sinon, une erreur d'exécution est déclenchée, et une valeur poison est retournée dans `outChar`.

30.5.7 Setter setCharacterAtIndex

```
setter @string setCharacterAtIndex
?@char inChar
?@uint inIndex
```

Ce *setter* remplace le caractère d'indice `inIndex` par le caractère `inChar`. Si `inIndex` est supérieur ou égal au nombre de caractères, une erreur d'exécution est déclenchée.

30.6 Procédures de type

30.6.1 Procédure de type deleteFile

```
proc @string deleteFile ?@string inFilePath
```

Supprime le fichier `inFilePath`. Une erreur d'exécution est déclenchée si le fichier n'existe pas.

30.6.2 Procédure de type deleteFileIfExists

```
proc @string deleteFileIfExists ?@string inFilePath
```

Supprime le fichier `inFilePath`. Aucune erreur d'exécution n'est déclenchée si le fichier n'existe pas.

30.6.3 Procédure de type generateFile

```
proc @string generateFile
?@string inStartPath
?@string inFileName
?@string inContents
```

Cette procédure commence par rechercher le fichier `inFileName` dans le répertoire `inStartPath`, et récursivement dans ses sous-répertoires.

Si le fichier existe, son contenu est remplacé par `inContents`.

Si il n'existe pas, il est créé dans le répertoire `inStartPath` avec le nom `inFileName`, et le contenu `inContents`.

30.6.4 Procédure de type `generateFileWithPattern`

```
proc @string generateFileWithPattern
  ?startPath:@string inStartPath
  ?fileName:@string inFileName
  ?lineComment:@string inLineCommentPrefix
  ?header:@string inHeader
  ?defaultUserZone1:@string inDefaultUserZone1
  ?generatedZone2:@string inGeneratedZone2
  ?defaultUserZone2:@string inDefaultUserZone2
  ?generatedZone3:@string inGeneratedZone3
  ?makeExecutable:@bool inMakeExecutable
```

30.6.5 Procédure de type `removeDirectoryRecursively`

```
proc @string removeDirectoryRecursively ?@string inDirectoryPath
```

Supprime le répertoire `inDirectoryPath`, après avoir supprimé tous ses fichiers et récursivement tous ses sous-répertoires.

30.6.6 Procédure de type `removeEmptyDirectory`

```
proc @string removeEmptyDirectory ?@string inDirectoryPath
```

Supprime le répertoire `inDirectoryPath`. Une erreur d'exécution est déclenchée si le répertoire n'est pas vide.

Chapitre 31

Le type @stringset

31.1	Constructors	278
31.2	Getters	279
31.3	Setter	279
31.4	the += Operator	279
31.5	the & Operator	280
31.6	the | Operator	280
31.7	the - Operator	280
31.8	Enumerating @stringset objects	280
31.9	Comparison Operators	281

An `@stringset` object value is a set of `@string` values.

31.1 Constructors

31.1.1 Constructeur emptySet

```
constructor emptySet -> @stringset
```

Creates and returns an empty `@stringset` object.

31.1.2 Constructeur setWithString

```
constructor setWithString ?@string inString -> @stringset
```

Creates and returns an `@stringset` object that contains the value of the *inString* argument object.

31.2 Getters

31.2.1 Getter anyString

```
getter anyString -> @string
```

Retourne une des chaînes de caractères contenue dans le récepteur. Si le récepteur est vide, une erreur d'exécution est déclenchée.

31.2.2 Getter count

```
getter count -> @uint
```

Returns the number of strings in the set.

31.2.3 Getter hasKey

```
getter hasKey ?@string inString -> @bool
```

Returns a boolean value that indicates whether the value of *inString* argument is present in the set: **true** if the value of *inString* argument is present in the set, **false** otherwise.

31.2.4 Getter stringList

```
getter stringList -> @stringlist
```

Retourne la valeur du récepteur sous la forme d'une liste. L'ordre de la liste est l'ordre alphabétique.

31.3 Setter

31.3.1 Setter removeKey

```
setter removeKey ?@string inString
```

Removes the value of *inString* argument from the receiver's value. If the receiver's value does not contain the value of *inString* argument, this setter leaves the receiver's value unchanged.

31.4 the += Operator

The += operator adds a string value to the receiver. If the receiver's value already contains the added value, this operator has no effect.

exemple :

```
@string aString = ... ;  
@stringset aStringSet = ... ;  
aStringSet += !aString ;
```

31.5 the & Operator

The & operator returns the intersection of its operand values.

exemple :

```
@stringset s1 = ... ;  
@stringset s2 = ... ;  
@stringset s = s1 & s2 ; # s is the intersection of s1 and s2
```

31.6 the | Operator

The | operator returns the union of its operand values.

exemple :

```
@stringset s1 = ...  
@stringset s2 = ...  
@stringset s = s1 | s2 # s is the union of s1 and s2
```

31.7 the - Operator

The — operator returns the difference of its operand values.

exemple :

```
@stringset s1 = ...  
@stringset s2 = ...  
@stringset s = s1 - s2 # s is the difference of s1 and s2
```

31.8 Enumerating @stringset objects

The `for` instruction can be used for enumerating `@stringset` values; enumeration is performed in the ascending order, or in the reverse alphabetical order using the `'>'` qualifier.

```
@stringset s = ... ;
```

foreach s do


```
# the key constant has the value of current entry of s stringset  
end foreach ;
```

31.9 Comparison Operators

The `@stringset` type supports the six comparison operators :

=	Equality
!=	Non Equality
<	Strict Inclusion
<=	Inclusion or Equality
>	Strict Greater
>=	Greater or Equality

Theses operators require both arguments to be `@stringset` objects, and return a `@stringset` object.

Chapitre 32

Le type @timer

32.1	Constructeurs	282
32.2	Setters	283
32.3	Getters	283

Le type `@timer` permet de mesurer des durées d'exécution de portions de code; une utilisation typique est :

```
var @timer t = .start
    # instructions
message "Durée : " + [t string] + "\n" # Affiche la durée d'exécution des instructions
```

32.1 Constructeurs

Le type `@timer` accepte deux constructeurs :

- le constructeur `start` ;
- le constructeur `default` ([section 53.1.15 page 405](#)), qui a le même effet que le constructeur `start` .

32.1.1 Constructeur start

```
constructor @timer start -> @timer
```

Appeler le constructeur `start` est la seule façon d'instancier un objet `@timer` . Le chronomètre est enclenché, c'est-à-dire qu'il compte la durée à partir de laquelle le constructeur `start` a été appelé.

32.2 Setters

Le type `@timer` accepte deux *setters* :

- le *setter* `resume` ;
- le *setter* `stop` .

32.2.1 Setter resume

```
setter @timer resume
```

Le *setter* `resume` redémarre le chronomètre si il est arrêté, et le réinitialise si il est en marche.

32.2.2 Setter stop

```
setter @timer stop
```

Le *setter* `stop` arrête le chronomètre. Si il est déjà arrêté, appeler ce *setter* n'a aucun effet.

32.3 Getters

Le type `@timer` accepte trois *getters* :

- le *getter* `isRunning` ;
- le *getter* `msFromStart` ;
- le *getter* `string` .

32.3.1 Getter isRunning

```
getter @timer isRunning -> @bool
```

Ce *getter* renvoie `true` si le récepteur décompte le temps, ou `false` si il a été arrêté par un appel au *setter* `stop` .

32.3.2 Getter msFromStart

```
getter @timer msFromStart -> @uint
```

La valeur obtenue par le *getter* `msFromStart` est la durée écoulée depuis son instanciation (par le constructeur `start`) ou depuis le dernier appel au *setter* `resume` . La durée est exprimée en millisecondes.

32.3.3 Getter string

```
getter @timer string -> @string
```

La valeur obtenue par le *getter* `string` est la durée écoulée depuis son instanciation (par le constructeur `start`) ou depuis le dernier appel au *setter* `resume` . La durée est exprimée sous la forme d'une chaîne de caractères.

Chapitre 33

Le type @type

Chapitre 34

Le type @uint

34.1	Constructors	286
34.2	Procédure de type	287
34.3	Getters	288
34.4	Arithmétique	291
34.5	Shift Operators	292
34.6	Logical Operators	292
34.7	Comparison Operators	293

An `@uint` object value is a 32-bit unsigned integer value. You can initialize an `@uint` object from an unsigned integer constant :

```
@uint myUnsignedInteger = 123_456 ;
```

Note that a 32-bit unsigned integer constant is characterized by no suffix.

34.1 Constructors

34.1.1 Constructeur errorCount

```
constructor errorCount -> @uint
```

Returns an `@uint` object that contains the number of errors. The returned value is the cumulative count of errors from the beginning of execution.

Exemple :

```
@uint x = [@uint errorCount] ;
```

34.1.2 Constructeur max

```
constructor max -> @uint
```

Returns an `@uint` object that the maximum value of the 32-bit unsigned range ($2^{32} - 1$).

34.1.3 Constructeur random

```
constructor random -> @uint
```

Retourne une valeur aléatoire de type `@uint`. La procédure de type *procédure setRandomSeed du type @uint (page 287)* permet d'en fixer la valeur initiale.

```
let v = @uint.random
```

Note. Sur Unix, la valeur renvoyée est la valeur renvoyée par l'appel de la fonction `random` de la librairie `libc`. Sur Windows, c'est la fonction `rand` qui est appelée.

34.1.4 Constructeur valueWithMask

```
constructor valueWithMask ?@uint inLowerIndex ?@uint inUpperIndex -> @uint
```

Returns an `@uint` object with bits from *inLowerIndex* to *inUpperIndex* equal to 1.

A run-time error is raised if *inLowerIndex* > *inUpperIndex* or if *inUpperIndex* > 31.

Exemple :

```
@uint x = [@uint valueWithMask !2 !4] ; # x is equal to 28 (0b1_1100)
```

34.1.5 Constructeur warningCount

```
constructor warningCount -> @uint
```

Returns an `@uint` object that contains the number of warnings. The returned value is the cumulative count of warnings from the beginning of execution.

34.2 Procédure de type

34.2.1 Procédure de type setRandomSeed

```
proc @uint setRandomSeed ?@uint inSeed
```

Affecte la valeur initiale utilisée par le générateur de nombres aléatoires (voir le *constructeur random du type @uint – page 287*) Par exemple :

```
[@uint setRandomSeed !0]
```

34.3 Getters

34.3.1 Getter alphaString

Ce *getter* permet de convertir un `@uint` en une chaîne de caractères, telle que l'ordre des entiers est conservé sur la chaîne obtenue.

La chaîne obtenue comporte exactement 7 lettres minuscules. C'est en fait une conversion en base 26, la lettre `a` ayant la valeur 0, et la lettre `z` la valeur 25.

```
message [0 alphaString] + "\n"      # aaaaaaa
message [12_345 alphaString] + "\n"  # aaaasgv
message [@uint.max alphaString] + "\n" # nxmrlxv
```

34.3.2 Getter bigint

Ce *getter* permet de convertir un `@uint` en `@bigint`. Comme la plage des valeurs des `bigint` n'est limitée que par la mémoire disponible, il n'échoue jamais.

```
message [[1234 bigint] string] + "\n" # 1234
```

34.3.3 Getter double

```
getter double -> @double
```

Returns the receiver's value converted in a `@double` object. As a 32-bit integer value can always be converted in a `@double` value, this getter never fails.

34.3.4 Getter hexString

```
getter hexString -> @string
```

Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string `0x`. For getting an hexadecimal representation string without any prefix, see [getter xString du type @uint \(page 291\)](#).

34.3.5 Getter hexStringSeparatedBy


```
getter hexStringSeparatedBy ?@char inSeparator ?@uint inGroup -> @string
```

Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string `0x`. Groups of `inGroup` digits are separated by the `inSeparator` character.

If `inGroup` is equal to zero, a run-time error is raised.

For example :

```
let s = [0x12345678 hexStringSeparatedBy !'_' !2] # 0x12_34_56_78
```

34.3.6 Getter isInRange

```
getter isInRange ?@range inRange -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value belongs to `inRange` range: for a receiver's value equal to v and a range of length `length` starting at `start`, it returns `true` if $((v \geq start) \text{ and } (v < (start + length)))$, and `false` otherwise.

34.3.7 Getter isUnicodeValueAssigned

```
getter isUnicodeValueAssigned -> @bool
```

Returns an `@bool` value indicating whether the receiver's value represents an assigned Unicode character. It returns `true` if the receiver value represents an assigned Unicode character, `false` and otherwise.

Example :

```
[0xFFFF isUnicodeValueAssigned] # is false, as \uFFFF is not assigned.
[0x41 isUnicodeValueAssigned] # is true, as \u0041 is assigned (LATIN CAPITAL LETTER A).
```

34.3.8 Getter lsbIndex

```
getter lsbIndex -> @uint
```

Returns an `@uint` value of the index of the most significant bit of the receiver value. It raises a run-time error if the receiver value is zero.

Example :

```
@uint value = 192 ; # 192 is ...011000000 in binary
@uint x = [value lsbIndex] ; # x is equal to 7
```

The most significant bit of 192 is the 7th bit.

34.3.9 Getter significantBitCount

```
getter significantBitCount -> @uint
```

Returns the number of bits needed to express the receiver value. If the receiver value is zero, it returns 0; otherwise, it returns the most significant bit index plus one.

Exemple :

```
@uint value = 145 ; # 145 is 10010001 in binary
@uint x = [value significantBitCount] ; # x is equal to 8
```

34.3.10 Getter sint

```
getter sint -> @sint
```

Returns the receiver's value in an [@sint \(page 237\)](#) (32-bit signed integer) object. An error is raised if receiver's value is greater than $2^{31} - 1$.

This getter is the only way to convert an [@uint \(page 286\)](#) object into an [@sint \(page 237\)](#) object.

34.3.11 Getter sint64

```
getter sint64 -> @sint64
```

Returns the receiver's value in an [@sint64 \(page 243\)](#) (64-bit signed integer) object. As a 32-bit unsigned value can always be converted in a 64-bit signed value, this getter never fails.

This getter is the only way to convert an [@uint \(page 286\)](#) object into an [@sint64 \(page 243\)](#) object.

34.3.12 Getter string

```
getter string -> @string
```

Returns a decimal string representation of the receiver's value. For an hexadecimal string representation of the receiver's value, see [getter hexString du type @uint \(page 288\)](#) and [getter xString du type @uint \(page 291\)](#).

34.3.13 Getter uint64

```
getter uint64 -> @uint64
```

Returns the receiver's value in an [@uint64 \(page 294\)](#) (64-bit unsigned integer) object. As a 32-bit unsigned value can always be converted in a 64-bit unsigned value, this getter never fails.

This getter is the only way to convert an [@uint \(page 286\)](#) object into an [@uint64 \(page 294\)](#) object.

34.3.14 Getter xString

```
getter xString -> @string
```

Returns an hexadecimal string representation of the receiver's value (without any prefix). For an decimal string representation of the receiver's value, see the [getter hexString du type @uint \(page 288\)](#); for a decimal string representation of the receiver's value, see the [getter string du type @uint \(page 290\)](#).

34.4 Arithmétique

34.4.1 Opérateurs infixés

Le type `@uint` accepte les opérateurs arithmétiques infixés suivants :

- `+`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `-`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `*`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `/`, division, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `mod`, calcul du reste, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `&+`, addition, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&-`, soustraction, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&*`, multiplication, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&/`, division, qui retourne zéro si le diviseur est nul.

Ces opérateurs exigent que les deux opérandes soient des objets du même type `@uint`.

34.4.2 Opérateur préfixé

Le type `@uint` accepte un opérateur arithmétique préfixé :

- `+`, qui retourne simplement la valeur de l'opérande.

34.4.3 Instructions

Le type `@uint` accepte les deux instructions arithmétiques suivantes :

- `+=`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;

- `--`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `*=`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `/=`, division, une erreur d'exécution est déclenchée en cas division par zéro;
- `++`, incrémentation, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `--`, décrémentation, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `&++`, incrémentation, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits;
- `&--`, décrémentation, le résultat étant silencieusement tronqué sur 32 bits.

`x+=y` est équivalent à `x=x+y` ; `x-=y` est équivalent à `x=x-y` . La variable cible `x` , comme l'expression source `y` doivent être du même type `@uint` .

Incrémentation et décrémentation sont des instructions, et ne peuvent pas apparaître des expressions.

```
@uint n = ... ; n ++ # Incrémentation
```

```
@uint n = ... ; n -- # Décrémentation
```

34.5 Shift Operators

The `@uint` type supports right and left shift operators :

<<	Left shift
>>	Right shift

Theses operators require both arguments to be `@uint` objects.

Note the right shift inserts always a zero bit in the most significant bit location (it is a logical right shift).

The actual amount of the shift is the value of the right-hand operand masked by 31, i.e. the shift distance is always between 0 and 31.

34.6 Logical Operators

The `@uint` type supports the three bit-wise logical operators :

&	Bit-wise and
|	Bit-wise or
	Bit-wise exclusive or

Theses operators require both arguments to be `@uint` objects.

The `@uint` type supports the bit-wise logical unary operator :

~	Bit-wise complementation
---	--------------------------

This operator returns an `@uint` object.

34.7 Comparison Operators

The `@uint` type supports the six comparison operators :

=	Equality
!=	Non Equality
<	Strict Lower Than
<=	Lower or Equal
>	Strict Greater Than
>=	Greater or Equal

Theses operators require both arguments to be `@uint` objects, and return a `@bool` object.

Chapitre 35

Le type @uint64

35.1	Constructeurs	294
35.2	Getters	296
35.3	Arithmétique	298
35.4	Shift Operators	299
35.5	Logical Operators	300
35.6	Comparison Operators	300

An `@uint64` object value is a 64-bit unsigned integer value. You can initialize an `@uint64` object from a 64-bit unsigned integer constant :

```
@uint64 myUnsignedInteger = 123_456L
```

Note the L suffix is required for a 64-bit unsigned integer constant.

35.1 Constructeurs

35.1.1 Constructeur max

```
constructor max -> @uint64
```

Returns an `@uint64` object that the maximum value of the 64-bit unsigned range ($2^{64} - 1$).

35.1.2 Constructeur uint64BaseValueWithCompressedBitString

```
constructor uint64BaseValueWithCompressedBitString  
  ?@string inBitString  
  -> @uint64
```

Returns an `@uint64` object computed from a string containing '0', '1' or 'X' characters, replacing all occurrences of 'X' by '0'.

The *inBitString* argument should contain only '0', '1' or 'X' characters. A run time exception is raised if an other character appears.

This constructor considers the *inBitString* argument value as a binary encoding of an integer value. First, it internally replaces all 'X's by '0's, and then converts the resulting string into an integer value that is the one returned by this constructor.

Note that the first character of the *inBitString* argument value corresponds to the most significant bit of the converted value.

Exemple :

```
@uint64 v [uint64BaseValueWithCompressedBitString !"01XX10"]
log v # Displays <@uint64:18>
```

35.1.3 Constructeur uint64MaskWithCompressedBitString

```
constructor uint64MaskWithCompressedBitString ?@string inBitString -> @uint64
```

Returns an `@uint64` object computed from a string containing '0', '1' or 'X' characters, replacing all occurrences of '0' by '1' and all occurrences of 'X' by '0'.

The *inBitString* argument should contain only '0', '1' and 'X' characters. A run time exception is raised if an other character appears.

This constructor considers the *inBitString* argument value as a binary encoding of an integer value. First, it internally replaces all '0's by '1's and all 'X's by '0's, and then converts the resulting string into an integer value that is the one returned by this constructor.

Note that the first '0' or '1' character of the *inBitString* argument value corresponds to the most significant Bit of the converted value.

Exemple :

```
@uint64 v [uint64MaskWithCompressedBitString !"01XX10"] ;
log v ; # Displays <@uint64:51> ;
```

35.1.4 Constructeur uint64WithBitString

```
constructor uint64WithBitString ?@string inBitString -> @uint64
```

Returns an `@uint64` object computed from a string containing '0' or '1' characters.

The *inBitString* argument should contain only '0' and '1' characters. A run time exception is raised if an other character appears.

This constructor considers the *inBitString* argument value as a binary encoding of an integer value. It returns an `@uint64` object containing the converted value.

Note that the first '1' character of the *inBitString* argument value corresponds to the most significant bit of the converted value.

Exemple :

```
@uint64 v [uint64WithBitString !"0101"]] ;
log v ; # Displays <@uint64:5> ;
```

35.2 Getters

35.2.1 Getter alphaString

Ce *getter* permet de convertir un `@uint64` en une chaîne de caractères, telle que l'ordre des entiers est conservé sur la chaîne obtenue.

La chaîne obtenue comporte exactement 14 lettres minuscules. C'est en fait une conversion en base 26, la lettre `a` ayant la valeur 0, et la lettre `z` la valeur 25.

```
message [0L alphaString] + "\n" # aaaaaaaaaaaaaa
message [12_345L alphaString] + "\n" # aaaaaaaaaasgv
message [@uint64.max alphaString] + "\n" # hlhxczmxyumqp
```

35.2.2 Getter bigint

Ce *getter* permet de convertir un `@uint64` en `@bigint`. Comme la plage des valeurs des `bigint` n'est limitée que par la mémoire disponible, il n'échoue jamais.

```
message [[1234L bigint] string] + "\n" # 1234
```

35.2.3 Getter double

```
getter double -> @double
```

Returns the receiver's value converted in a `@double` object. As a 64-bit integer value can always be converted in a `@double` value, this getter never fails.

35.2.4 Getter hexString

```
getter hexString -> @string
```


Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string 0x. For getting an hexadecimal representation string with any prefix, see [getter xString du type @uint64 \(page 298\)](#).

35.2.5 Getter hexStringSeparatedBy

```
getter hexStringSeparatedBy ?@char inSeparator ?@uint inGroup -> @string
```

Returns the an hexadecimal string representation of the receiver value, prefixed by the string 0x. Groups of `inGroup` digits are separated by the `inSeparator` character.

If `inGroup` is equal to zero, a run-time error is raised.

For example :

```
let s = [0x123456789ABCDEF0L hexStringSeparatedBy !'_' !4] # 0x1234_5678_9ABC_DEF0
```

35.2.6 Getter sint

```
getter sint -> @sint
```

Returns the receiver's value in an [@sint \(page 237\)](#) (32-bit signed integer) object. An error is raised is receiver's value is greater than $2^{31} - 1$. This getter is the only way to convert an [@uint64 \(page 294\)](#) object into an [@sint \(page 237\)](#) object.

35.2.7 Getter sint64

```
getter sint64 -> @sint64
```

Returns the receiver's value in an [@sint64 \(page 243\)](#) (64-bit signed integer) object. An error is raised is receiver's value is greater than $2^{63} - 1$. This getter is the only way to convert an [@uint64 \(page 294\)](#) object into an [@sint64 \(page 243\)](#) object.

35.2.8 Getter string

```
getter string -> @string
```

Returns a decimal string representation of the receiver's value. For an hexadecimal string representation of the receiver's value, see [getter hexString du type @uint64 \(page 296\)](#) and [getter xString du type @uint64 \(page 298\)](#).

35.2.9 Getter uint

```
getter uint -> @uint
```

Returns the receiver's value in an [@uint \(page 286\)](#) (32-bit unsigned integer) object. An error is raised if receiver's value is greater than $2^{32} - 1$. This getter is the only way to convert an [@uint64 \(page 294\)](#) object into an [@uint \(page 286\)](#) object.

35.2.10 Getter uintSlice

```
getter uintSlice ?@uint inStartBit ?@uint inBitCount -> @uint
```

Returns an [@uint \(page 286\)](#) value, extracted from a bit slice of the receiver's value. The receiver's value is right shifted by *inStartBit*, and the resulted value is and'ed with a mask equal to $2^{inBitCount} - 1$.

Exemple :

```
@uint64 v = 0x1234_5678_9ABC_DEF0L
@uint result = [v uintSlice !4 !5] # The result value is 0x8_9ABC
```

35.2.11 Getter xString

```
getter xString -> @string
```

Returns an hexadecimal string representation of the receiver's value (without any prefix). For an decimal string representation of the receiver's value, see the [getter hexString du type @uint64 \(page 296\)](#); for a decimal string representation of the receiver's value, see the [getter string du type @uint64 \(page 297\)](#).

35.3 Arithmétique

35.3.1 Opérateurs infixés

Le type `@uint64` accepte les opérateurs arithmétiques infixés suivants :

- `+`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `-`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `*`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `/`, division, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `mod`, calcul du reste, une erreur d'exécution est déclenchée si le diviseur est nul;
- `&+`, addition, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;
- `&-`, soustraction, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;
- `&*`, multiplication, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;

- `&/`, division, qui retourne zéro si le diviseur est nul.

Ces opérateurs exigent que les deux opérandes soient des objets du même type `@uint64`.

35.3.2 Opérateur préfixé

Le type `@uint64` accepte un opérateur arithmétique préfixé :

- `+`, qui retourne simplement la valeur de l'opérande.

35.3.3 Instructions

Le type `@uint64` accepte les instructions arithmétiques suivantes :

- `+=`, addition, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `-=`, soustraction, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `*=`, multiplication, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `/=`, division, une erreur d'exécution est déclenchée en cas division par zéro;
- `++`, incrémentation, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `--`, décrément, une erreur d'exécution est déclenchée en cas de débordement;
- `&++`, incrémentation, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits;
- `&--`, décrément, le résultat étant silencieusement tronqué sur 64 bits.

`x+=y` est équivalent à `x=x+y` ; `x-=y` est équivalent à `x=x-y`. La variable cible `x`, comme l'expression source `y` doivent être du même type `@uint64`.

Incrémentation et décrément sont des instructions, et ne peuvent pas apparaître des expressions.

```
@uint64 n = ... ; n ++ # Incrémentation
```

```
@uint64 n = ... ; n -- # Décrément
```

35.4 Shift Operators

The `@uint` type supports right and left shift operators :

<<	Left shift
>>	Right shift

Theses operators require the left argument to be `@uint64` object, and the right argument to be `@uint` object.

Note the right shift inserts always a zero bit in the most significant bit location (it is a logical right shift).

The actual amount of the shift is the value of the right-hand operand masked by 63, i.e. the shift distance is always between 0 and 63.

35.5 Logical Operators

The `@uint64` type supports the three bit-wise logical diadic operators :

&	Bit-wise and
|	Bit-wise or
	Bit-wise exclusive or

Theses operators require both arguments to be `@uint64` objects.

The `@uint64` type supports the bit-wise logical unary operator :

~	Bit-wise complementation
---	--------------------------

This operator returns an `@uint64` object.

35.6 Comparison Operators

The `@uint64` type supports the six comparison operators :

=	Equality
!=	Non Equality
<	Strict Lower Than
<=	Lower or Equal
>	Strict Greater Than
>=	Greater or Equal

Theses operators require both arguments to be `@uint64` objects, and return a `@bool` object.

Chapitre 36

Le type `list`

36.1	Déclaration d'un type de liste	301
36.2	Constructeurs	301
36.3	Adding elements	302
36.4	Removing elements	304
36.5	Methods	304
36.6	Getters	305
36.7	Enumerating a list with a <code>for</code> instruction	306
36.8	Direct Access of an element attribute	307
36.9	Types liste prédéfinis	309

36.1 Déclaration d'un type de liste

La déclaration d'un type `list` nomme toutes les propriétés des éléments de la liste :

```
list @MyList {  
    @string mFirstAttribute  
    @bool mSecondAttribute  
}
```

36.2 Constructeurs

36.2.1 Le constructeur `emptyList`

Pour chaque liste, le constructeur `emptyList` est implicitement déclaré. Il retourne une liste vide :

```
@MyList aList = [@MyList emptyList]
```

36.2.2 Le constructeur listWithValue

Ce constructeur permet de construire directement une liste contenant un élément :

```
@MyList aList = [@myList listWithValue !"c" !3]
```

Using this constructor is equivalent to :

```
@MyList aList = [@MyList emptyList]
aList += !"c" !3
```

36.3 Adding elements

36.3.1 The += operator

The `+=` operator adds a new element at the end of the list. The right side expressions should correspond to the attributes declared in the `list` declaration :

```
@MyList aList = ...
@string aString = ...
@bool aBool = ...
aList += !aString !aBool
```

36.3.2 L'instruction +=

L'instruction `cible += expression` concatène la liste définie par la valeur de `expression` à la liste `cible` :

```
@MyList aList = ...
@MyList secondList = ...
aList += secondList
```

36.3.3 Le setter append

Le setter `append` permet d'ajouter un élément à la fin de la liste, à partir d'un objet du type *élément de la liste* implicitement déclaré.

```
@MyList aList = ...
@string aString = ...
@bool aBool = ...
@MyList-element élément = .new {!aString !aBool}
[!aList append !élément]
```

36.3.4 The prependValue setter

Ce setter a été supprimé; utiliser le setter *insertAtIndex*.

The `prependValue` setter adds a new element at the begining of the list. The right side expressions should correspond to the attributes declared in the `list` declaration :

```
@MyList aList = ...
@string aString = ...
@bool aBool = ...
[!aList prependValue !aString !aBool]
```

36.3.5 Setter insertAtIndex

Le setter `insertAtIndex` permet d'insérer un nouvel élément à une position quelconque de la liste. Si le type `list` correspondant déclare n champs, l'appel du setter comprend $n + 1$ arguments :

- les n premiers correspondent aux valeurs des champs du nouvel élément inséré;
- le dernier est l'indice d'insertion, une valeur de type `@uint`.

L'indice d'insertion peut varier entre 0 (insertion au début, comme le faisait le setter *prependValue*), et la longueur courante de la liste (insertion à la fin, comme le fait l'opérateur `+=`, [section 36.3.1 page 302](#)). Si la liste est vide, insérer à l'indice 0 est donc la seule possibilité.

Par exemple :

```
@MyList aList = ...
@string aString = ...
@bool aBool = ..
[!aList insertAtIndex !aString !aBool !0]
```

36.3.6 The concatenation operator

The « `+` » operator can be used for concatenating two lists of the same type :

```
@MyList firstList = ..
@MyList secondList = ..
@MyList thirdList = firstList + secondList
```

36.4 Removing elements

36.4.1 Setter popFirst

The `popFirst` setter removes and returns the first element of the list. The right side expressions should correspond to the attributes declared in the `list` declaration :

```
@MyList aList = ...  
@string aString  
@bool aBool  
[! ?aList popFirst ?aString ?aBool]
```

If the list is empty when `popFirst` setter is invoked, a run-time error is raised and the input arguments are not valuated.

36.4.2 Setter popLast

The `popLast` setter removes and returns the last element of the list. The right side expressions should correspond to the attributes declared in the `list` declaration :

```
@MyList aList = ...  
@string aString  
@bool aBool  
[! ?aList popLast ?aString ?aBool]
```

If the list is empty when `popLast` is invoked, a run-time error is raised and the input arguments are not valuated.

36.5 Methods

36.5.1 The first method

The `first` method returns the first element of the list. The element is not removed. The right side expressions should correspond to the attributes declared in the `list` declaration :

```
@MyList aList = ...  
@string aString  
@bool aBool  
[aList first ?aString ?aBool]
```

If the list is empty when `first` is invoked, a run-time error is raised and the input arguments are not valuated.

36.5.2 The last method

The `last` method returns the last element of the list. The element is not removed. The right side expressions should correspond to the attributes declared in the `list` declaration :

```
@MyList aList = ...  
@string aString  
@bool aBool  
[aList last ?aString ?aBool]
```

If the list is empty when `last` is invoked, a run-time error is raised and the input arguments are not valuated.

36.6 Getters

36.6.1 Le getter count

```
getter count -> @uint
```

Le `getter count` retourne le nombre d'éléments du récepteur.

36.6.2 Le getter length

```
getter length -> @uint
```

Le `getter length` retourne le nombre d'éléments du récepteur. Obsolète : utiliser `count` .

36.6.3 Le getter range

```
getter range -> @range
```

The `range` getter returns a range starting at 0 of length equal to the number of elements of the receiver.

36.6.4 Le getter subListFromIndex

```
getter subListFromIndex ?@uint inIndex -> @self
```

This getter returns a new list containing the elements of the receiver from the one at a given index to the end. The `inIndex` value should be lower or equal to the length of the receiver's value. If `inIndex` is equal to the length of the receiver, the getter returns an empty list.

36.6.5 Le getter subListToIndex

```
getter subListToIndex ?@uint inIndex -> @self
```

Ce *getter* retourne une liste comprenant les éléments du récepteur à partir de l'indice 0 jusqu'à l'indice `inIndex` compris. Si `inIndex` est supérieur ou égal au nombre d'éléments de la liste, une erreur d'exécution est déclenchée.

36.6.6 Le getter subListWithRange

```
getter subListWithRange
  ?@range inRange
  -> @self
```

This getter returns a list containing the elements of the receiver that lie within a given range. The range must not exceed the length of the receiver's value, that is $range_start + range_length \leq list_length$. If the range's length is equal to zero, this getter returns an empty list.

36.7 Enumerating a list with a for instruction

The `for` instruction can be used for enumerating list objects. By default, lists are enumerated in the insertion order; enumeration in the reverse order is performed using the `>` qualifier.

There are two ways for accessing element values :

- using the implicitly declared constants that receive the current attribute values;
- declare explicitly constants that receive the current attribute values.

Given the list declaration :

```
list @MyList {
  @string mFirstAttribute
  @bool mSecondAttribute
}
```

36.7.1 Enumeration using the implicitly declared constants

For every attribute, a constant of the same name is available in the `do` instruction list. These constants receive the value of the corresponding attribute of the current element.

```
for () in aList do
  # the mFirstAttribute constant receives the value
  # of the mFirstAttribute attribute of the current element,
```

```
# and the mSecondAttribute constant receives the value
# of the mSecondAttribute attribute of the current element.
end
```

36.7.2 Enumeration using the explicitly declared constants

The `for` header declares a sequence of constants, corresponding to the attribute list of the `do` declaration. These constants receive the value of the corresponding attribute of the current element.

```
for (kString kBool) in aList do
  # the kString constant receives the value
  # of the mFirstAttribute attribute of the current element,
  # and the kBool constant receives the value
  # of the mSecondAttribute attribute of the current element.
end
```

36.7.3 Enumeration in the reverse order

In GALGAS 1.7.3 and later, you can enumerate a list in the reverse order using the `>` qualifier :

```
for > (kString kBool) in aList do
  ...
end
```

36.8 Direct Access of an element attribute

In GALGAS 1.7.5 and later, lists can be used as an array. Each element of a list is associated with an `@uint` index, spanning from 0 to element count (value returned by `length` getter) minus one.

The element retrieved with `first` method is at index 0.

The element retrieved with `last` method is at index equal to element count minus one.

36.8.1 Read Access

By default and for every attribute, a getter is provided to retrieve the value of this attribute for an element at a given index. For example, for an attribute named *name*, the *nameAtIndex* getter is provided. It accepts one `@uint` argument, the value of the index.

Si la propriété a été déclarée `private`, seules les *méthodes*, *getters* et *setters* de cette classe peuvent accéder cette propriété.

36.8.2 Write Access

By default, a setter is provided for performing a direct write access to an attribute at a given index.

The setter name is the name of the attribute with the first letter capitalized, prefixed by *set* and suffixed by *AtIndex* : for an attribute named *name*, the setter is named *setNameAtIndex*. It accepts two arguments, the first one is the new attribute's value, the second one an `@uint` argument, the value of the index.

For example :

```
list @MyList {
    @string mFirstAttribute
    @bool mSecondAttribute
}
...
@string s = ...
[!?!aList setNameAtIndex !s !1]
```

Si la propriété a été déclarée `private`, seules les *méthodes*, *getters* et *setters* de cette classe peuvent accéder cette propriété.

36.8.3 Example of read and write accesses

```
list @myList {
    @string name
}
...
@myList strList [emptyList]
strList += !"a"
strList += !"b"
strList += !"c"
strList += !"d"
@string s = [strList nameAtIndex !0]
log s # displays LOGGING s: <@string:"a">
s = [strList nameAtIndex !1]
log s # displays LOGGING s: <@string:"b">
s = [strList nameAtIndex !2]
log s # displays LOGGING s: <@string:"c">
s = [strList nameAtIndex !3]
log s # displays LOGGING s: <@string:"d">
[!?!strList setNameAtIndex !"x" !0]
[!?!strList setNameAtIndex !"y" !1]
[!?!strList setNameAtIndex !"z" !2]
[!?!strList setNameAtIndex !"t" !3]
```

```
s = [strList nameAtIndex !0]
log s # displays LOGGING s: <@string:"x">
s = [strList nameAtIndex !1]
log s # displays LOGGING s: <@string:"y">
s = [strList nameAtIndex !2]
log s # displays LOGGING s: <@string:"z">
s = [strList nameAtIndex !3]
log s # displays LOGGING s: <@string:"t">
```

36.9 Types liste prédéfinis

36.9.1 Le type @2stringlist

Le type `@2stringlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @2stringlist {
  @string mValue0
  @string mValue1
}
```

36.9.2 Le type @2lstringlist

Le type `@2lstringlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @2lstringlist {
  @lstring mValue0
  @lstring mValue1
}
```

36.9.3 Le type @bigintlist

Le type `@bigintlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @bigintlist {
  @bigint mValue
}
```

36.9.4 Le type @functionlist

Le type `@functionlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @functionlist {  
    @function mValue  
}
```

36.9.5 Le type @lbigintlist

Le type `@lbigintlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @lbigintlist {  
    @lbigint mValue  
}
```

36.9.6 Le type @luintlist

Le type `@luintlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @luintlist {  
    @luint mValue  
}
```

36.9.7 Le type @lstringlist

Le type `@lstringlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @lstringlist {  
    @lstring mValue  
}
```

36.9.8 Le type @objectlist

Le type `@objectlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @objectlist {  
    @object mValue  
}
```

36.9.9 Le type @stringlist

Le type `@stringlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @stringlist {  
    @string mValue  
}
```

36.9.10 Le type @typelist

Le type `@typelist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @typelist {  
    @type mValue  
}
```

36.9.11 Le type @uintlist

Le type `@uintlist` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @uintlist {  
    @uint mValue  
}
```

36.9.12 Le type @uint64list

Le type `@uint64list` est implicitement déclaré de la façon suivante :

```
list @uint64list {  
    @uint64 mValue  
}
```

Chapitre 37

Le type `sortedlist`

37.1	Déclaration	312
37.2	Constructeurs	313
37.3	Opérateurs	314
37.4	Getter <code>count</code>	315
37.5	Getter <code>length</code>	316
37.6	Setters	316
37.7	Méthodes	317
37.8	Énumération avec l'instruction <code>for</code>	317

Le type `sortedlist` permet de construire des listes ordonnées de valeurs.

37.1 Déclaration

La déclaration d'une `sortedlist` nomme tous les attributs qui composent un élément de liste et la description du tri. Par Exemple :

```
sortedlist @MaListeOrdonnee {  
    @char mCaractere ;  
    @uint mEntier ;  
}{  
    mCaractere <, mEntier >  
}
```

La description du tri est exprimée par la liste ordonnée des attributs qui interviennent dans le tri, chacun d'eux étant suivi de l'ordre du tri (`<` pour croissant, et `>` pour décroissant). Ainsi, les éléments des instances du type liste ordonnée ci-dessus sont triés par ordre croissant du champ caractère, puis par ordre décroissant du champ entier.

Déclarer une `sortedlist` définit implicitement :

- le constructeur `emptySortedList` qui construit une liste vide ([section 37.2.1 page 313](#));
- le constructeur `sortedListWithValue` qui construit une liste contenant un élément ([section 37.2.2 page 314](#));
- la construction `{...}` qui permet de construire explicitement une liste ordonnée ([section 37.3.1 page 314](#));
- l'opérateur `+=` pour ajouter un élément à une liste ordonnée ([section 37.3.2 page 314](#));
- l'opérateur `+=` pour ajouter tous les éléments d'une liste à une liste ordonnée ([section 37.3.3 page 315](#));
- l'opérateur `+` pour construire une liste ordonnée à partir de deux listes ordonnées ([section 37.3.4 page 315](#));
- le *getter* `length`, qui retourne le nombre d'éléments d'une liste ([section 37.5 page 316](#));
- le *setter* `popGreatest`, qui retourne les champs du plus grand élément d'une liste, et retire cet élément de cette liste ([section 37.6.1 page 316](#));
- le *setter* `popSmallest`, qui retourne les champs du plus grand élément d'une liste, et retire cet élément de cette liste ([section 37.6.2 page 316](#));
- la *méthode* `greatest`, qui retourne les champs du plus grand élément d'une liste sans la modifier ([section 37.7.1 page 317](#));
- la *méthode* `smallest`, qui retourne les champs du plus petit élément d'une liste sans la modifier ([section 37.7.2 page 317](#)).

37.2 Constructeurs

37.2.1 Constructeur `emptySortedList`

Le constructeur `emptySortedList` construit et retourne une liste vide. Par exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = @MaListeOrdonnee.emptySortedList
```

L'inférence de type permet de mentionner le type de liste une seule fois. On peut écrire :

```
var uneListe = @MaListeOrdonnee.emptySortedList
```

Ou bien

```
@MaListeOrdonnee uneListe = .emptySortedList
```

37.2.2 Constructeur `sortedListWithValue`

Le constructeur `sortedListWithValue` construit et retourne une liste comprenant un élément. Cet élément est spécifié par les arguments effectifs de l'appel : ce constructeur présente une séquence d'arguments en entrée correspondant aux champs de l'élément. Par exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = @MaListeOrdonnee.sortedListWithValue {
    !'a' # Affecte au champ mCaractere
    !10  # Affecte au champ mEntier
}
```

Ici aussi, l'inférence de type permet de mentionner le type de liste une seule fois. On peut écrire :

```
var uneListe = @MaListeOrdonnee.sortedListWithValue {'a' 10}
```

Ou bien

```
@MaListeOrdonnee uneListe = .sortedListWithValue {'a' 10}
```

37.3 Opérateurs

37.3.1 Opérateur `{...}`

Cette construction permet de s'affranchir des constructeurs `emptySortedList` et `sortedListWithValue`. Pour initialiser une liste ordonnée vide, on peut écrire :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = @MaListeOrdonnee {}
```

L'inférence de type permet de mentionner le type de liste une seule fois. On peut écrire :

```
var uneListe = @MaListeOrdonnee {}
```

Ou bien

```
@MaListeOrdonnee uneListe = {}
```

Pour initialiser une liste contenant un élément (en exploitant l'inférence de type) :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = {'a' 10}
```

On peut mentionner un nombre quelconque d'éléments, en les séparant par des virgules :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = {'a' 10, 'c' 5, 'b' 20}
```

37.3.2 L'opérateur `+=`

L'opérateur `+=` ajoute un élément à la liste ordonnée, en maintenant la relation d'ordre. L'élément ajouté est spécifié par la séquence des valeurs à affecter à ses champs. Si il y a un ou plusieurs éléments égaux à l'élément ajouté, ce dernier est placé après les éléments existants.

Cette opération est effectuée en $O(\log(n))$ où n est le nombre d'éléments de la liste.

Exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = {}
uneListe += !'b' ! 1 # b1
uneListe += !'b' ! 2 # b2
uneListe += !'d' ! 1 # d1
uneListe += !'f' ! 1 # f1
uneListe += !'a' ! 1 # a1
uneListe += !'c' ! 1 # c1
uneListe += !'f' ! 2 # f2
```

37.3.3 L'opérateur +=

L'opérateur `+=` ajoute tous les éléments de l'expression à la liste ordonnée, en maintenant la relation d'ordre. Si il y a un ou plusieurs éléments égaux à chaque élément ajouté, ce dernier est placé après les éléments existants.

Exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = ... ;
@MaListeOrdonnee autreListe = ... ;
uneListe += autreListe ;
```

37.3.4 L'opérateur .

L'opérateur `+` combine deux listes ordonnées. Les éléments de la seconde liste égaux à ceux de la première liste sont placés après ceux de la première liste.

Exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = ... ;
@MaListeOrdonnee autreListe = ... ;
@MaListeOrdonnee troisiemeListe = uneListe + autreListe ;
```

37.4 Getter count

Le getter `count` retourne un `@uint` contenant le nombre d'éléments de la liste ordonnée.

37.5 Getter length

Le getter `length` retourne un `@uint` contenant le nombre d'éléments de la liste ordonnée. Obsolète, utiliser `count`.

37.6 Setters

37.6.1 Setter popGreatest

Ce *setter* retourne les champs du plus grand élément de la liste ordonnée, et le retire. Si la liste est vide, un message d'erreur est affiché, et les variables destinées à recevoir les valeurs des champs sont placées dans l'état *invalide*. Par exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = ...  
...  
[! ?uneListe popGreatest  
  ?@char c  
  ?@uint n  
]
```

Si `uneListe` est vide, les variables `c` et `n` sont placées dans l'état *invalide*.

37.6.2 Setter popSmallest

Ce *setter* retourne les champs du plus petit élément de la liste ordonnée, et le retire. Si la liste est vide, un message d'erreur est affiché, et les variables destinées à recevoir les valeurs des champs sont placées dans l'état *invalide*. Par exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = ...  
...  
[! ?uneListe popSmallest  
  ?@char c  
  ?@uint n  
]
```

Si `uneListe` est vide, les variables `c` et `n` sont placées dans l'état *invalide*.

37.7 Méthodes

37.7.1 La méthode `greatest`

Cette méthode retourne les champs du plus grand élément de la liste ordonnée, sans le retirer. La liste n'est donc pas modifiée. Si elle est vide, un message d'erreur est affiché, et les variables destinées à recevoir les valeurs des champs sont placées dans l'état *invalid*. Par exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = ...  
...  
[uneListe greatest  
  ?@char c  
  ?@uint n  
]
```

Si `uneListe` est vide, les variables `c` et `n` sont placées dans l'état *invalid*.

37.7.2 La méthode `smallest`

Cette méthode retourne les champs du plus petit élément de la liste ordonnée, sans le retirer. La liste n'est donc pas modifiée. Si elle est vide, un message d'erreur est affiché, et les variables destinées à recevoir les valeurs des champs sont placées dans l'état *invalid*. Par exemple :

```
@MaListeOrdonnee uneListe = ...  
...  
[uneListe smallest  
  ?@char c  
  ?@uint n  
]
```

Si `uneListe` est vide, les variables `c` et `n` sont placées dans l'état *invalid*.

37.8 Énumération avec l'instruction `for`

L'instruction `for` (section 54.12 page 426) permet d'énumérer les éléments d'une liste ordonnée, par ordre croissant ou décroissant.

Pour effectuer l'énumération par ordre croissant, écrire :

```
for () in uneListe do  
  ...  
end
```

Pour effectuer l'énumération par ordre décroissant, écrire :

```

for > () in uneListe do
    ...
end

```

À l'intérieur de la boucle, pour chaque champ des éléments de la liste, une constante dont le nom est celui du champ est définie et prend la valeur du champ correspondant de l'élément courant.

Par exemple :

```

@MaListeOrdonnee uneListe = {}
uneListe += !'b' ! 1 # b1
uneListe += !'b' ! 2 # b2
uneListe += !'d' ! 1 # d1
uneListe += !'f' ! 1 # f1
uneListe += !'a' ! 1 # a1
uneListe += !'c' ! 1 # c1
uneListe += !'f' ! 2 # f2
var s = "" ;
for () in uneListe do
    s += [mCaractere string] + [mEntier string] + " "
end
message s + "\n" ; # Affiche "a1 b2 b1 c1 d1 f2 f1"
s = ""
for > () in uneListe do
    s += [mCaractere string] + [mEntier string] + " "
end
message s + "\n" # Affiche "f1 f2 d1 c1 b1 b2 a1"

```

Chapitre 38

Le type array

38.1	Déclaration d'un type tableau	319
38.2	Constructeur d'un type tableau	320
38.3	Accès à un élément	320
38.4	Validité d'un élément	321
38.5	Contrôle des tailles des axes	322
38.6	Comparaison	323

Le type *array* permet de réaliser des tableaux dont la dimension et le type de l'élément sont fixés à la compilation.

38.1 Déclaration d'un type tableau

La déclaration d'un type tableau contient les informations suivantes :

- le type `@TypeElement` qui cite le type de l'élément de tableau ;
- la dimension du tableau, qui doit être un nombre entier strictement positif ;
- le type `@TypeTableau` qui est le nom donné au type de tableau.

La déclaration d'un type tableau a la syntaxe suivante :

```
array @TypeTableau : @TypeElement [dimension] ;
```

Par exemple :

```
array @monTableau : @string [3] ;
```

38.2 Constructeur d'un type tableau

Le seul constructeur d'un type tableau est le constructeur `new`. Il a pour but de fixer les dimensions initiales du tableau (il pourra ensuite être redimensionné). Il comporte *dimension* arguments de type `@uint`, qui fixent la taille initiale de chaque axe. Par exemple :

```
@monTableau t [new !2 !3 !4] ;
```

Cette déclaration crée un tableau à $2 * 3 * 4$ éléments. Ces éléments sont par défaut *invalides*, c'est à dire que leur lecture par le getter `valueAtIndex` déclenche une *run-time error*. Pour être valide, un élément doit avoir été initialisé par un appel au setter `setValueAtIndex`.

Il est valide d'affecter la valeur 0 à un ou plusieurs axes. Le tableau ne contient alors aucun élément.

38.3 Accès à un élément

L'accès à la valeur d'un élément s'effectue par le getter `valueAtIndex`. La modification de la valeur d'un élément est réalisée par le setter `setValueAtIndex` ou le setter `forceValueAtIndex`.

38.3.1 Le getter `valueAtIndex`

Ce getter comporte *dimension* arguments de type `@uint`, qui précisent l'indice pour chaque axe. Les indices sont comptés à partir de zéro (comme en C).

Par exemple :

```
@string s = [t valueAtIndex !1 !2 !2] ;
```

Une *run-time error* est déclenchée si un indice dépasse sa borne correspondante, et la valeur retournée est *invalide*. Si les indices ont des valeurs correctes, l'élément est retourné; si cet élément est invalide, une *run-time error* est déclenchée, et une valeur *invalide* est retournée.

38.3.2 Setter `setValueAtIndex`

Ce setter comporte (*dimension*+1) arguments :

- le premier argument est type `@TypeElement`, et contient la valeur à écrire;
- les *dimension* suivants arguments sont de type `@uint` et précisent l'indice pour chaque axe.

Les indices sont comptés à partir de zéro (comme en C). Une *run-time error* est déclenchée si un indice dépasse sa borne correspondante, et le tableau est alors non modifié.

Par exemple :


```
@string s = ... ;
[!]?t setValueAtIndex !s !1 !2 !2] ;
```

38.3.3 Setter `forceValueAtIndex`

Ce setter comporte (*dimension*+1) arguments :

- le premier argument est type `@TypeElement` , et contient la valeur à écrire ;
- les *dimension* suivants arguments sont de type `@uint` et précisent l'indice pour chaque axe.

Les indices sont comptés à partir de zéro (comme en C). Contrairement au setter `setValueAtIndex` , aucune *run-time error* n'est déclenchée si un indice dépasse sa borne correspondante : le tableau est d'abord agrandi, ce qui ajoute des éléments invalides, puis l'élément désigné par les indices est affecté.

Par exemple :

```
@string s = ... ;
[?]?t forceValueAtIndex !s !5 !4 !4] ;
```

38.4 Validité d'un élément

Le getter `isValueValidAtIndex` permet de savoir si un élément est valide ou non, c'est à dire si sa lecture déclenchera une *run-time error*. Le setter `invalidateValueAtIndex` invalide un élément.

38.4.1 Le getter `isValueValidAtIndex`

Ce getter comporte *dimension* arguments de type `@uint` , qui précisent l'indice pour chaque axe. Les indices sont comptés à partir de zéro (comme en C). Une *run-time error* est déclenchée si un indice dépasse sa borne correspondante, et la valeur retournée est *invalide*. Il renvoie une valeur de type `@bool` , suivant que l'élément est valide ou non.

Par exemple :

```
@bool b = [t isValueValidAtIndex !1 !2 !2] ;
```

38.4.2 Setter `invalidateValueAtIndex`

Ce setter comporte *dimension* arguments de type `@uint` , qui précisent l'indice pour chaque axe. Les indices sont comptés à partir de zéro (comme en C). Une *run-time error* est déclenchée si un indice dépasse sa borne correspondante. Il invalide l'élément correspondant, c'est dire qu'un appel au getter `valueAtIndex` pour lire cet élément déclenchera une *run-time error*.

Par exemple :

```
[!]?t invalidateValueAtIndex !1 !2 !2] ;
```

38.5 Contrôle des tailles des axes

Le getter `axisCount` renvoie la dimension d'un tableau, c'est à dire le nombre de ces axes, le getter `sizeForAxis` renvoie la taille allouée à un axe particulier. Les setters `setSizeForAxis` et `setSize` permettent de modifier la taille d'un tableau.

38.5.1 Le getter `axisCount`

Ce getter sans argument renvoie un `@uint` qui contient le nombre d'axes d'un tableau. Comme ce nombre est fixé statiquement par la déclaration de type, la valeur retournée est toujours la même, pour toutes les objets d'un même type tableau.

Par exemple, pour la déclaration :

```
array @monTableau : @string [3] ;
```

Pour tous les objets de type `@monTableau`, l'appel au getter `axisCount` renvoie la valeur 3.

38.5.2 Le getter `sizeForAxis`

Ce getter présente un argument de type `@uint` qui est l'indice de l'axe interrogé. Les axes sont numérotés à partir de zéro, c'est à dire que le premier axe a l'indice 0, le deuxième l'indice 1, ... Une *run-time error* est déclenchée si la valeur de l'argument est supérieure ou égale à la dimension du tableau, et la valeur renvoyée est invalide. Sinon, il renvoie un `@uint` qui contient la taille attribuée à l'axe correspondant.

38.5.3 Le getter `rangeForAxis`

Ce getter présente un argument de type `@uint` qui est l'indice de l'axe interrogé. Les axes sont numérotés à partir de zéro, c'est à dire que le premier axe a l'indice 0, le deuxième l'indice 1, ... Une *run-time error* est déclenchée si la valeur de l'argument est supérieure ou égale à la dimension du tableau, et la valeur renvoyée est invalide. Sinon, il renvoie un `@range` qui commence à 0 et qui a pour longueur la taille attribuée à l'axe correspondant.

38.5.4 Setter `setSizeForAxis`

Ce setter permet de changer la taille d'un axe sans changer les tailles attribuées aux autres axes. Il présente deux arguments de type `@uint` :

- le premier est la nouvelle taille;

- le second est l'indice de l'axe concerné.

Les axes sont numérotés à partir de zéro, c'est à dire que le premier axe a l'indice 0, le deuxième l'indice 1, ... Une *run-time error* est déclenchée si la valeur de l'argument est supérieure ou égale à la dimension du tableau, et le tableau n'est pas modifié.

Diminuer la taille d'un axe fait disparaître des éléments, qui sont alors perdus. Si la nouvelle taille est zéro, le tableau est vidé de tous ses éléments.

Augmenter la taille fait apparaître de nouveaux éléments, qui sont invalides par défaut. Il faudra alors explicitement les initialiser individuellement par un appel au setter `setValueAtIndex`.

38.5.5 Setter `setSize`

Ce setter permet de changer les tailles de tous les axes. Il présente `@uint` arguments de type `@uint` qui contiennent les nouvelles tailles de chaque axe.

Diminuer la taille d'un axe fait disparaître des éléments, qui sont alors perdus. Si une des nouvelles tailles est zéro, le tableau est vidé de tous ses éléments.

Augmenter une taille fait apparaître de nouveaux éléments, qui sont invalides par défaut. Il faudra alors explicitement les initialiser individuellement par un appel au setter `setValueAtIndex`.

38.6 Comparaison

Un type tableau implémente les opérateurs `=` et `!=`. L'égalité de deux tableaux est testé comme suit :

- les tailles de chaque axe doivent être identiques;
- les éléments doivent être identiques.

Chapitre 39

Le type `valueclass`

39.1	Déclaration d'une classe	324
39.2	Sémantique de valeur	325
39.3	Le constructeur <code>new</code>	325
39.4	Lecture d'une propriété	326
39.5	Écriture d'une propriété	327
39.6	Conversions entre objets de classes différentes	327

Le type `valueclass` est un type de classe classique – il inclut l'héritage *simple* et les *classes abstraites* – mais a une sémantique de valeur ([section 39.2 page 325](#)).

Il n'est pas possible de définir des méthodes dans une classe : on peut le faire uniquement via des *extensions* : [chapitre 50 à partir de la page 386](#).

39.1 Déclaration d'une classe

Voici différents exemples de déclaration de classes :

```
abstract valueclass @A {  
    @uint mA  
}  
valueclass @B : @A {  
    @string mB  
}  
valueclass @C : @B {  
    @data mC  
}
```

La classe `@A` est abstraite (c'est-à-dire qu'elle ne peut pas être instanciée), la classe `@B` hérite de `@A`. Une classe déclare zéro, un ou plusieurs propriétés. L'héritage multiple n'est pas implémenté en GALGAS.

Une classe qui hérite d'une autre peut être abstraite :

```
abstract valueclass @D : @C {
    ...
}
```

Une classe non abstraite définit implicitement le constructeur `new`, et des *getters* pour lire les propriétés, et des *setters* pour les écrire. On ne peut pas définir explicitement d'autres constructeurs, *getters* ou *setters* à l'intérieur de la classe. Cependant, les extensions ([chapitre 50 à partir de la page 386](#)) permettent de définir *getters*, *méthodes* et *setters* associés à une classe.

39.2 Sémantique de valeur

Une classe déclarée par `valueclass` a une *sémantique de valeur*, c'est-à-dire qu'une affectation entre instances provoque une copie. Prenons un exemple, en considérant la classe :

```
valueclass @classeSemantiqueDeValeur {
    @uint propriété
}
```

Et le fragment de code suivant :

```
@classeSemantiqueDeValeur a = .new {!10}
@classeSemantiqueDeValeur b = a # Copie
[!a setPropriété !5]
message "Propriété de a " + [a propriété] + "\n" # Propriété de a 5
message "Propriété de b " + [b propriété] + "\n" # Propriété de b 10
```

Lors de l'affectation `b=a`, `b` reçoit une copie de la valeur de `a`, si bien que l'affectation ultérieure de la propriété de `a` n'affecte pas `b`.

39.3 Le constructeur new

Le constructeur `new` est implicitement défini pour toute classe non abstraite (c'est à dire les classes `@B` et `@C` de la [section 39.1 page 324](#)). Ce constructeur présente un argument par propriété déclaré dans la classe instanciée et dans toutes ses super classes. L'ordre des arguments est celui obtenu en parcourant la hiérarchie de classes, en commençant par la classe de base. Par exemple on écrira :

```
@B b = @B.new {
    !0 # Propriété mA de @A
    !"Hello" # Propriété mB de @B
}
@C c = @C.new {
    !0 # Propriété mA de @A
```

```
!"Hello" # Propriété mB de @B
!@data.emptyData # Propriété mC de @C
}
```

Dans les exemples ci-dessus, les annotations de type apparaissent deux fois, à la déclaration de la variable et devant le constructeur `new`. Si ces deux annotations nomment le même type, l'une d'entre elles peut être omise. Par exemple :

```
@B b = .new {
    !0 # Propriété mA de @A
    !"Hello" # Propriété mB de @B
}
```

Ou bien :

```
var b = @B.new {
    !0 # Propriété mA de @A
    !"Hello" # Propriété mB de @B
}
```

Aucune des deux annotations ne peut être omise si elles nomment des types différents, comme lorsque l'on réalise une affectation polymorphique :

```
@A b = @B.new {
    !0 # Propriété mA de @A
    !"Hello" # Propriété mB de @B
}
```

39.4 Lecture d'une propriété

Par défaut, la lecture d'une propriété est activée par la définition implicite d'un *getter*, dont le nom est le nom de la propriété. Ainsi, pour une classe `@C` :

```
valueclass @C {
    @uint prop
}
```

Et pour une variable `c` de type `@C`, on peut écrire :

```
@uint v = [c prop]
```

À partir de la version 3.3.0, il est possible d'utiliser la notation pointée :

```
@uint v = c.prop
```

Si la propriété a été déclarée `private`, seules les *méthodes*, *getters* et *setters* de cette classe peuvent accéder cette propriété.

39.5 Écriture d'une propriété

Par défaut, une propriété est publique et un *setter* est engendré implicitement. Ce *setter* porte le nom `set<Propriété>`, c'est-à-dire le nom de la propriété avec sa première lettre en majuscule, précédé par `set`. Par exemple :

```
valueclass @C {
    @uint prop
}
```

Pour modifier la propriété `prop` d'un objet `c` instance de `@C`, on écrira :

```
[!?c setProp !12]
```

Si la propriété a été déclarée `private`, seules les *méthodes*, *getters* et *setters* de cette classe peuvent accéder cette propriété.

39.6 Conversions entre objets de classes différentes

Pour toute cette section, nous illustrons les constructions décrites en nous basant sur les trois classes suivantes :

```
valueclass @A {
    ...
}
valueclass @B : @A {
    ...
}
valueclass @C : @B {
    ...
}
```

Nous considérons trois variables `@a`, `b` et `c` respectivement de types `@A`, `@B` et `@C`.

39.6.1 Affectation polymorphique

GALGAS accepte l'affectation polymorphique qui est par exemple `a = b`. Elle est autorisée aussi lors de l'affectation d'une expression effective à un paramètre formel dans une instruction d'appel (de routine, de fonction, de méthode, ...)

39.6.2 Affectation polymorphique inverse

L'affectation polymorphique inverse (qui consisterait à écrire `b = a`) est logiquement refusée par le compilateur.

Il y a trois constructions qui permettent d'effectuer cette opération :

- l'expression de conversion polymorphique inverse ([section 53.1.3 page 402](#));
- l'expression de test du type dynamique ([section 53.1.4 page 403](#));
- l'instruction `cast` ([section 54.5 page 415](#)).

Chapitre 40

Le type `refclass`

40.1	Déclaration d'une classe	329
40.2	Sémantique de référence	330
40.3	Le constructeur <code>new</code>	330
40.4	Lecture d'une propriété	331
40.5	Écriture d'une propriété	332
40.6	Conversions entre objets de classes différentes	332
40.7	Pointeur faible	333

Le type `refclass` est un type de classe classique – il inclut l'héritage simple et les classes abstraites – et a une sémantique de référence (section 40.2 page 330).

Les instances d'une `refclass` sont des *pointeurs forts*, c'est-à-dire que le nombre de pointeurs forts qui désignent un objet est maintenu à jour en permanence. La déallocation est fait automatiquement lorsque le nombre de pointeurs forts tombe à zéro.

Pour chaque type `refclass @T` déclaré, est implicitement déclaré le type `@T-weak`, qui implémente un *pointeur faible* sur les objets de type `@T` (section 40.7 page 333). Un pointeur faible n'est pas compté dans le comptage de références, et est mis automatiquement à `nil` lorsque l'objet disparaît.

Il n'est pas possible de définir des méthodes dans une classe : on peut le faire uniquement via des *extensions* : chapitre 50 à partir de la page 386.

40.1 Déclaration d'une classe

Voici différents exemples de déclaration de classes :

```
abstract refclass @A {  
  @uint mA  
}
```

```
refclass @B : @A {
    @string mB
}
refclass @C : @B {
    @data mC
}
```

La classe `@A` est abstraite (c'est-à-dire qu'elle ne peut pas être instanciée), la classe `@B` hérite de `@A`. Une classe déclare zéro, un ou plusieurs propriétés. L'héritage multiple n'est pas implémenté en GALGAS.

Une classe qui hérite d'une autre peut être abstraite :

```
abstract refclass @D : @C {
    ...
}
```

Une classe non abstraite définit implicitement le constructeur `new`, et des *getters* pour lire les propriétés, et des *setters* pour les écrire. On ne peut pas définir explicitement d'autres constructeurs, *getters* ou *setters* à l'intérieur de la classe. Cependant, les extensions ([chapitre 50 à partir de la page 386](#)) permettent de définir *getters*, *méthodes* et *setters* associés à une classe.

40.2 Sémantique de référence

Une classe déclarée par `refclass` a une *sémantique de référence*, c'est-à-dire qu'une affectation entre instances provoque un partage de données :

```
shared refclass @classeSemantiqueDeReference {
    @uint propriété
}
```

Et l'exécution devient :

```
@classeSemantiqueDeReference a = .new {!10}
@classeSemantiqueDeReference b = a # Partage
[! ?a setPropriété !5]
message "Propriété de a " + [a propriété] + "\n" # Propriété de a 5
message "Propriété de b " + [b propriété] + "\n" # Propriété de b 5
```

L'affectation `b=a` provoque un partage de données, `a` et `b` désigne le même objet : l'affectation de sa propriété via `a` est visible via `b`.

40.3 Le constructeur new

Le constructeur `new` est implicitement défini pour toute classe non abstraite (c'est à dire les classes `@B` et `@C` de la [section 40.1 page 329](#)). Ce constructeur présente un argument par propriété déclaré dans la

classe instanciée et dans toutes ses super classes. L'ordre des arguments est celui obtenu en parcourant la hiérarchie de classes, en commençant par la classe de base. Par exemple on écrira :

```
@B b = @B.new {
  !0 # Propriété mA de @A
  !"Hello" # Propriété mB de @B
}
@C c = @C.new {
  !0 # Propriété mA de @A
  !"Hello" # Propriété mB de @B
  !@data.emptyData # Propriété mC de @C
}
```

Dans les exemples ci-dessus, les annotations de type apparaissent deux fois, à la déclaration de la variable et devant le constructeur `new`. Si ces deux annotations nomment le même type, l'une d'entre elles peut être omise. Par exemple :

```
@B b = .new {
  !0 # Propriété mA de @A
  !"Hello" # Propriété mB de @B
}
```

Ou bien :

```
var b = @B.new {
  !0 # Propriété mA de @A
  !"Hello" # Propriété mB de @B
}
```

Aucune des deux annotations ne peut être omise si elles nomment des types différents, comme lorsque l'on réalise une affectation polymorphique :

```
@A b = @B.new {
  !0 # Propriété mA de @A
  !"Hello" # Propriété mB de @B
}
```

40.4 Lecture d'une propriété

Par défaut, la lecture d'une propriété est activée par la définition implicite d'un *getter*, dont le nom est le nom de la propriété. Ainsi, pour une classe `@C` :

```
refclass @C {
  @uint prop
}
```

Et pour une variable `c` de type `@C`, on peut écrire :

```
@uint v = [c prop]
```

À partir de la version 3.3.0, il est possible d'utiliser la notation pointée :

```
@uint v = c.prop
```

Si la propriété a été déclarée **private**, seules les *méthodes*, *getters* et *setters* de cette classe peuvent accéder cette propriété.

40.5 Écriture d'une propriété

Par défaut, une propriété est publique et un *setter* est engendré implicitement. Ce *setter* porte le nom `set<Propriété>`, c'est-à-dire le nom de la propriété avec sa première lettre en majuscule, précédé par `set`. Par exemple :

```
refclass @C {
  @uint prop
}
```

Pour modifier la propriété `prop` d'un objet `c` instance de `@C`, on écrira :

```
[! ?c setProp !12]
```

Si la propriété a été déclarée **private**, seules les *méthodes*, *getters* et *setters* de cette classe peuvent accéder cette propriété.

40.6 Conversions entre objets de classes différentes

Pour toute cette section, nous illustrons les constructions décrites en nous basant sur les trois classes suivantes :

```
refclass @A {
  ...
}
refclass @B : @A {
  ...
}
refclass @C : @B {
  ...
}
```

Nous considérons trois variables `@a`, `b` et `c` respectivement de types `@A`, `@B` et `@C`.

40.6.1 Affectation polymorphique

GALGAS accepte l'affectation polymorphique qui est par exemple `a = b`. Elle est autorisée aussi lors de l'affectation d'une expression effective à un paramètre formel dans une instruction d'appel (de routine, de fonction, de méthode, ...)

40.6.2 Affectation polymorphique inverse

L'affectation polymorphique inverse (qui consisterait à écrire `b = a`) est logiquement refusée par le compilateur.

Il y a trois constructions qui permettent d'effectuer cette opération :

- l'expression de conversion polymorphique inverse ([section 53.1.3 page 402](#));
- l'expression de test du type dynamique ([section 53.1.4 page 403](#));
- l'instruction `cast` ([section 54.5 page 415](#)).

40.6.3 Comparaison

Les opérateurs de comparaison (`=`, `!=`, `<`, `<=`, `>` et `>=`) ne sont pas disponibles pour un pointeur fort. Les opérateurs `===` et `!==` permettent de tester si deux pointeurs forts désignent la même instance.

On peut donc écrire :

```
@A a = @A.new
var aa = a
if a === aa then
  message "same instance\n"
else
  message "different instances\n"
end
```

40.7 Pointeur faible

Il est possible de définir un *pointeur faible* sur une instance d'une `refclass`. Un pointeur faible ne change pas le comptage de références, et est mis automatiquement à `nil` lorsque l'objet disparaît.

Pour une classe est déclarée par `refclass @T`, le type de référence faible sur les instances de cette classe est `@T-weak`; ce type est implicitement déclaré.

40.7.1 Constructeurs

Il y a deux constructeurs : `default` et `nil`. Ceux-ci ont le même effet, initialisé un pointeur faible à `nil`.

```
var weak1 = @A-weak.nil
@A-weak weak2 = .nil
var weak3 = @A-weak.default
```

40.7.2 Initialisation à partir d'une instance de `refclass @T`

Un objet de type `refclass @T-weak` peut être directement initialisé à partir d'un objet de type `refclass @T` :

```
var a = @A.new
@A-weak weakA = a
```

Dès que l'objet `a` disparaît, `weakA` est mis à `nil`.

Cette initialisation est polymorphe : si `refclass @B` est une héritière de `refclass @A`, on peut écrire :

```
var b = @B.new
@A-weak weakA = b
```

Attention, si on écrit :

```
@A-weak weakA = @A.new
```

L'objet créé disparaît aussitôt (il n'a pas de pointeur fort qui le référence) : `weakA` est mis à `nil` à la fin de l'exécution de l'instruction.

40.7.3 Extraction de l'objet

Si un pointeur faible n'est pas `nil`, l'opérateur `bang` permet d'obtenir un pointeur fort sur cet objet.

```
var a = @A.new
@A-weak weakA = a
var @A b = weakA.bang
```

Si le pointeur faible est `nil`, une erreur d'exécution est déclenchée.

40.7.4 Comparaison

Les opérateurs de comparaison (`=`, `!=`, `<`, `<=`, `>` et `>=`) ne sont pas disponibles pour un pointeur faible. Les opérateurs `===` et `!==` permettent de tester si deux pointeurs faibles désignent la même instance, ou si ils sont `nil` tous les deux. La valeur `nil` est toujours différente de la valeur qui désigne une instance.

On peut donc écrire :

```
@A-weak weakA = ...
if weakA === .nil then
  message "weakA is nil\n"
else
  message "weakA is not nil\n"
end
```

Note : comme l'adresse d'allocation peut varier d'une exécution à une autre, la relation d'ordre entre les objets n'est pas stable d'une exécution à l'autre.

40.7.5 Affectation conditionnelle

Trois formes d'affectation conditionnelle sont possibles.

Affectation polymorphique inverse conditionnelle vers un pointeur fort, type explicite. Dans l'exemple suivant, `weakA` est un pointeur faible de type `@A-weak` qui désigne un objet de type `@B`. La condition teste la valeur de `weakA` : si elle est non nil et désigne un objet de type `@B` (ou d'une classe héritière de `@B`), l'affectation de `b` a lieu et la condition est vraie. La constante `b` a pour type `@B`. Sinon, la condition est fausse et la constante `b` est inaccessible.

```
let b = @B.new
@A-weak weakA = b
if let b = weakA as @B then
  log b # Affiche : LOGGING b: <@B: [@B]>
else
  message "weakA is nil\n"
end
```

Affectation polymorphique inverse conditionnelle vers un pointeur fort, type implicite. Dans l'exemple suivant, `weakA` est un pointeur faible de type `@A-weak` qui désigne un objet de type `@B`. La condition teste la valeur de `weakA` : si elle est non nil et désigne un objet de type `@A` (ou d'une classe héritière, comme `@B`), l'affectation de `a` a lieu et la condition est vraie. La constante `a` a pour type `@A`. Sinon, la condition est fausse et la constante `a` est inaccessible.

```
let b = @B.new
@A-weak weakA = b
if let a = weakA then
  log a # Affiche : LOGGING a: <@A: [@B]>
else
  message "weakA is nil\n"
end
```

Affectation polymorphique inverse conditionnelle vers un pointeur faible. Dans l'exemple suivant, `weakA` est un pointeur faible de type `@A-weak` qui désigne un objet de type `@B`. La condition teste la valeur de `weakA` : si elle est non nil et désigne un objet de type `@B` (ou d'une classe héritière de `@B`), l'affectation

de `b` a lieu et la condition est vraie. La constante `b` a pour type `@B-weak`. Sinon, la condition est fausse et la constante `b` est inaccessible.

```
let b = @B.new
@A-weak weakA = b
if let b = weakA as @B-weak then
  log b # Affiche : LOGGING b: <@B-weak:instance of @B>
else
  message "weakA is nil\n"
end
```


Chapitre 41

Le type enum

41.1	Déclaration	337
41.2	Instanciation	337
41.3	Comparaison	338
41.4	Tester une valeur	338
41.5	L'instruction <code>switch</code>	338
41.6	Valeurs associées	339
41.7	Valeur par défaut	341

Galgas permet à l'utilisateur de définir des types énumérés.

41.1 Déclaration

La déclaration d'un type `enum` nomme l'ensemble des constantes associées à ce type.

Par exemple :

```
enum @feuTricolore {  
    case vert  
    case orange  
    case rouge  
}
```

Plusieurs types énumérés peuvent définir des constantes de même nom.

41.2 Instanciation

Chaque constante définit un constructeur de même nom. On peut ainsi écrire :

```
@feuTricolore feu = @feuTricolore.vert
```

L'annotation de type peut être omise :

```
@feuTricolore feu = .vert
```

```
var feu = @feuTricolore.vert
```

41.3 Comparaison

Un type énuméré accepte les six opérateurs de comparaison (`==` , `!=` , `<` , `<=` , `>` et `>=`). L'ordre est celui de la déclaration, c'est-à-dire que :

```
@feuTricolore.vert < @feuTricolore.orange < @feuTricolore.rouge
```

41.4 Tester une valeur

Il y a deux façons de tester une valeur d'un type énuméré. La première consiste à comparer avec une valeur obtenue par un constructeur, par exemple :

```
if feu == @feuTricolore.orange then ...
```

La seconde possibilité est d'appeler les *getter* implicitement déclarés : pour chaque constante, un *getter* sans argument nommé `is<Constante>` (le préfixe `is` suivi du nom de la constante, dont le premier caractère est en majuscule) est déclaré ; il renvoie une valeur de type `@bool` qui est vrai si le récepteur a la valeur correspondante :

```
if [feu isOrange] then ...
```

41.5 L'instruction switch

L'instruction `switch` (section 54.22 page 445) est dédiée aux types énumérés. On écrit par exemple :

```
@feuTricolore feu = ...  
switch feu  
case vert : message "vert"  
case orange : message "orange"  
case rouge : message "rouge"  
end
```

41.6 Valeurs associées

Il est possible d'associer des valeurs à chaque constante, ce qui permet d'alléger dans certains cas le code à écrire. Supposons par exemple que l'on ait dans un langage une construction optionnelle :

```
rule regleProduction {
  select
  or
    $option$
    $identifiant$ ?let nomOption
  end
}
```

Comment construire l'arbre syntaxique abstrait ? Il y a en fait trois possibilités.

Première solution. La première consiste à considérer la chaîne vide comme significative de l'absence d'option :

```
rule regleProduction {
  @lstring nomOption
  select
    nomOption = ["" nowhere]
  or
    $option$
    $identifiant$ ?nomOption
  end
}
```

Évidemment, cette solution est acceptable uniquement si l'information associée est simple, et si une valeur particulière peut être considéré comme l'absence d'option.

Deuxième solution. La deuxième solution fait appel à trois classes :

```
abstract class @abstractOption {}

class @noOption : @abstractOption {}

class @option : @abstractOption { @lstring mOptionName }
```

La construction de l'arbre est réalisée par :

```
rule regleProduction {
  @abstractOption optionAST
  select
    optionAST = @noOption.new
  or
    $option$
```

```

    $identifier$ ?let nomOption
    optionAST = @option.new {!nomOption}
end
}

```

Cette solution, plus générale, est plus lourde à mettre en œuvre : trois classes, et analyser l'option nécessite d'écrire un *getter* abstrait ou une méthode abstraite pour la classe abstraite de base `@abstractOption`, et les redéfinir dans les deux classes héritières `@noOption` et `@option`.

Troisième solution. La troisième et dernière solution consiste à écrire un type énuméré possédant des valeurs associées :

```

enum @option {
  case noOption
  case optionPresente (@lstring optionName)
}

```

À la constante `optionPresente` est associée une valeur de type `@lstring`, identifiée par le nom `optionName`. Ce nom est optionnel, on pourrait écrire `optionPresente (@lstring)`. La construction de l'arbre syntaxique est maintenant réalisée par :

```

rule regleProduction {
  @option optionAST
  select
    optionAST = @option.noOption
  or
    $option$
    $identifier$ ?let nomOption
    optionAST = @option.optionPresente {!optionName:nomOption}
  end
}

```

À la constante `optionPresente` correspond un constructeur de même nom, avec un argument qui correspond à la valeur associée `@lstring optionName`. Le nom `optionName` est utilisé comme sélecteur. Si on avait déclaré la valeur associée sans nom par `optionPresente (@lstring)`, alors l'appel du constructeur serait `@option.optionPresente {!nomOption}`.

Pour tester un type énuméré avec des valeurs associées, on peut appliquer les *getter* décrits à [section 41.4 page 338](#), mais on n'a pas accès aux valeurs associées.

Les six opérateurs de comparaison (`==`, `!=`, `<`, `<=`, `>` et `>=`) sont définis sur des types énumérés avec des valeurs associées : l'ordre est celui de la déclaration des constantes, et, en cas d'égalité, les valeurs associées sont comparées les unes après les autres, dans leur ordre de déclaration.

Il n'y a qu'une façon d'extraire les valeurs associées, l'instruction `switch` :

```

switch optionAST
case noOption : ...

```

```
case optionPresente (@lstring nomOption) : ...  
end
```

`nomOption` est une constante dont la portée s'étend jusqu'à la fin de la branche `case` courante.

41.7 Valeur par défaut

Un type énuméré n'a pas de valeur par défaut, c'est-à-dire qu'appeler le constructeur `default` engendre une erreur de compilation.

```
@feuTricolore feu = .default # Erreur de compilation
```

À partir de la version 3.3.3 de GALGAS, il est possible de définir une valeur par défaut, en la nommant dans une clause `default` à la fin de la déclaration du type énuméré :

```
enum @feuTricolore {  
  case vert  
  case orange  
  case rouge  
  default vert  
}
```

La constante nommée dans la clause `default` ne doit pas avoir de valeur associée.

On peut donc maintenant écrire :

```
@feuTricolore feu = .default # Équivalent à .vert
```

Définir une valeur par défaut pour un type énuméré permet une structure qui l'utilise de posséder à son tour une valeur par défaut ([section 53.1.15 page 405](#)).

Chapitre 42

Le type graph

42.1	Constructeur <code>emptyGraph</code>	343
42.2	Construire un graphe	343
42.2.1	Setter d'insertion	344
42.2.2	Entrer un arc : setter <code>addEdge</code>	345
42.2.3	setter <code>noteNode</code>	345
42.3	Enlever des arcs	345
42.3.1	Setter <code>removeEdgesToNode</code>	345
42.3.2	Setter <code>removeEdgesToDominators</code>	346
42.4	Getters	346
42.4.1	Getter <code>edges</code>	346
42.4.2	Getter <code>graphviz</code>	346
42.4.3	Getter <code>isNodeDefined</code>	346
42.4.4	Getter <code>keyList</code>	346
42.4.5	Getter <code>lkeyList</code>	346
42.4.6	Getter <code>locationForKey</code>	347
42.4.7	Getter <code>nodeList</code>	347
42.4.8	Getter <code>reversedGraph</code>	347
42.4.9	Getter <code>subgraphFromNodes</code>	347
42.4.10	Getter <code>accessibleNodesFrom</code>	347
42.4.11	Getter <code>undefinedNodeCount</code>	348
42.4.12	Getter <code>undefinedNodeKeyList</code>	348
42.4.13	Getter <code>undefinedNodeReferenceList</code>	348
42.5	Méthodes	348
42.5.1	Méthode <code>depthFirstTopologicalSort</code>	348
42.5.2	Méthode <code>circularities</code>	349
42.5.3	Méthode <code>nodesWithNoPredecessor</code>	349
42.5.4	Méthode <code>nodesWithNoSuccessor</code>	350
42.5.5	Méthode <code>topologicalSort</code>	350

Le type `graph` permet de faire des opérations sur les graphes orientés.

Chaque nœud est identifié par un nom qui est une chaîne de caractères (de type `@string`); à chaque nœud sont associées les informations :

- une liste de positions dans des textes sources (liste de `@location`);
- une information utilisateur dont le type est défini par la déclaration du type graphe.

Un arc est identifié par un couple de nœuds.

Un type `graph` se déclare comme suit :

```
graph @nom_du_type_graph (@nom_liste_information) {
}
```

Le nom `@nom_du_type_graph` est le nom donné au type. Le nom `@nom_liste_information` nomme un type qui spécifie l'information utilisateur associée à chaque nœud.

Attention, le type `@nom_liste_information` est un type *liste*, et l'information utilisateur a pour type l'élément associé, c'est à dire `@nom_liste_information-element`.

Par exemple, si l'on veut manipuler des graphes dont l'information associée est un entier `@uint`, on déclarera :

```
graph @monGraphe (@uintlist) {
}
```

Si l'information associée à chaque nœud est composée d'un entier et d'une chaîne de caractères, il faut déclarer un type liste particulier :

```
list @maListe {
  @uint monInfo1
  @string monInfo2
}
graph @monGraphe (@maListe) {
}
```

42.1 Constructeur emptyGraph

```
constructor emptyGraph -> @self
```

`emptyGraph` est le seul constructeur d'un graphe. Il instancie un graphe vide.

```
var gr = @monGraphe.emptyGraph
```

42.2 Construire un graphe

Trois setters permettent de construire un graphe :

- un *setter d'insertion* ([section 42.2.1 page 344](#)), défini par l'utilisateur, réalise l'ajout d'un nœud;

- le setter `addEdge` (section 42.2.2 page 345), implicitement défini, réalise l'ajout d'un arc;
- le setter `noteNode` (section 42.2.3 page 345), implicitement défini, indique qu'un nœud doit être défini.

Ces trois setters peuvent être appelés dans un ordre quelconque. Il est possible d'entrer un arc alors que ni le nœud origine, ni le nœud destination ne sont définis. Il faudra simplement qu'ils le soient avant que les calculs soient entrepris sur le graphe.

42.2.1 Setter d'insertion

Pour pouvoir entrer un nœud, il faut déclarer explicitement un *setter d'insertion* :

```
graph @monGraphe (@maListe) {
  insert addNode error message "the '%K' node is already declared at %L"
}
```

`addNode` est le nom donné au *setter* d'insertion de nœud. Comme dans un graphe, un nœud est unique, la chaîne de caractères qui suit `error message` est le message d'erreur qui est affiché en cas de tentative d'insertion d'un nœud déjà existant. Dans cette chaîne, deux séquences particulières peuvent être utilisées :

- `%K`, qui est remplacée par le nom du nœud;
- `%L`, qui est remplacée par la désignation de l'endroit dans le texte source où est déclaré le nœud déjà existant.

Un setter d'insertion présente que des arguments d'entrée :

- le premier est toujours de type `@lstring` ; la composante `@string` est le nom du nœud (qui est unique dans un graphe donné), et la composante `@location` est la position dans le texte source où est déclaré le nœud, et est ajoutée à la liste correspondante du nœud ;
- Les arguments suivants correspondent en nombre et en type aux champs du type liste qui définit les informations associées.

Ainsi, le setter d'insertion `addNode` du type de graphe `@monGraphe` possède trois arguments en entrée ;

- le premier de type `@lstring` ;
- le deuxième de type `@uint` , qui correspond au premier champ `monInfo1` du type liste `@maListe` ;
- le troisième de type `@string` , qui correspond au second champ `monInfo2` du type liste `@maListe` .

Il est par exemple appelé comme suit :


```
var @lstring lstr = ...
var gr = @monGraphe.emptyGraph
[! ?gr addNode !lstr !0 !"xyz"]
```

42.2.2 Entrer un arc : setter addEdge

```
setter addEdge ?@lstring inSourceNode ?@lstring inTargetNode
```

Pour entrer un arc, appeler le setter prédéfini `addEdge`. Celui-ci possède deux arguments d'entrée de type `@lstring` :

- le premier spécifie le nœud origine de l'arc ; la composante `@string` est le nom du nœud origine, et la composante `@location` est ajoutée à la liste du nœud origine ;
- le second spécifie le nœud destination de l'arc ; la composante `@string` est le nom du nœud destination, et la composante `@location` est ajoutée à la liste du nœud destination.

42.2.3 setter noteNode

```
setter noteNode ?@lstring inNode
```

Le setter prédéfini `noteNode` permet d'indiquer qu'un nœud doit être défini : il possède un seul argument en entrée, de type `@lstring`, dont la composante `@string` désigne le nom du nœud, et dont la composante `@location` est ajoutée à la liste de ce nœud.

42.3 Enlever des arcs

Deux *setters* permettent d'enlever des arcs à un graphe :

- le setter `removeEdgesToNode` ([section 42.3.1 page 345](#)) retire tous les arcs qui arrivent à un nœud ;
- le setter `removeEdgesToDominators` ([section 42.3.2 page 346](#)) retire tous les arcs qui arrivent à un nœud *dominateur*.

42.3.1 Setter removeEdgesToNode

```
setter removeEdgesToNode ?@string inTargetNode
```

Ce *setter* ne présente qu'un seul argument, une chaîne qui désigne un nœud du graphe. Son exécution supprime tous les arcs dont le nœud destination est le nœud nommé en argument.

42.3.2 Setter removeEdgesToDominators

```
setter removeEdgesToDominators
```

Dans un graphe, un nœud d domine un autre nœud n si chaque chemin à partir du nœud d'entrée vers le nœud n doit passer par d ¹.

Ce *setter* considère que les nœuds d'entrée sont les nœuds sans prédécesseur, et retire tous les arcs d'un nœud vers son dominateur.

42.4 Getters

42.4.1 Getter edges

```
getter edges -> @2stringlist
```

Ce getter retourne la liste des arcs.

42.4.2 Getter graphviz

```
getter graphviz -> @string
```

Ce getter retourne une chaîne de caractères contenant une description compatible *GraphViz*² du graphe.

42.4.3 Getter isNodeDefined

```
getter isNodeDefined ?@string inNodeName -> @bool
```

Ce getter retourne **true** si le nœud `inNodeName` est défini, et **false** dans le cas contraire.

42.4.4 Getter keyList

```
getter keyList -> @stringlist
```

Ce getter retourne la liste des noms de nœuds, aussi bien les nœuds définis (c'est à dire les nœuds pour lesquels un setter d'insertion a été appelé, [section 4.2.1 page 344](#)), que les nœuds indéfinis.

42.4.5 Getter lkeyList

¹[http://en.wikipedia.org/wiki/Dominator_\(graph_theory\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dominator_(graph_theory))

²<http://www.graphviz.org/>

```
getter lkeyList -> @stringlist
```

Ce getter retourne la liste des noms de nœuds, aussi bien les nœuds définis (c'est-à-dire les nœuds pour lesquels un setter d'insertion a été appelé, [section 42.2.1 page 344](#)), que les nœuds indéfinis. Chaque nœud défini est accompagné de sa position de définition, les nœuds indéfinis sont accompagnés d'une position non définie (équivalente à celle obtenue par le constructeur `nowhere`).

42.4.6 Getter locationForKey

```
getter locationForKey ?@string inNodeName -> @location
```

Ce getter retourne la localisation de la définition du nœud `inNodeName` ; si il n'est pas défini, une erreur d'exécution est déclenchée et une valeur *poison* est retournée.

42.4.7 Getter nodeList

```
getter nodeList -> @nom_liste_information
```

Ce *getter* retourne la liste des nœuds du graphe. L'ordre est imprévisible.

42.4.8 Getter reversedGraph

```
getter reversedGraph -> @T
```

Ce getter retourne un graphe de même type que le receveur, mais dont les arcs sont inversés.

42.4.9 Getter subgraphFromNodes

```
getter subgraphFromNodes
  ?@lstringlist inStartNodes
  ?@stringset inNodesToExclude
  -> @self
```

Ce getter retourne le graphe défini par la partie accessible du receveur à partir des nœuds nommés dans `inStartNodes` , en excluant les nœuds nommés dans `inNodesToExclude` .

42.4.10 Getter accessibleNodesFrom

```
getter accessibleNodesFrom
  ?@lstringlist inStartNodes
  ?@stringset inNodesToExclude
  -> @lstringlist
```

Ce getter retourne la liste des nœuds accessibles à partir des nœuds nommés dans `inStartNodes`, en excluant les nœuds cités dans `inNodesToExclude`.

42.4.11 Getter `undefinedNodeCount`

```
getter undefinedNodeCount -> @uint
```

Ce getter retourne le nombre de nœuds indéfinis (c'est à dire les nœuds pour lesquels un setter d'insertion n'a été appelé, [section 42.2.1 page 344](#)).

42.4.12 Getter `undefinedNodeKeyList`

```
getter undefinedNodeKeyList -> @stringlist
```

Ce getter retourne la liste des noms des nœuds indéfinis (c'est à dire les nœuds pour lesquels un setter d'insertion n'a été appelé, [section 42.2.1 page 344](#)).

42.4.13 Getter `undefinedNodeReferenceList`

```
getter undefinedNodeReferenceList -> @lstringlist
```

Ce getter retourne la liste des références des nœuds indéfinis (c'est à dire les nœuds pour lesquels un setter d'insertion n'a été appelé, [section 42.2.1 page 344](#)). Une référence à un nœud est un `@lstring` dont la chaîne est le nom du nœud, et la composante `@location` une position dans le texte source, définie par un appel à `addEdge` ([section 42.2.2 page 345](#)) ou `noteNode` ([section 42.2.3 page 345](#)).

42.5 Méthodes

42.5.1 Méthode `depthFirstTopologicalSort`

```
method depthFirstTopologicalSort
  !@nom_liste_information outSortedInformationList
  !@lstringlist outSortedKeyList
  !@nom_liste_information outUnsortedInformationList
  !@lstringlist outUnsortedKeyList
```

Cette méthode effectue un tri topologique du graphe. Tous les arguments sont en sortie :

- le premier argument `outSortedInformationList` est la liste triée des informations utilisateur liées aux nœuds;
- le deuxième `outSortedKeyList` est la liste triée des noms de nœuds;

- le troisième `outUnsortedInformationList` est la liste des informations utilisateur liées aux nœuds qui n'ont pas pu être triés;
- le dernier `outUnsortedKeyList` est la liste des noms de nœuds qui n'ont pas pu être triés.

Si le tri échoue, aucun message d'erreur n'est émis; il suffit de tester le nombre d'éléments du troisième ou du quatrième argument pour savoir si le tri a réussi.

Les deux premiers arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice. Le premier élément désigne un nœud qui n'a pas de prédécesseur, et le dernier un nœud qui n'a pas de successeur.

Les deux derniers arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice. L'ordre dans lequel les nœuds non triés apparaissent n'est pas défini.

Cette méthode diffère de `topologicalSort` ([section 42.5.5 page 350](#)) par le fait que la liste triée est présentée en privilégiant un parcours en profondeur.

42.5.2 Méthode `circularities`

```
method circularities
    !@nom_liste_information outInformationList
    !@lstringlist outKeyList
```

Cette méthode renvoie la liste de tous les nœuds impliqués dans une circularité. Les deux arguments sont en sortie :

- le premier argument `outInformationList` est la liste des informations utilisateur liées aux nœuds sans prédécesseur;
- le second `outKeyList` est la liste des noms de nœuds sans prédécesseur.

Les deux arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice.

42.5.3 Méthode `nodesWithNoPredecessor`

```
method nodesWithNoPredecessor
    !@nom_liste_information outInformationList
    !@lstringlist outKeyList
```

Cette méthode renvoie la liste de tous les nœuds sans prédécesseur. Les deux arguments sont en sortie :

- le premier argument `outInformationList` est la liste des informations utilisateur liées aux nœuds sans prédécesseur;
- le second `outKeyList` est la liste des noms de nœuds sans prédécesseur.

Les deux arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice.

42.5.4 Méthode `nodesWithNoSuccessor`

```
method nodesWithNoSuccessor
    !@nom_liste_information outInformationList
    !@lstringlist outKeyList
```

Cette méthode renvoie la liste de tous les nœuds sans successeur. Les deux arguments sont en sortie :

- le premier argument `outInformationList` est la liste des informations utilisateur liées aux nœuds sans successeur ;
- le second `outKeyList` est la liste des noms de nœuds sans successeur.

Les deux arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice.

42.5.5 Méthode `topologicalSort`

```
method topologicalSort
    !@nom_liste_information outSortedInformationList
    !@lstringlist outSortedKeyList
    !@nom_liste_information outUnsortedInformationList
    !@lstringlist outUnsortedKeyList
```

Cette méthode effectue un tri topologique du graphe. Tous les arguments sont en sortie :

- le premier argument `outSortedInformationList` est la liste triée des informations utilisateur liées aux nœuds ;
- le deuxième `outSortedKeyList` est la liste triée des noms de nœuds ;
- le troisième `outUnsortedInformationList` est la liste des informations utilisateur liées aux nœuds qui n'ont pas pu être triés ;
- le dernier `outUnsortedKeyList` est la liste des noms de nœuds qui n'ont pas pu être triés.

Si le tri échoue, aucun message d'erreur n'est émis ; il suffit de tester le nombre d'éléments du troisième ou du quatrième argument pour savoir si le tri a réussi.

Les deux premiers arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice. Le premier élément désigne un nœud qui n'a pas de prédecesseur, et le dernier un nœud qui n'a pas de successeur.

Les deux derniers arguments renvoyés ont le même nombre d'éléments, et correspondent indice par indice. L'ordre dans lequel les nœuds non triés apparaissent n'est pas défini.

Cette méthode diffère de `depthFirstTopologicalSort` ([section 42.5.1 page 348](#)) par le fait que l'ordre topologique n'est pas défini.

Chapitre 43

Le type map

43.1	Déclaration	351
43.2	Constructeurs	352
43.3	Setters d'insertion	353
43.4	Méthodes de recherche	354
43.5	Setters de retrait	355
43.6	Getters	355
43.7	Attributs d'une table	356
43.8	Énumération	357

Un objet de type `map` est une table de symboles, chaque symbole étant associé à des valeurs. Un objet de type `map` a une sémantique de valeur.

43.1 Déclaration

La déclaration d'un type `map` nomme :

- des attributs associés au type table ([section 43.7 page 356](#));
- les *setters* d'insertion ([section 43.3 page 353](#));
- les *méthodes* de recherche ([section 43.4 page 354](#));
- les *setters* de retrait ([section 43.5 page 355](#)).

Les clés sont déclarées implicitement et sont du type `@lstring` ([page 365](#)).

Par exemple :

```
map @MaTable {  
    @string mPremier
```

```
@bool mSecond
insert insertKey error message "the '%K' key is already declared in %L"
search searchKey error message "the '%K' key is not defined"
remove removeKey error message "the '%K' key is not defined"
}
```

43.2 Constructeurs

Pour initialiser une table vide, il y a trois possibilités, sémantiquement identiques :

- la constante `{}` ([section 43.2.1 page 352](#));
- le constructeur `emptyMap` ([section 43.2.2 page 352](#));
- le constructeur `default` ([section 43.2.3 page 352](#)).

43.2.1 Constante `{}`

Cette constante permet d’instancier une table vide. Exemple :

```
@MaTable uneTable = {}
```

Ou encore :

```
var uneTable = @MaTable {}
```

43.2.2 Constructeur `emptyMap`

Pour instancier une table vide, une autre possibilité est d’appeler le constructeur `emptyMap` . Exemple :

```
@MaTable uneTable = .emptyMap
```

Ou encore :

```
var uneTable = @MaTable.emptyMap
```

43.2.3 Constructeur `default`

Une table accepte le constructeur `default` . Exemple :

```
@MaTable uneTable = .default
```

Ou encore :


```
var uneTable = @MaTable.default
```

43.2.4 Constructeur mapWithMapToOverride

```
constructor mapWithMapToOverride ?@T inMapToOverride -> @T
```

Ce constructeur permet d'instancier une table vide, qui surcharge la table `inMapToOverride` citée en argument. Exemple :

```
@MaTable uneTable = .emptyMap
@MaTable autreTableTable = .mapWithMapToOverride {!uneTable}
```

43.3 Setters d'insertion

Une `map` peut déclarer zéro, un ou plusieurs *setters* d'insertion. Un *setter* d'insertion permet d'insérer une nouvelle entrée à une table. Une erreur est déclenchée en cas de tentative d'une clé déjà existante.

Un *setter* d'insertion est déclaré par :

```
insert nom error message "message_erreur"
```

L'identificateur `nom` donne un nom au *setter* d'insertion ; ce nom doit être unique parmi les *setters* d'insertion et de retrait. La chaîne de caractères `"message_erreur"` définit le message d'erreur qui est affiché en cas de tentative d'une clé déjà existante. Cette chaîne accepte deux séquences d'échappement :

- `%K`, qui est remplacée par la chaîne de caractères de la clé existante ;
- `%L`, qui est remplacée par la chaîne décrivant la position de la clé existante dans les fichiers source.

Un *setter* d'insertion est appelé dans une *instruction d'appel de setter*, comprenant tous ses arguments en sortie :

- le premier argument est une expression de type `@lstring` qui caractérise la clé à insérer ;
- ensuite, pour chaque attribut déclaré, une expression du type de cet attribut.

Par exemple :

```
@MaTable uneTable = {}
@lstring clef = ...
@string s = ...
@uint v = ...
[! ?uneTable insertKey !clef !s !v]
```

43.4 Méthodes de recherche

Une `map` peut déclarer zéro, une ou plusieurs *méthodes* de recherche. Une *méthode* de recherche permet de rechercher une entrée d'une table, et retourne la valeur de ses attributs associés. Une erreur est déclenchée si la clé n'existe pas.

Une *méthode* de recherche est déclarée par :

```
search nom error message "message_erreur"
```

L'identificateur `nom` donne un nom à la *méthode* de recherche; ce nom doit être unique parmi ces *méthodes*. La chaîne de caractères `"message_erreur"` définit le message d'erreur qui est affiché en cas de recherche d'une clé inexistante. Cette chaîne accepte une séquence d'échappement :

- `%K`, qui est remplacée par la chaîne de caractères de la clé inexistante recherchée.

Une *méthode* de recherche est appelée dans une *instruction d'appel de méthode* :

- le premier argument (sortie) est une expression de type `@lstring` qui caractérise la clé à rechercher;
- ensuite, pour chaque attribut déclaré, un argument en entrée nommant une variable destinée à recevoir la valeur de l'attribut correspondant.

Par exemple :

```
@MaTable uneTable = {}
...
@lstring clef = ...
[uneTable searchKey !clef ?@string s ?@uint v]
```

43.4.1 Attribut `%location`

À partir de la version 3.2.13, la déclaration d'une méthode de recherche peut comporter l'attribut `%location`, placée juste après le nom de la méthode :

```
search nom %location error message "message_erreur"
```

La conséquence est que l'appel à la méthode de recherche doit comporter un argument effectif supplémentaire, de type `@location`, qui recevra l'information de localisation de la clé recherchée :

```
@MaTable uneTable = {}
...
@lstring clef = ...
[uneTable searchKey !clef ?@string s ?@uint v ?@location key]
```

La valeur retournée est la même que celle renvoyée par le getter `locationForKey` (section 43.6.5 page 356). Si la clé recherchée n'existe pas, une valeur poison est retournée.

43.5 Setters de retrait

Une `map` peut déclarer zéro, un ou plusieurs *setters* de retrait. Un *setter* de recherche permet de retirer une entrée d'une table, et retourne la valeur des attributs de la clé retirée. Une erreur est déclenchée si la clé n'existe pas.

Un *setter* de retrait est déclaré par :

```
remove nom error message "message_erreur"
```

L'identificateur `nom` donne un nom au *setter* de retrait; ce nom doit être unique parmi les *setters* d'insertion et de retrait. La chaîne de caractères `"message_erreur"` définit le message d'erreur qui est affiché en cas de recherche d'une clé inexistante. Cette chaîne accepte une séquence d'échappement :

- `%K`, qui est remplacée par la chaîne de caractères de la clé inexistante à retirer.

Un *setter* de retrait est appelé dans une *instruction d'appel de setter* :

- le premier argument (sortie) est une expression de type `@lstring` qui caractérise la clé à retirer;
- ensuite, pour chaque attribut déclaré, un argument en entrée nommant une variable destinée à recevoir la valeur de l'attribut correspondant de la clé retirée.

Par exemple :

```
@MaTable uneTable = {}  
...  
@lstring clef = ...  
[! ?uneTable removeKey !clef ?@string s ?@uint v]
```

43.6 Getters

43.6.1 Getter count

```
getter count -> @uint
```

Le *getter* `count` retourne un `@uint` qui contient le nombre d'entrées de la table de premier niveau du récepteur.

43.6.2 Getter hasKey

```
getter hasKey ?@string inKey -> @bool
```

Le *getter* `hasKey` retourne un `@bool` qui est `true` si la clé `inKey` est dans la table de premier niveau du récepteur, `false` dans le cas contraire.

43.6.3 Getter keyList

```
getter keyList -> @lstringlist
```

Le `getter` `keyList` retourne la liste construite avec toutes les clés de la table de premier niveau du récepteur. L'ordre de la liste est l'ordre alphabétique croissant des clés.

43.6.4 Getter keySet

```
getter keySet -> @stringset
```

Le `getter` `keySet` retourne l'ensemble de toutes les clés de la table de premier niveau du récepteur.

43.6.5 Getter locationForKey

```
getter locationForKey ?@string inKey -> @location
```

Le `getter` `locationForKey` retourne un `@location` qui contient l'information de position de la clé `inKey` dans la table de premier niveau du récepteur. Une erreur d'exécution est déclenchée si cette clé n'existe pas.

43.6.6 Getter overriddenMap

```
getter overriddenMap -> @T
```

Le `getter` `overriddenMap` retourne la table obtenue en amputant de la valeur du récepteur la table de premier niveau. Si le récepteur n'a pas de table surchargée, une erreur d'exécution est déclenchée.

43.7 Attributs d'une table

Deux attributs peuvent être définis dans la déclaration d'une table : `%selectors` et `%noSuggestion`.

L'attribut `%selectors` impose l'utilisation de sélecteurs dans l'appel des `setters` d'insertion ([section 43.3 page 353](#)), des méthodes de recherche ([section 43.4 page 354](#)) et des `setters` de retrait ([section 43.5 page 355](#)). Le sélecteur associé à la clé est `!lkey:`. Le sélecteur associé à une propriété porte le nom de cette propriété.

```
map @MaTable %selectors {
  @string mPremier
  @uint mSecond
  insert insertKey error message "the '%K' key is already declared in %L"
  search searchKey error message "the '%K' key is not defined"
  remove removeKey error message "the '%K' key is not defined"
```

```
}
```

L'appel d'un *setter* d'insertion :

```
@MaTable uneTable = {}  
@lstring clef = ...  
@string s = ...  
@uint v = ...  
[! ?uneTable insertKey !lkey: clef !mPremier: s !mSecond: v]
```

L'appel d'une méthode de recherche :

```
@MaTable uneTable = {}  
...  
@lstring clef = ...  
[uneTable searchKey !lkey: clef ?mPremier: @string s ?mSecond: @uint v]
```

L'appel d'un *setter* de retrait :

```
@MaTable uneTable = {}  
...  
@lstring clef = ...  
[! ?uneTable removeKey !lkey: clef ?mPremier: @string s ?mSecond: @uint v]
```

Lors de l'échec d'une recherche de clés, une méthode de recherche ou un setter de retrait affiche les clés voisines contenues dans la table. L'attribut `%noSuggestion` inhibe l'affichage de ces suggestions.

43.8 Énumération

L'instruction `for` permet d'énumérer des objets de type `map` ; elle est décrite à la [section 54.12 page 426](#).

Chapitre 44

Le type dict

44.1	Déclaration	358
44.2	Constructeurs	359
44.3	Insertion	360
44.4	Recherche	360
44.5	Retrait	360
44.6	Getters	361
44.7	Énumération	361

Un objet de type `dict` est un dictionnaire. Contrairement à un objet de type `map`, le type de la clé est déclaré explicitement et peut être d'un type quelconque.

Attention! Le type de la clé d'un dictionnaire peut être un `@lstring`, comme la clé implicite d'une `map`. Toutefois, la sémantique est différente. Dans une `map`, c'est la composante `string` de la clé qui est prise en compte comme clé effective. La composante `location` n'est utilisée que pour le signalement d'erreur. Dans un `dict`, le type déclaré comme clé est intégralement pris en compte : si la clé d'un `dict` est un `@lstring`, la comparaison des clés prend en compte la composante `string` **et** la composante `location`.

44.1 Déclaration

```
dict @MonDictionnaire : @uint {  
    @string mPremier  
    @bool mSecond  
}
```

La déclaration d'un type `dict` nomme :

- le nom du type `dict` (ici `@MonDictionnaire`);
- le type de la clé (ici `@uint`);

- les propriétés associées (ici `mPremier` et `mSecond`).

Les noms `key`, `object` et `description` sont interdits pour une propriété.

On peut déclarer un dictionnaire sans propriété, et ainsi gérer des *ensembles* :

```
dict @autreDictionnaire : @uint { }
```

44.2 Constructeurs

Pour initialiser un dictionnaire vide, il y a trois possibilités, sémantiquement identiques :

- la constante `{}` ([section 44.2.1 page 359](#));
- le constructeur `emptyDict` ([section 44.2.2 page 359](#));
- le constructeur `default` ([section 44.2.3 page 359](#)).

44.2.1 Constante `{}`

Cette constante permet d'instancier un dictionnaire vide. Exemple :

```
@MonDictionnaire unDictionnaire = {}
```

Ou encore :

```
var unDictionnaire = @MonDictionnaire {}
```

44.2.2 Constructeur `emptyDict`

Pour instancier un dictionnaire vide, une autre possibilité est d'appeler le constructeur `emptyDict`. Exemple :

```
@MonDictionnaire unDictionnaire = .emptyDict
```

Ou encore :

```
var unDictionnaire = @MonDictionnaire.emptyDict
```

44.2.3 Constructeur `default`

Un dictionnaire accepte le constructeur `default`. Exemple :

```
@MonDictionnaire unDictionnaire = .default
```

Ou encore :

```
var unDictionnaire = @MonDictionnaire.default
```

44.3 Insertion

Un `dict` implémente implicitement l'opérateur `+=` qui permet d'insérer une nouvelle entrée à un dictionnaire. Ses arguments sont, dans l'ordre : un objet du type de la clé, puis un objet par propriété déclarée. Aucune erreur n'est déclenchée en cas de tentative d'insertion d'une clé déjà existante ; les valeurs des propriétés associées à la clé sont simplement remplacées.

Par exemple :

```
@MonDictionnaire unDictionnaire = {}  
@uint clef = ...  
@string s = ...  
@uint v = ...  
unDictionnaire += !clef !s !v
```

44.4 Recherche

Une `dict` déclare implicitement la *méthode* de recherche `searchKey` qui permet de rechercher une entrée d'un dictionnaire, et retourne la valeur de ses propriétés associées. Une erreur est déclenchée si la clé n'existe pas.

La *méthode* de recherche `searchKey` est appelée dans une *instruction d'appel de méthode* :

- le premier argument (sortie) est une expression de type de la clé qui caractérise la clé à rechercher ;
- ensuite, pour chaque propriété déclarée, un argument en entrée nommant une variable destinée à recevoir la valeur de la propriété correspondante.

Par exemple :

```
@MonDictionnaire unDictionnaire = {}  
...  
@lstring clef = ...  
[unDictionnaire searchKey !clef ?@string s ?@uint v]
```

44.5 Retrait

Un `dict` déclare implicitement le *setter* de retrait `removeKey` . Il permet de retirer une entrée d'un dictionnaire, et retourne la valeur des propriétés associées à la clé retirée. Une erreur est déclenchée si la clé n'existe pas.

Le *setter* de retrait `removeKey` est appelé dans une *instruction d'appel de setter* :

- le premier argument (sortie) est une expression de type de la clé qui caractérise la clé à retirer ;
- ensuite, pour chaque propriété déclarée, un argument en entrée nommant une variable destinée à recevoir la valeur de la propriété correspondant de la clé retirée.

Par exemple :

```
@MonDictionnaire unDictionnaire = {}  
...  
@lstring clef = ...  
[! ?unDictionnaire removeKey !clef ?@string s ?@uint v]
```

44.6 Getters

44.6.1 Getter count

```
getter count -> @uint
```

Le *getter* `count` retourne un `@uint` qui contient le nombre d'entrées du dictionnaire.

44.6.2 Getter hasKey

Le *getter* `hasKey` retourne un `@bool` qui est `true` si la clé `inKey` est dans le dictionnaire, `false` dans le cas contraire.

44.7 Énumération

L'instruction `for` permet d'énumérer des objets de type `dict` ; elle est décrite à la [section 54.12 page 426](#).

Chapitre 45

Le type structure

45.1	Constructeurs	362
45.2	Accès aux propriétés	363
45.3	Getters	364
45.4	Types structure prédéfinis	364

Le mot-clé `struct` permet de définir des types de structure. Un objet de type structure a une sémantique de valeur.

La syntaxe de définition d'un type structure est de la forme :

```
struct @MaStructure {  
    # Liste de déclaration de propriétés, par exemple :  
    @uint mProp1  
    @bool mProp2  
}
```

Il n'est pas possible de définir du code dans une déclaration de structure : la seule possibilité est de le définir dans des `extension` (chapitre 50 à partir de la page 386).

45.1 Constructeurs

45.1.1 Constructeur new

Tout type structure définit implicitement le constructeur `new`. Son appel comprend une valeur par propriété déclarée par le type structure.

Par exemple, pour la déclaration :

```
struct @maStructure {  
    @uint mProp1  
    @bool mProp2  
}
```

L'appel du constructeur `new` est :

```
var aVariable = @maStructure.new {!123 !true}
```

Si le contexte le permet, l'annotation de type peut être omis lors de l'appel du constructeur :

```
@maStructure aVariable = .new {!123 !true}
```

À partir de la version 3.3.8, il est possible d'ajouter l'attribut `%selector` à la déclaration d'une propriété de structure. Le faire impose d'utiliser le sélecteur portant le nom de la propriété dans l'appel du constructeur `new`. Par exemple, si on déclare :

```
struct @maStructure {  
    @uint mProp1 %selector  
    @bool mProp2  
}
```

Alors l'appel du constructeur `new` devient :

```
var aVariable = @maStructure.new {!mProp1:123 !true}
```

45.1.2 Constructeur default

Si chacune des propriétés accepte le constructeur par défaut, alors le type structure accepte le constructeur par défaut. C'est le cas de la structure `@maStructure` définie au dessus : `@uint` accepte le constructeur par défaut (initialisation à `0`), ainsi que `@bool` (initialisation à `false`). Donc :

```
var aVariable = @maStructure.default
```

Initialise les propriétés de `aVariable` respectivement à `0` et `false`. On peut aussi écrire :

```
@maStructure aVariable = .default
```

45.2 Accès aux propriétés

La notation pointée `variable.propriété` permet d'accéder à une propriété d'une structure, aussi bien en lecture, en écriture et en lecture/écriture.

Exemple d'accès en lecture :

```
@uint v = aVariable.mProp1
```

Exemple d'accès en écriture :

```
aVariable.mProp1 = 10
```

Exemple d'accès en lecture/écriture :

```
aVariable.mProp1 ++
```

45.3 Getters

Un type structure définit un *getter* sans argument par propriété, qui permet d'accéder en lecture à cette propriété. Son nom est celui de la propriété. Par exemple, à la place de :

```
@uint v = aVariable.mProp1
```

On peut écrire :

```
@uint v = [aVariable mProp1]
```

45.4 Types structure prédéfinis

Plusieurs types prédéfinis GALGAS sont des structures.

45.4.1 Le type @lbigint

```
struct @lbigint {  
    @bigint bigint  
    @location location  
}
```

45.4.2 Le type @lbool

```
struct @lbool {  
    @bool bool  
    @location location  
}
```

45.4.3 Le type @lchar

```
struct @lchar {  
    @char char
```

```
@location location  
}
```

45.4.4 Le type @ldouble

```
struct @ldouble {  
    @double double  
    @location location  
}
```

45.4.5 Le type @lsint

```
struct @lsint {  
    @sint sint  
    @location location  
}
```

45.4.6 Le type @lsint64

```
struct @lsint64 {  
    @sint64 sint64  
    @location location  
}
```

45.4.7 Le type @lstring

```
struct @lstring {  
    @string string  
    @location location  
}
```

45.4.8 Le type @luint

```
struct @luint {  
    @uint uint  
    @location location  
}
```

45.4.9 Le type @uint64

```
struct @uint64 {
    @uint64 uint64
    @location location
}
```

45.4.10 Le type @range

Le type `@range` définit les intervalles d'entiers non signés 32 bits (`@uint`).

```
struct @range {
    @uint start
    @uint length
}
```

La plupart des propriétés du type `@range` découle de cette définition ([chapitre 45 à partir de la page 362](#)).

`@range.new {!a !b}`, où `a` et `b` sont des expressions de type `@uint`, représente :

- un intervalle vide si `b` est égal à zéro;
- l'intervalle $[a, a + b - 1]$ si `b` est strictement positif.

45.4.10.1 Opérateurs ... et ..<

Deux opérateurs permettent de construire plus facilement des objets de type `@range`.

L'opérateur `...` permet de définir un intervalle fermé à partir de sa borne inférieure et de sa borne supérieure : si `a` et `b` sont des expressions de type `@uint`, l'expression `a ... b` est équivalente à la construction `@range.new {!a !b - a + 1}`. Une exception est levée si `b < a`.

L'opérateur `..<` permet de définir un intervalle ouvert à gauche à partir de sa borne inférieure et de sa borne supérieure : si `a` et `b` sont des expressions de type `@uint`, l'expression `a ..< b` est équivalente à `@range.new {!a !b - a}`. Une exception est levée si `b < a`.

45.4.10.2 Type @range et instruction for

On peut utiliser une expression de type `@range` avec l'instruction `for` :

```
for i in @range.new {!12 !5} do
    # i prend successivement les valeurs 12, 13, 14, 15, 16
end
```

Et, avec l'opérateur `...` :

```
for i in 12 ... 16 do
  # i prend successivement les valeurs 12, 13, 14, 15, 16
end
```

Et l'opérateur `..<` :

```
for i in 12 ..< 17 do
  # i prend successivement les valeurs 12, 13, 14, 15, 16
end
```

Si l'on veut parcourir l'énumération à partir de la dernière valeur, on utilise le modificateur `>` après le mot-clé `for` :

```
for > i in @range.new {!12 !5} do
  # i prend successivement les valeurs 16, 15, 14, 13, 12
end
```

```
for > i in 12 ... 16 do
  # i prend successivement les valeurs 16, 15, 14, 13, 12
end
```

```
for > i in 12 ..< 17 do
  # i prend successivement les valeurs 16, 15, 14, 13, 12
end
```

Chapitre 46

Le type extern

46.1	Type externe minimum	368
46.2	Constructeur	369
46.3	Setter	369
46.4	Méthode	369
46.5	Getter	369
46.6	Méthode de classe	369

Un type `extern` est déclaré et spécifié en GALGAS, et implémenté par une classe C++. Ceci permet de définir des types qui seraient difficilement exprimables en GALGAS.

On va voir sur un exemple comment déclarer et implémenter :

- un type externe minimum;
- un constructeur;
- un *setter*;
- une *méthode*;
- un *getter*;
- une *méthode* de classe.

L'exemple consiste à implémenter le type `@complex` qui représente les nombres complexes.

46.1 Type externe minimum

L'implémentation minimum ne sera pas opérationnelle, car elle ne comprendra pas de constructeur : on ne pourra donc pas instancier d'objet du type `@complex`. L'ajout de constructeur sera présenté à la section suivante. De même, cette implémentation minimum ne définira ni *setter*, ni *méthode*, ni *getter*.

46.1.1 Déclaration en GALGAS

La description minimum est la suivante :

```
extern @complex {  
    "// No Predeclaration\n"  
}{  
    " private : bool mIsValid ;\n"  
    " private : double mReal ;\n"  
    " private : double mImaginary ;\n"  
}{  
}
```

Cette description est divisée en trois parties, délimitées par les accolades `{` et `}`.

Première partie. Elle cite une séquence de chaînes de caractères, qui seront écrites telles quelles dans le fichier d'en-tête C++ engendré, juste avant la déclaration de la classe C++ ; on peut y placer là des pré-déclarations de classe, des inclusions de fichier, ... Pour le type `@complex`, aucune pré-déclaration n'est nécessaire, aussi on place un simple commentaire C++, de façon à le localiser dans le fichier d'en-tête C++ engendré.

46.1.2 Implémentation en C++

46.2 Constructeur

46.3 Setter

46.4 Méthode

46.5 Getter

46.6 Méthode de classe

Chapitre 47

Compléter le système de types

47.1	Ajouter une méthode , un <i>getter</i> , un <i>setter</i> ou un constructeur à un type prédéfini	370
------	--	-----

47.1 Ajouter une méthode , un *getter*, un *setter* ou un constructeur à un type prédéfini

Ajouter une méthode, un *getter*, un *setter* ou un constructeur à un type prédéfini s'effectue en quatre temps :

1. ajouter la méthode, le *getter*, le *setter* ou le constructeur dans GALGAS;
2. reconstruire le fichier d'en-tête des types prédéfinis;
3. implémenter la méthode, le *getter*, le *setter* ou le constructeur en C++;
4. mettre à jour la documentation \LaTeX .

À titre d'exemple, nous allons montrer comment la méthode `makeDirectoryAndWriteToExecutableFile` de la classe `@string` a été ajoutée.

47.1.1 Ajouter la méthode dans GALGAS

Éditez le fichier GALGAS, en fonction du [tableau 47.1](#). Comme c'est une méthode que nous voulons ajouter, on édite le fichier `galgas-sources/semanticsInstanceMethods.galgas`.

Dans ce fichier, il y a une méthode pour chaque type prédéfini. Pour la classe `@string`, on a :

47.1. AJOUTER UNE MÉTHODE , UN *GETTER*, UN *SETTER* OU UN CONSTRUCTEUR À UN TYPE PRÉDÉFINI

Opération	Fichier
Ajouter un constructeur	galgas-sources/semanticsConstructors.galgas
Ajouter un <i>getter</i>	galgas-sources/semanticsGetters.galgas
Ajouter un <i>setter</i>	galgas-sources/semanticsSetters.galgas
Ajouter une méthode	galgas-sources/semanticsInstanceMethods.galgas
Ajouter une méthode de type	galgas-sources/semanticsTypeMethods.galgas

Tableau 47.1 – Fichier GALGAS à éditer pour compléter un type prédéfini

```
override method @stringPredefinedTypeAST getInstanceMethodMap
  ?!@unifiedTypeMap ioUnifiedTypeMap
  !@instanceMethodMap outInstanceMethodMap
{
  outInstanceMethodMap = {}
  enterInstanceMethodWithInputArgument (
    !?outInstanceMethodMap
    !?ioUnifiedTypeMap
    !inputArgTypeName:"string"
    !inputArgName:"inFilePath"
    !methodName:"writeToFile"
    !true
  )
  ...
}
```

Pour ajouter la méthode `makeDirectoryAndWriteToExecutableFile` de la classe `@string`, on complète cette méthode par :

```
override method @stringPredefinedTypeAST getInstanceMethodMap
  ?!@unifiedTypeMap ioUnifiedTypeMap
  !@instanceMethodMap outInstanceMethodMap
{
  outInstanceMethodMap = {}
  ...
  enterInstanceMethodWithInputArgument (
    !?outInstanceMethodMap
    !?ioUnifiedTypeMap
    !inputArgTypeName:"string"
    !inputArgName:"inFilePath"
    !methodName:"makeDirectoryAndWriteToExecutableFile"
    !true
  )
}
```

47.1.2 Reconstruire le fichier d'en-tête des types prédéfinis

Le fichier `libpm/galgas2/predefined-types.h` contient la déclaration C++ de tous les types prédéfinis. Le fichier `libpm/galgas2/predefined-types.cpp` contient l'implémentation des constructions génériques des types prédéfinis. **Surtout n'écrivez pas ces fichiers à la main !** On va utiliser GALGAS pour les reconstruire. Pour cela, appeler le script Shell `libpm/galgas2/-build-builtin-type-headers.command`. L'exécution de celui-ci recompile GALGAS, et engendre les nouvelles versions des fichiers `predefined-types.h` et `predefined-types.cpp`. Voici ce que l'on obtient :

```
Native Compiling for Mac OS X (debug): all-declarations-26.cpp
...
Native Compiling for Mac OS X (debug): check-gmp.cpp
Native Linking for Mac OS X (debug): galgas-debug
Done at +12s
Replaced '/Volumes/dev-svn/galgas/libpm/galgas2/predefined-types.h'.
No warning, no error.
[Displayed from file 'all-declarations-19.cpp' at line 952]
11800 memory blocks, 4158 arrais have been used.
7052 POD arrais have been used, 706 have been reallocated (509 with pointer change).
```

Ici, seul le fichier `predefined-types.h` a été modifié, le fichier `predefined-types.cpp` ne nécessitait pas de modification.

47.1.3 Implémenter la méthode en C++

Maintenant, effectuer la compilation C++ du projet GALGAS, soit avec Xcode, soit avec le *makefile* natif de votre choix. **Il est normal que cette compilation échoue, la méthode n'a pas encore été implémentée.**

Éditez le fichier `libpm/galgas2/GALGAS_string.cpp` et ajouter la méthode :

```
void GALGAS_string::
method_makeDirectoryAndWriteToExecutableFile (GALGAS_string inFilePath,
                                              C_Compiler * inCompiler
                                              COMMA_LOCATION_ARGS) const {
    if (isValid () && inFilePath.isValid ()) {
        //--- Make directory
        const C_String directory = inFilePath.mString.stringByDeletingLastPathComponent () ;
        bool ok = C_FileManager::makeDirectoryIfDoesNotExist (directory) ;
        if (! ok) {
            C_String message ;
            message << "cannot create " << directory << "' directory" ;
            inCompiler->onTheFlyRunTimeError (message COMMA_HERE) ;
        }else{
            method_writeToExecutableFile (inFilePath, inCompiler COMMA_HERE) ;
        }
    }
}
```

47.1. AJOUTER UNE MÉTHODE , UN *GETTER*, UN *SETTER* OU UN CONSTRUCTEUR À UN TYPE PRÉDÉFINI

```
}
```

Maintenant la compilation C++ de GALGAS s'effectue correctement. Mais ce n'est pas terminé!

47.1.4 Finaliser le nouveau compilateur GALGAS

L'exécutable GALGAS embarque le source de la librairie `libpm`. Or, à ce stade, c'est l'ancienne version qui est embarquée. Lorsque l'on compile le projet `+galgas.galgasProject`, la librairie `libpm` est intégrée dans les sources C++ engendrés.

Il faut donc effectuer itérativement des cycles *compilation GALGAS* – *compilation C++* tant que la compilation GALGAS apporte des modifications du code C++ engendré.

IV

Sous-programmes

Chapitre 48

Sous-programmes

48.1	Arguments formels et paramètres effectifs	375
48.2	Liste d'arguments formels en entrée, en sortie, ou en entrée/sortie	377
48.3	Liste de paramètres effectifs en entrée	377
48.4	Sélecteur	377

GALGAS définit les sous-programmes suivants :

- les *fonctions* (dans ce chapitre, [section 49.1 page 380](#));
- les *procédures* (dans ce chapitre, [section 49.2 page 381](#));
- les *méthodes* ([section 50.2 page 388](#));
- les *getters* ([section 50.1 page 387](#));
- les *setters* ([section 50.3 page 389](#)).

En GALGAS, *méthodes*, *getters* et *setters* s'appliquent sur un objet d'un type quelconque (qui n'est donc pas forcément un type *classe*). Pour les types définis par l'utilisateur, *méthodes*, *getters* et *setters* sont toujours déclarés en dehors de la déclaration du type auquel ils s'appliquent.

À chaque nature de sous-programme correspond une construction particulière pour l'appeler ([tableau 48.1](#)).

48.1 Arguments formels et paramètres effectifs

GALGAS distingue trois sortes d'arguments formels :

- en entrée ([section 48.1.1 page 376](#));
- en entrée/sortie ([section 48.1.2 page 376](#));

Sous-programme	Construction	Référence
<i>routine</i>	Instruction d'appel de routine	section 54.11 page 426
<i>fonction</i>	Appel de fonction (dans une expression)	section 53.1.12 page 404
<i>méthode</i>	Instruction d'appel de méthode	section 54.19 page 442
<i>getter</i>	Appel de getter (dans une expression)	section 53.1.13 page 404
<i>setter</i>	Instruction d'appel de setter	section 54.21 page 444

Tableau 48.1 – Constructions d'appel de sous programme

Argument formel en entrée	Remarque	Paramètre effectif en sortie
<code>?selector:@T</code> variable	Variable (modifiable)	<code>!selector:expression</code>
<code>?selector:@T</code> <code>unused</code> variable	Variable inutilisée	
<code>?selector:let</code> @T constante	Constante	
<code>?selector:let</code> @T <code>unused</code> constante	Constante inutilisée	

Tableau 48.2 – Argument formel en entrée, paramètre effectif en sortie

- en sortie ([section 48.1.3 page 376](#)).

48.1.1 Argument formel en entrée

Le [tableau 48.2](#) liste les différentes formes d'un argument formel en entrée. Le paramètre effectif correspondant est une expression précédée par `!`.

48.1.2 Argument formel en entrée/sortie

Le [tableau 48.3](#) liste les différentes formes d'un argument formel en entrée. Le paramètre effectif correspondant est une *cible* précédée par `!?`. Une *cible* est soit une variable, soit l'accès à un champ d'une variable de type `struct`.

48.1.3 Argument formel en sortie

Le [tableau 48.4](#) liste l'unique forme d'un argument formel en sortie. Le compilateur vérifie que les instructions du sous-programme fixent une valeur à chaque argument formel en sortie. Le paramètre effectif correspondant est une *cible* précédée par `?`. Une *cible* est soit une variable, soit l'accès à un champ d'une variable de type `struct`.

Argument formel en entrée/sortie	Paramètre effectif en sortie/entrée	Remarque
<code>?!selector:@T</code> variable	<code>!?selector:cible</code>	
<code>?!selector:@T</code> unused variable	<code>!?selector:*</code>	Variable anonyme
	<code>!?n*</code>	n variables anonymes

Tableau 48.3 – Argument formel en entrée/sortie, paramètre effectif en sortie/entrée

Argument formel en sortie	Paramètre effectif en entrée	Remarque
<code>!selector:@T</code> variable	<code>?selector:variable</code>	Affectation
	<code>?selector:@T</code> variable	Déclaration et affectation
	<code>?selector:let</code> @T constante	Déclaration et affectation
	<code>?selector:let</code> @T unused constante	Déclaration et affectation
	<code>?selector:let</code> constante	Déclaration et affectation
	<code>?selector:let</code> unused constante	Déclaration et affectation
	<code>?selector:*</code>	Une variable anonyme
	<code>?n*</code>	n variables anonymes

Tableau 48.4 – Argument formel en sortie, paramètre effectif en entrée

48.2 Liste d'arguments formels en entrée, en sortie, ou en entrée/-sortie

48.3 Liste de paramètres effectifs en entrée

48.4 Sélecteur

Il est possible d'associer un nom avec chaque symbole `?`, `?!`, `!` et `!?`. Ce nom est appelé *sélecteur*.

Un sélecteur commence par une lettre et est suivi par zéro, un ou plusieurs lettres ou chiffres, et termine obligatoirement par deux points `:`. Aucun espace n'est autorisé. Par exemple :

```
?valeur:
```

```
!par2:
```

Les sélecteurs peuvent être utilisés à chaque fois que le symbole `?`, `?!`, `!` et `!?` apparaît. Quand un argument formel est déclaré avec un sélecteur, alors le paramètre effectif doit nommer le même sélecteur.

Par exemple, si on considère une routine déclarée par :

```
proc aireRectangle
  ?longueur: @uint inA
  ?largeur: @uint inA
  !aire: @uint outAire
{
```

```
...  
}
```

Alors son appel s'exprimera par :

```
aireRectangle (!longueur:2 !largeur:3 ?aire:let aire)
```

Chapitre 49

Fonctions et procédures

49.1	Fonction	380
49.2	Procédure	381
49.3	Fonction et routine externe	382

GALGAS définit les sous-programmes suivants :

- les *fonctions* (dans ce chapitre, [section 49.1 page 380](#));
- les *procédures* (dans ce chapitre, [section 49.2 page 381](#));
- les *méthodes* ([section 50.2 page 388](#));
- les *getters* ([section 50.1 page 387](#));
- les *setters* ([section 50.3 page 389](#)).

Une *fonction* n'accepte que des arguments en entrée, et retourne une valeur. Elle est appelée dans une expression ([section 53.1.12 page 404](#)).

Une *procédure* accepte des arguments en entrée, en sortie, en entrée/sortie. Elle est appelée dans une instruction ([section 54.18 page 441](#)).

Une *méthode* accepte des arguments en entrée, en sortie, en entrée/sortie, et nomme un objet courant, qui est inchangé par l'exécution de la méthode. Une *méthode* est appelée dans une instruction ([section 54.19 page 442](#)).

Un *getter* n'accepte que des arguments en entrée, retourne une valeur, et nomme un objet courant, qui est inchangé par l'exécution du getter. Il est appelé dans une expression ([section 53.1.13 page 404](#)).

Un *setter* accepte des arguments en entrée, en sortie, en entrée/sortie, et nomme un objet courant, qui est modifié par l'exécution du setter. Un *setter* est appelé dans une instruction ([section 54.21 page 444](#)).

49.1 Fonction

Une fonction GALGAS n'accepte que des arguments en entrée, et retourne une valeur. Elle est appelée dans une expression ([section 53.1.12 page 404](#)).

49.1.1 déclaration d'une fonction

```
private # Optionnel
func nom_fonction liste_arguments_entree -> @T var_resultat {
    liste_instructions
}
```

Une fonction est désignée par `nom_fonction`. Ce nom est unique dans un projet GALGAS. La liste des paramètres d'entrée peut être vide ([section 48.3 page 377](#)). La valeur renvoyée par l'exécution de la fonction est la valeur de `var_resultat` à l'issue de l'exécution de la `liste_instructions`. Aussi, l'exécution de la `liste_instructions` doit valuer `var_resultat`.

Exemple :

```
func produit ?@uint a ?@uint b -> @uint resultat {
    resultat = a * b
}
```

Mentionner la variable `resultat` est optionnel. Par défaut, en son absence, une variable nommée `result` est implicitement déclarée :

```
func produit ?@uint a ?@uint b -> @uint {
    result = a * b
}
```

49.1.2 Fonction interne à un fichier

En préfixant la déclaration d'une fonction par `private`, on limite son appel aux expressions situées dans le même fichier que la déclaration.

49.1.3 Attribut %once

Une fonction sans argument accepte l'attribut `%once` :

```
func %once masque -> @uint {
    result = 1 << 16
}
```

L'attribut `%once` organise le cache du résultat : celui-ci est calculé lors du premier appel, est mémorisé internement, et est retourné directement lors des appels ultérieurs.

Une fonction `%once` peut être déclarée interne en la préfixant par `private`.

```
private func %once masque -> @uint {
    result = 1 << 16
}
```

49.1.4 Attribut %usefull

Une fonction accepte l'attribut `%usefull` :

```
func %usefull carré ?let @uint inX -> @uint {
    result = inX * inX
}
```

L'attribut `%usefull` déclare la fonction comme utile, c'est-à-dire qu'elle est considérée comme une construction racine du graphe d'utilité calculé par l'option `--check-usefulness` ([chapitre 4 à partir de la page 75](#)). Ceci est nécessaire si la fonction n'est pas appelée directement, mais par l'intermédiaire d'un objet de type `@function` ([page 234](#)).

Attributs `%once` et `%usefull` sont cumulables :

```
private func %once %usefull masque -> @uint {
    result = 1 << 16
}
```

49.2 Procédure

Une procédure GALGAS accepte des arguments en entrée, en sortie, en entrée/sortie. Elle est appelée dans une instruction ([section 54.18 page 441](#)).

49.2.1 Déclaration d'une procédure

```
private # Optionnel
proc nom_procedure liste_arguments {
    liste_instructions
}
```

Une procédure est désignée par `nom_procedure`. Ce nom est unique dans un projet GALGAS. La liste des paramètres en entrée, en sortie ou en entrée/sortie est décrite à la [section 48.2 page 377](#)).

Exemple :

```
proc produit ?@uint a ?@uint b !@uint resultat {
    resultat = a * b
}
```

```
}
```

49.2.2 Procédure interne à un fichier

En préfixant la déclaration d’une procédure par `private`, on limite son appel aux instructions situées dans le même fichier que la déclaration.

49.3 Fonction et routine externe

Il est possible de définir des fonctions ou des procédures *externes* à GALGAS, c’est-à-dire déclarées et appelables dans le code GALGAS, et définies en C++. Ceci permet d’écrire du code qui serait difficile ou impossible à écrire directement en GALGAS. Une autre possibilité est d’écrire un *type externe* ([chapitre 46 à partir de la page 368](#)).

La définition d’une telle fonction ou procédure s’effectue en trois étapes :

- déclaration comme fonction ou procédure externe ;
- préparation du fichier C++ qui contiendra l’implémentation de la fonction ;
- implémenter la fonction C++.

49.3.1 Déclaration d’une fonction ou d’une procédure externe

Il suffit d’écrire l’en-tête de la fonction, précédée du mot réservé `extern`. Par exemple :

```
extern func maFonctionExterne ?@uint a ?@uint b -> @uint
```

Comme pour les fonctions GALGAS ([section 49.1 page 380](#)), une fonction externe n’accepte que des arguments en entrée.

Il en est de même pour une procédure :

```
extern proc maProcédureExterne !@uint a ?!@uint b ?@uint64 c
```

Cette déclaration peut apparaître dans n’importe quel fichier d’extension `.galgas` : la portée de la déclaration est globale à tout le projet, donc une fonction ou une procédure externe peut être appelée à partir de n’importe quel fichier d’extension `.galgas` du projet.

Donc :

- si vous déclarez une fonction ou une procédure externe, sans jamais l’appeler en GALGAS, la compilation GALGAS puis la compilation C++ des codes engendrés s’effectuent sans erreur ;
- si vous déclarez une fonction ou une procédure externe et qu’elle est appelée à partir du code GALGAS, la compilation GALGAS s’effectue correctement, par contre l’édition de liens C++ indique une erreur de type *symbole indéfini*, ce qui est logique, la fonction étant en effet indéfinie.

49.3.2 Ajout d'un fichier source C++ au projet GALGAS

Créez un fichier C++ vide, et placez le dans un répertoire situé à la racine de votre projet GALGAS, c'est-à-dire dans le même répertoire que le fichier projet GALGAS : par exemple `monRepertoire/monCode.cpp`.

Il faut ajouter dans le fichier projet GALGAS la prise en compte de ce fichier C++. Pour cela, éditez votre fichier d'extension `.galgasProject` et insérez la ligne commençant par `%tool-source` :

```
project (...) -> "..." {  
    ...  
    %tool-source : "monRepertoire/monCode.cpp"  
    ...  
}
```

La déclaration `%tool-source` indique le fichier C++ fait partie de la liste des fichiers C++ à compiler. Le chemin du fichier source C++ peut être soit un chemin absolu, soit, comme c'est le cas ici, un chemin relatif par rapport au répertoire qui contient le fichier projet GALGAS (d'extension `.galgasProject`).

Dans un fichier projet GALGAS, zéro, une ou plusieurs déclarations `%tool-source` peuvent apparaître.

À ce point d'avancement, le fichier C++ est vide, il peut être compilé. Si vous lancez une compilation GALGAS suivie d'une compilation C++, vous verrez apparaître `monCode.cpp` dans la liste des fichiers C++ compilés. Évidemment, si il y a des fonctions ou procédures GALGAS externes non définies, vous aurez des erreurs d'édition des liens.

49.3.3 Écriture du fichier C++

49.3.3.1 Directive `#include`

Placée en tête du fichier, elle permet d'importer toutes les déclarations GALGAS d'un projet, y compris les prototypes des fonctions et procédures externes à GALGAS. Son libellé exact est :

```
#include "all-declarations.h"
```

Le fichier `all-declarations.h` est engendré par la compilation GALGAS et est situé dans le répertoire `build/output`.

49.3.3.2 Squelette de l'implémentation d'une fonction externe

Par exemple, on considère la fonction GALGAS externe :

```
extern func maFonctionExterne ?@uint a ?@uint b -> @uint
```

Le nom C++ de la fonction GALGAS `maFonctionExterne` est `function_maFonctionExterne`, c'est-à-dire que le nom GALGAS est préfixé par `function_`. Il y a d'autres transformations, si le nom de la fonction contient des lettres non-ASCII, des chiffres, ou des caractères «`_`». En effet, le C++ n'accepte pas les lettres non ASCII dans les identificateurs, le compilateur GALGAS les remplace par la séquence «`_xx_`»,

où xx est le point de code du caractère, exprimé en hexadécimal. Pour ne pas introduire d'ambiguïté, le caractère «_» est transformé de la même façon, il devient donc «_5F_». Pour des raisons historiques, il en est de même pour les chiffres décimaux.

Ainsi, une fonction nommée `hé_hé` en GALGAS est traduite en `function_h_E9__5F_h_E9_` en C++.

Pour écrire l'en-tête de la fonction, le plus simple est de rechercher son prototype dans les fichiers d'en-tête du répertoire `build/output`. Pour la fonction `maFonctionExterne`, celui-ci est :

```
class GALGAS_uint function_maFonctionExterne (class GALGAS_uint inArgument0,
                                              class GALGAS_uint inArgument1,
                                              class C_Compiler * inCompiler
                                              COMMA_LOCATION_ARGS) ;
```

Deux remarques :

- Les noms de types GALGAS (par exemple `@xyz`) sont préfixés par `GALGAS_` en C++, et les lettres non-ASCII, les chiffres, et les caractères «_» sont remplacés par la séquence «_xx_», où xx est le point de code du caractère, exprimé en hexadécimal (comme pour les noms de fonction, voir ci-dessus); ainsi, `@uint64` devient `GALGAS_uint_36__34_`;
- il n'y a pas de virgule après « `inCompiler` », `COMMA_LOCATION_ARGS` est une macro (voir sa définition dans le fichier `build/libpm/utilities/M_SourceLocation.h`).

On peut donc écrire le squelette de la fonction C++ :

```
GALGAS_uint function_maFonctionExterne (GALGAS_uint inArgument0,
                                         GALGAS_uint inArgument1,
                                         C_Compiler * inCompiler
                                         COMMA_LOCATION_ARGS) {
}
```

Pour écrire le code de la fonction, il faut prendre en compte les *valeurs poison*. En GALGAS, il n'y a pas d'exception, et l'exécution continue en séquence, même si une erreur est détectée. Par exemple, une erreur se déclenche si on recherche une clé inexistante dans une table; dans ce cas, il y a impossibilité de fournir des valeurs valides aux variables devant recevoir les informations associées à la clé. Autre exemple, si on essaie de diviser un entier par 0, il y a impossibilité de retourner un résultat valide. Dans tous ces cas, la valeur retournée est une *valeur poison*. Toute entité valuée GALGAS peut ainsi prendre deux états :

- *valide*, l'entité possède une valeur valide;
- *poison*, l'entité ne possède pas de valeur valide.

Aussi toute routine – aussi bien les routines implémentées en dur dans GALGAS que les routines externes écrites directement en C++ – doit vérifier si les valeurs qu'elle reçoit sont valides. Si il n'est pas possible d'effectuer le calcul souhaité, il faut retourner une valeur poison. On pourra regarder avec profit comment sont implémentées les opérations sur les `@uint`, dans le fichier `build/libpm/galgas2/GALGAS_uint.cpp`.

Tout type GALGAS définit une méthode `isValid` qui permet de savoir si l'objet possède une valeur valide ou non. Le constructeur par défaut d'un objet crée une valeur poison, les constructeurs dédiés une valeur valide.

Par exemple, si l'on veut que `maFonctionExterne` retourne la somme des deux arguments, on écrira :

```
GALGAS_uint function_maFonctionExterne (GALGAS_uint inArgument0,
                                         GALGAS_uint inArgument1,
                                         C_Compiler * /* inCompiler */
                                         COMMA_UNUSED_LOCATION_ARGS) {

    GALGAS_uint result ; // Valeur poison
    if (inArgument0.isValid () && inArgument1.isValid ()) {
        result = GALGAS_uint (inArgument0.uintValue () + inArgument1.uintValue ()) ;
    }
    return result ;
}
```

Dès que l'un des deux arguments est une valeur poison, le résultat renvoyé est une valeur poison.

49.3.3.3 Squelette de l'implémentation d'une procédure externe

Par exemple, on considère la procédure GALGAS externe :

```
extern proc maProcédureExterne !@uint a ?!@uint b ?@uint64 c
```

Cette déclaration engendre le prototype suivant dans un des fichiers d'en-tête C++ (situé dans le répertoire `build/output`):

```
void routine_maProc_E9_dureExterne (class GALGAS_uint & outArgument0,
                                     class GALGAS_uint & ioArgument1,
                                     class GALGAS_uint_36__34_ inArgument2,
                                     class C_Compiler * inCompiler
                                     COMMA_LOCATION_ARGS) ;
```

Remarques :

- le nom de la procédure GALGAS est préfixée par `routine_`, et, comme pour les noms de fonction, les lettres non-ASCII, les chiffres, et les caractères «`_`» sont remplacés par la séquence «`_xx_`», où `xx` est le point de code du caractère, exprimé en hexadécimal : ainsi, «`é`» devient «`_E9_`» ;
- un argument en sortie (comme `outArgument0`) est passé par référence ;
- un argument en entrée / sortie (comme `ioArgument1`) est passé par référence ;
- un argument en entrée (comme `inArgument2`) est passé par valeur (le constructeur de recopie est appelé).

Chapitre 50

Extensions

50.1	Category getter	387
50.2	Category method	388
50.3	Category setter	389
50.4	Categories and classes	391

Categories are the way for adding *getters*, *methods* and *setters* to any type. They are defined outside type declarations.

You can declare for any type :

- *category getters*;
- *category methods*;
- *category setters*.

Additional features are available for classes and are described in [section 50.4 page 391](#).

A *category getter* is called in an expression. As expressions have no side-effect, a category getter cannot change current object's value.

A *category method* is called by the *method call instruction* ([section 54.19 page 442](#)). A category method cannot modify current object's value.

A *category setter* is called by the *setter call instruction* ([section 54.21 page 444](#)). A category setter can modify current object's value.

Within the category getter, method and setter instruction list, the `self` key word is allowed in any expression. It represents a copy of the current object. Of course, the current is lazily copied only when required.

The `self` key word is just a syntactic tag for representing a write or a read/write access to the current object. Using `self` is not allowed in category methods and category getters since they cannot modify the current object. Using `self` in category setters is explained in [section 50.3 page 389](#).

A category getter, method and setter can be declared in :

- a *semantics* component;
- a *syntax* component;
- a *program* component.

A declared category getter, method and setter has a global scope, meaning it is available in the current component, and in any component that includes it directly or indirectly.

A type does not accept several category getters with the same name. During compilation of the project file, the project global checking mechanism detects such declarations and issues an error. Consequently, it is forbidden to declare a category getter with the same name than a predefined getter : the compiler issues an error on on a such declaration. The same rules apply on category methods and category setters.

However, it is safe to declare for a given type a category getter, a category method and a category setter with the same name. GALGAS compiler uses different naming spaces for them, and call syntax are different, so there is no ambiguity.

50.1 Category getter

A category getter is declared like a function, but its header names a type and a getter name. As a function, it accepts zero, one or more input and constant input formal parameters.

For example, the following code add a getter to the `uint64` that computes the square of its value :

```
getter @uint64 square -> @uint64 {
    result = self * self
}
```

This getter is called like a predefined getter :

```
@uint64 v = 7L
log "Square of 7": [v square] # LOGGING Square of 7 : <@uint64:49>
```

You can add a category getter to a list :

```
getter @uintlist sum -> @uint {
    result = 0
    for self do
        result = result + mValue
    }
}
```

For counting the number of element values greater than the value given in argument :

```
getter @uintlist countValuesGreaterThan
  ?let @uint inTestValue -> @uint
  {
    result = 0
    for self do
      if mValue > inTestValue then
        result ++
      end if
    }
  }
}
```

When used with a struct or class type, current object attributes values can be read by naming the attribute in an expression. For example, the `@lstring` (page 365) has an attribute `string` whose type is `@string`. The following getter returns the value of this attribute, appended with the `" !"` string :

```
getter @lstring op -> @string {
  result = string . " !"
}
```

50.2 Category method

A category method is declared like a routine, but its header names a type and a method name. As a routine, it accepts zero, one or more input, output, input/output constant input formal parameters.

For example, the following code add a method to the `uint64` that computes the square of its value :

```
method @uint64 square !@uint64 {
  result = self * self
}
```

This getter is called like a predefined method :

```
@uint64 v
[7L square ?v]
log "Square of 7": v # LOGGING Square of 7 : <@uint64:49>
```

You can add a category method to a list :

```
method @uintlist sum !@uint {
  result = 0
  for self do
    result = result + mValue
  }
}
```

For counting the number of element values greater than the value given in argument :

```

method @uintlist countValuesGreaterThan
  ?let @uint inTestValue
  !@uint outResult
{
  outResult = 0
  for self do
    if mValue > inTestValue then
      outResult ++
    end if
  }
}

```

When used with a struct or class type, current object attributes values can be read by naming the attribute in an expression. For example, the `@lstring` (page 365) has an attribute `string` whose type is `@string`. The following method returns the value of this attribute, appended with the `" !"` string :

```

method @lstring op !@string outResult {
  outResult = string . " !"
}

```

50.3 Category setter

A category method is declared like a routine, but its header names a type and a setter name. As a routine, it accepts zero, one or more output, input/output, input and constant input formal parameters. Unlike a category method, a category setter can change the value of the current object.

For structure and classes types, attributes can be read, written, read / written. For example :

```

setter @lstring appendInt ?let @uint inValue {
  string .= [inValue string]
}

```

The `self` key word is used as a syntactic tag for denoting a read/write or a write access on the current object. This key word is syntactically accepted in the following constructs :

1. the *setter call instruction* (section 54.21 page 444);
2. the *concat instruction* (section 54.6 page 416);
3. the *increment instruction* (section 54.13 page 435);
4. the *decrement instruction* (section 54.8 page 419);
5. the *assignment instruction* (section 54.4 page 415).

Example of using `self` in setter call instruction; this setter prepends the square of argument value to the `@uint64list` value :

```
setter @uint64list prependSquare ?let @uint64 inValue {
    [!?self prependValue !inValue * inValue]
}
```

Example of using `self` in the append instruction; this setter appends the square of argument value to the `@uintlist` value :

```
setter @uintlist appendSquare ?let @uint inValue {
    self += !inValue * inValue
}
```

This construct is valid only for types that handle the `+=` operator.

Example of using `self` in the concat instruction; this setter appends to the string all items of the `@stringlist` argument value :

```
setter @string concatList ?let @stringlist inList {
    for inList do
        self .= mValue
    }
}
```

This construct is valid only for types that handle the `.=` operator.

Example of using `self` in the increment instruction; this setter increments the receiver's value :

```
setter @uint increment {
    self ++
}
```

This construct is valid only for types that handle the `++` operator, such as `@uint` (page 286), `uint64`, `@sint` (page 237), `@sint64` (page 243).

Example of using `self` in the assignment instruction; this setter removes all odd values of the receiver :

```
setter @uintlist removeOddValues {
    @uintlist listWithEvenValues [emptyList]
    for self do
        if (mValue & 1) == 0 then
            listWithEvenValues += !mValue
        end if
    }
    self = listWithEvenValues
}
```

This construct is valid only for types, but class types.

50.4 Categories and classes

Additional features are available only for classes; in addition to category getters, methods and setters described in the above sections, you can declare :

- *abstract* category getters, methods, setters;
- *overriding* category getters, methods, setters;
- *overriding abstract* category getters, methods, setters.

Abstract category getters, methods, setters and *overriding abstract* category getters, methods, setters do not contain any instruction list : they act as *prototypes*.

Examples of *abstract* category getters, methods, setters declarations :

```
abstract getter @aType getterName
    ?anOtherType aParameter
    -> @resultType

abstract method @aType methodName
    ?anOtherType aParameter
;

abstract setter @aType setterName
    ?anOtherType aParameter
;
```

Examples of *overriding* category getters, methods, setters declarations :

```
override getter @aType getterName
    ?anOtherType aParameter
    -> @resultType
{
    instructions
}

override method @aType methodName
    ?anOtherType aParameter
{
    instructions
}

override setter @aType setterName
    ?anOtherType aParameter
{
```

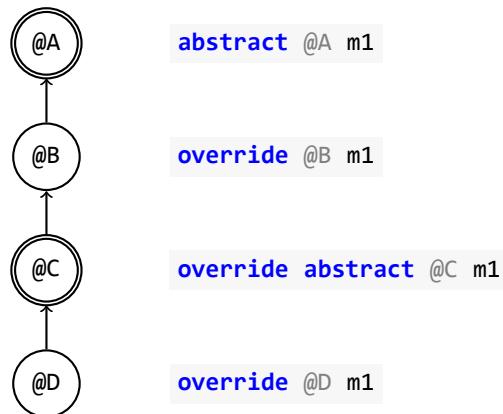


Figure 50.1 – inheritance graph and categories

```

instructions
}

```

Examples of *overriding abstract* category getters, methods, setters declarations :

```

override abstract getter @aType getterName
  ?@anOtherType aParameter
  -> @resultType

override abstract method @aType methodName
  ?anOtherType aParameter

override abstract setter @aType setterName
  ?anOtherType aParameter

```

Neither *abstract* category getters, methods, setters, neither *overriding abstract* category getters, methods, setters cannot be declared for concrete classes. Any kind of category getter, method, setter can be declared for abstract classes.

If an *abstract* category getter, method, setter, or an *overriding abstract* category getter, method, setter is declared for an abstract class, it should be also declared as *overriding* with the same name for every first concrete successor class.

A category getter, method, setter that has the same name as a category getter, method, setter declared for one of its super classes should be declared as *overriding*.

An abstract category getter, method, setter that has the same name as a category getter, method, setter declared for one of its super classes should be declared as *overriding abstract*.

The following example illustrates how theses rules should be applied. In the [figure 50.1](#), four classes are shown. An arrow links a class to its super class. The @A and @C classes are abstract. m1 is a name for any getter, method or setter.

m1 is declared as **abstract** for the @A class. It is allowed since @A is abstract. Consequently, the

concrete `@B` class should override `m1`. The `@C` class is also abstract, and `m1` can be declared as **abstract** for this class. But as it has been also declared for one of theses super class, it should also declared as **override**. As `@D` is concrete, `m1` should be declared for this class with **override** tag.

V

Filewrappers et templates

Chapitre 51

Filewrappers

51.1	Déclaration d'un <i>filewrapper</i>	395
------	---	-----

Un *filewrapper* permet d'embarquer dans le code engendré une arborescence de fichiers. Comme on va le voir dans la section suivante, la déclaration d'un *filewrapper* désigne un répertoire, qui va être exploré au moment de la compilation GALGAS de façon à embarquer dans le code engendré la copie de certains fichiers. Ces fichiers peuvent être de trois sortes :

- des fichiers *texte*; ils sont sélectionnés par leur extension : la déclaration d'un *filewrapper* liste toutes les extensions des fichiers texte embarqués ;
- des fichiers *binaires*; de même, ils sont sélectionnés par leur extension, et la déclaration d'un *filewrapper* liste toutes les extensions des fichiers binaires embarqués ;
- des *templates*, qui sont sélectionnés par leur nom; ils sont analysés lors de leur lecture.

L'exploration des fichiers embarqués peut s'effectuer soit de manière statique, soit dynamique à l'aide d'un objet de [@filewrapper](#) (page 227).

51.1 Déclaration d'un *filewrapper*

La déclaration d'un *filewrapper* est la suivante :

```
filewrapper nom in "chemin" {  
  "extension_texte", ...  
}  
"extension_binaire", ...  
}  
declaration_de_templates
```

```
}
```

Où :

- `nom` est le nom, interne à GALGAS, donné au *filewrapper* ; ce nom doit être unique à chaque *filewrapper* ;
- `"chemin"` est le chemin du répertoire qui va être exploré récursivement au moment de la compilation ; c'est soit un chemin absolu (il commence par un `/`), soit un chemin relatif, par rapport au répertoire qui contient le fichier source qui déclare le *filewrapper*.

La déclaration est divisée en trois parties délimitées par des accolades `{ ... }` :

- la première partie (`"extension_texte", ...`) liste les extensions des fichiers texte qui sont embarqués ; à la compilation GALGAS, le répertoire désigné est exploré récursivement, et les fichiers dont l'extension est l'une des extensions citées sont embarqués, ainsi que leurs chemins relatifs ;
- la deuxième partie (`"extension_binaire", ...`) liste les extensions des fichiers binaires qui sont embarqués ; de même, à la compilation GALGAS, le répertoire désigné est exploré récursivement, et les fichiers dont l'extension est l'une des extensions citées sont embarqués, ainsi que leurs chemins relatifs ;
- la troisième et dernière partie (`declaration_de_templates`) contient les déclarations de *templates*.

Chacune de ces parties peut être vide si on ne veut pas embarquer de fichier ou ne définir aucun template.

VI

Instructions et expressions

Chapitre 52

Contrôle de l'accès aux variables et aux constantes

52.1	Variable locale	399
52.2	Constante locale	400

Le compilateur GALGAS effectue une surveillance très stricte des accès aux objets – constantes, variables et paramètres formels. Il signale ainsi par des *alertes* et des *erreurs* toute violation des règles d'accès.

On peut illustrer le résultat de cette surveillance par le fragment de code suivant :

```
var @uint x
if condition then
    x = 2
end
let y = x # Une erreur de compilation est déclenchée ici
```

Quelle serait la valeur de la variable `x` à l'issue de l'exécution de ce code ? Si `condition` est vrai, `x` vaut 2 ; sinon, `x` n'a pas de valeur.

Le compilateur GALGAS détecte cette situation et considère que la variable est initialisée si elle l'est par toutes les branches de l'instruction `if`. Dans le cas contraire, comme ci-dessus, elle est considérée comme non initialisée. Aussi sa lecture déclenche un message d'erreur. Pour que l'analyse sémantique ne détecte pas d'erreur, il faut donc que les deux branches affectent une valeur à `x` :

```
var @uint x
if condition then
    x = 2
else
    x = 4
```

```
end
let y = x # Ok
```

Pour contrôler le bon usage des variables et des constantes locales, le compilateur GALGAS associe pendant la compilation un automate d'états finis à chaque variable locale.

52.1 Variable locale

L'automate d'états finis associé à une variable locale est présenté à la [figure 52.1](#). C'est la forme la plus générale, les autres automates s'en déduisent.

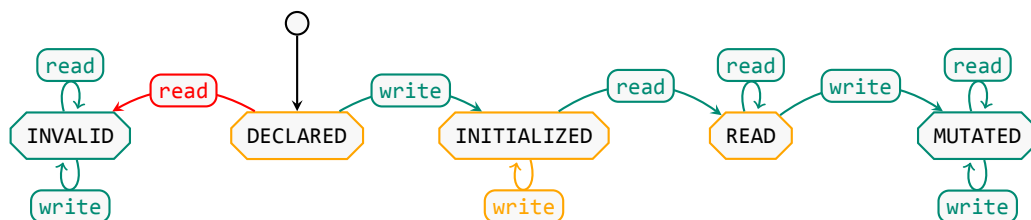


Figure 52.1 – Automate des états d'une variable locale

Les états sont les suivants :

- INVALID, une erreur d'accès a été détectée;
- DECLARED, état d'une variable déclarée non initialisée;
- INITIALIZED, état d'une variable déclarée et initialisée, mais jamais lue;
- READ, état d'une variable déclarée, initialisée, lue au moins une fois, mais jamais modifiée;
- MUTATED, état d'une variable déclarée, initialisée, et modifiée au moins une fois.

Un état initial est désigné par une flèche noire. La déclaration d'une variable locale place son automate dans l'état DECLARED :

```
var @uint x # État 'declared'
```

Il y a deux actions possibles :

- l'action `write`, qui exprime l'affectation d'une valeur à la variable;
- l'action `read`, qui exprime la lecture de la valeur de la variable.

L'automate est *complet*, c'est-à-dire que les deux actions sont prises en compte dans tous les états.

Les transitions sont présentées en couleur, selon leur validité :

- *vert*, la transition est correcte et ne donne lieu à aucune émission de message d'alerte ou d'erreur;

- *orange*, la transition est correcte et mais donne lieu à l'émission d'un message d'alerte ;
- *rouge*, la transition est incorrecte et donne lieu à l'émission d'un message d'erreur.

Ainsi, la lecture d'une variable dans l'état DECLARED est une erreur : en effet, la variable n'a pas de valeur. La transition correspondante est donc en rouge. Voici un exemple qui illustre cette situation :

```
var @uint x # État 'declared'
var y = x # Erreur, x n'a pas de valeur
```

L'écriture d'une variable qui est dans l'état INITIALIZED n'est pas une erreur, mais révèle une anomalie : la valeur écrasée n'a jamais été lue ; un message d'alerte est donc émis. Par exemple :

```
var @uint x = 2 # État 'initialized'
var x = 3 # Alerte, l'initialisation de x à 2 est inutile
```

Remarquons que les actions `read` et `write` sont acceptées silencieusement dans l'état INVALID : en effet, on arrive dans cet état après l'occurrence d'une erreur qui a été signalée à l'utilisateur, en acceptant silencieusement on n'émet pas de message d'erreur à chaque accès à la variable.

Enfin, l'état final de l'automate. À la fin de la portée de la variable, son automate est supprimé. Au moment de sa suppression, son état courant est considéré comme son état final. Trois situations peuvent survenir, qui sont reflétées la couleur du cadre de l'état :

- *verte*, l'état final est correct et ne donne lieu à aucune émission de message d'alerte ou d'erreur ;
- *orange*, l'état final est correct et mais donne lieu à l'émission d'un message d'alerte ;
- *rouge*, l'état final est incorrect et donne lieu à l'émission d'un message d'erreur.

Ainsi, l'état READ est un état final correct pour une variable locale. L'état INVALIDE est aussi silencieusement accepté, être dans cet état signifie qu'un message d'erreur a déjà été émis pour cette variable.

L'état DECLARED comme état final signifie que la variable a été déclarée, sans être initialisée : la variable est inutile, et un message d'alerte est émis.

L'état INITIALIZED comme état final signifie que la variable a été déclarée, initialisée, mais jamais lue : comme précédemment, la variable est inutile, et un message d'alerte est émis.

L'état READ comme état final signifie que la variable a été déclarée, initialisée, lue, mais jamais modifiée : c'est en fait une constante et un message d'alerte est émis, qui suggère de transformer la variable locale en constante locale.

52.2 Constante locale

L'automate d'états finis associé à une constante locale est présenté à la [figure 52.2](#). Une constante locale peut être écrite une seule fois, à partir de l'état DECLARED. En conséquence, une action `write` à partir des

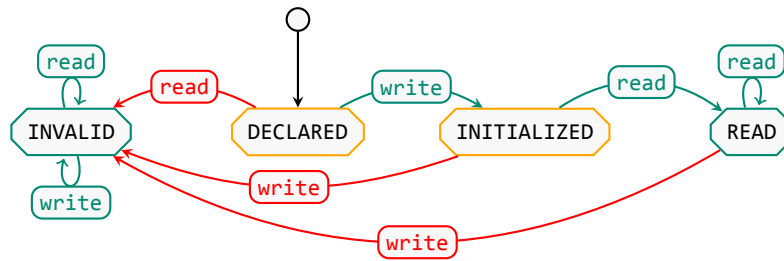


Figure 52.2 – Automate des états d'une constante locale

états INITIALIZED et READ est une erreur (elle apparaît en rouge) et redirige vers l'état INVALID. L'état MUTATED n'est plus accessible, et a été supprimé de la [figure 52.2](#).

Voici un exemple.

```

let @uint x = 2 # État 'initialized'
...
var y = x # Ok, l'état de 'x' est 'read'

```

On n'est pas obligé de fournir une valeur à la déclaration d'une constante. On peut ainsi écrire :

```

let @uint x # État 'declared'
...
x = 2 # État 'initialized'
...
var y = x # Ok, l'état de 'x' est 'read'

```

Chapitre 53

Expressions

53.1	Opérandes	402
53.2	Opérateurs	408

D'une manière classique, une expression est constituée d'*opérandes* ([section 53.1 page 402](#)) et d'*opérateurs* ([section 53.2 page 408](#)). La priorité des opérateurs est définie dans le [tableau 53.3 page 408](#).

53.1 Opérandes

53.1.1 Identificateur

53.1.2 self

Dans une expression, `self` représente une copie de l'objet courant. On ne peut donc utiliser `self` que dans une expression à l'intérieur d'une *méthode*, d'un *getter*, d'un *setter*, ou d'une extension ([chapitre 50 à partir de la page 386](#)). Sont donc exclues les procédures et les fonctions.

`self` effectue un accès en lecture seule de l'objet courant.

Voici un exemple extrait de la section décrivant les *extensions de getter* ([section 50.1 page 387](#)) :

```
getter @uint64 square -> @uint64 outResult {  
    outResult = self * self  
}
```

53.1.3 Expression de conversion polymorphique inverse

Cette construction est obsolète, et est remplacée avantageusement par l'*affectation conditionnelle* ([section 54.14.2 page 438](#)).

La syntaxe de l'*expression de conversion polymorphique inverse* est :

```
expression as @T
```

Elle permet de renvoyer la valeur de `expression` sous la forme d'un objet de type statique `@T`. À l'exécution, la conversion échoue si le type dynamique de l'`expression` n'est pas `@T` ou une de ses classes héritières; une erreur sémantique est alors déclenchée, et l'expression renvoie un objet *non construit*.

Pour tester le type dynamique de l'expression avant d'effectuer la conversion, utiliser la construction décrite à la [section 53.1.4 page 403](#). On peut aussi utiliser l'instruction `cast` ([section 54.5 page 415](#)).

53.1.4 Test du type dynamique d'une expression

L'opérande `expression is conversion @T` teste le type dynamique de `expression` vis à vis du type `@T` :

- si `conversion` est `==`, la valeur renvoyée est `true` si le type dynamique de l'`expression` est exactement `@T`, et `false` dans le cas contraire;
- si `conversion` est `>=`, la valeur renvoyée est `true` si le type dynamique de l'`expression` est `@T` ou une de ses classes héritières, et `false` dans le cas contraire;
- si `conversion` est `>`, la valeur renvoyée est `true` si le type dynamique de l'`expression` n'est pas `@T` mais une de ses classes héritières, et `false` dans le cas contraire.

Alliée à la construction précédente, elle permet de lancer une conversion uniquement si elle est possible :

```
if expression is == @B then
  let @B cst = expression as @B
  ...
elseif expression is >= @C then
  let @C cst = expression as @C
  ...
else
  message "conversion impossible"
end
```

53.1.5 Parenthèses

Les parenthèses `(` et `)` permettent de forcer le groupement d'opérandes.

53.1.6 true et false

`true` et `false` sont les constantes du type `@bool`.

53.1.7 Constante chaîne de caractères

53.1.8 Constante caractère

53.1.9 Constante entière

Une constante entière est une séquence de chiffres décimaux, éventuellement séparés par le caractère de soulignement `_`, et terminé par un suffixe. Ce suffixe détermine le type de la constante :

- pas de suffixe : `@uint` ;
- suffixe S : `@sint` ;
- suffixe L : `@uint64` ;
- suffixe LS : `@sint64` ;
- suffixe G : `@bigint` .

53.1.10 Constante flottante

53.1.11 Expression if

53.1.12 Appel de fonction

53.1.13 Appel de getter

53.1.14 Constructeur

L'appel d'un constructeur instancie un nouvel objet. Sa syntaxe est :

```
@T.constructeur {!exp0 !exp1 ...}
```

Par exemple :

```
@lstring ls = @lstring.new {"!" !@location.here{}}  
@stringlist str = @lstringlist.emptyList {}
```

Deux simplifications syntaxiques sont proposées :

- si la liste des arguments est vide, les accolades peuvent être omises ;
- si le type peut être inféré, il peut être omis.

53.1.14.1 Suppression des accolades

Si la liste des arguments est vide, les accolades peuvent être omises.

```
@lstring ls = @lstring.new {!" " !@location.here}
@stringlist str = @lstringlist.emptyList
```

53.1.14.2 Inférence du type

Si le type peut être inféré, il peut être omis (remarquer que ceci est valable aussi pour `@location.here` qui peut être simplifié en `.here`).

```
@lstring ls = .new {!" " !.here}
@stringlist str = .emptyList
```

53.1.15 Constructeur par défaut

Pour la plupart des types, un constructeur par défaut est implicitement défini (voir la liste précise [tableau 53.1 page 407](#)).

L'expression `@T.default` invoque le constructeur par défaut du type `@T` et renvoie un objet initialisé du type `@T`. Le type `@T` peut être inféré et l'appel du constructeur par défaut s'écrit simplement `.default`.

53.1.15.1 Intérêt du constructeur par défaut

L'intérêt du constructeur par défaut est qu'il allège l'écriture de l'initialisation des variables de certains types. Ce n'est pas une construction qui apporte de l'expressivité au langage (on peut très bien se passer d'appeler des constructeurs par défaut).

Pour un type comme `@uint`, écrire `@uint v = .default` est sémantiquement équivalent à écrire `@uint v = 0`. On voit que le constructeur par défaut présente peu d'utilité ici.

Par contre, si l'on a un type structure :

```
struct @T {
    @uneMap mMap
    @uneListe mList
    @stringlist mStringList
    @stringset mStringSet
}
```

Déclarer et initialiser une variable de ce type s'écrit :

```
@T variable = .new {
    !{}
    !{}
}
```

```
!{}
!{}
}
```

Avec le constructeur par défaut, cette instruction s'écrit simplement :

```
@T variable = .default
```

Pour une structure, comme on va le voir plus bas, le constructeur par défaut appelle le constructeur par défaut pour chaque champ ; le constructeur par défaut d'une `map` est équivalent à `emptyMap`, celui d'une `list` équivalent à `emptyList`, et celui d'un `@stringset` équivalent à `emptySet`.

53.1.15.2 Les constructeurs par défaut pour chaque type

Le [tableau 53.1 page 407](#) précise par chaque type l'existence du constructeur par défaut.

Remarques :

- une classe abstraite ne possède pas de constructeur par défaut ;
- une classe concrète possède un constructeur par défaut si tous les attributs (ceux déclarés dans la classe et les super classes) en possèdent un ; la valeur par défaut est celle définie par l'appel du constructeur par défaut sur tous ces attributs ;
- une structure possède un constructeur par défaut si tous ces champs en possèdent un ; la valeur par défaut est celle définie par l'appel du constructeur par défaut sur tous les champs.

53.1.16 Valeur d'une option

Les options de la ligne de commande sont définies dans un composant `option` ([chapitre 13 à partir de la page 143](#)). L'opérande *appel d'option* permet d'obtenir des informations sur une option.

Sa syntaxe est `[option nom_composant_option.nom_option nom_info]`, où :

- `nom_composant_option` est le nom du composant `option` qui déclare l'option ;
- `nom_option` est le nom donné à l'option lors de sa déclaration ;
- `nom_info` est le nom de l'information dont la valeur sera retournée par l'opérande.

Les informations qui peuvent être ainsi obtenues sont décrites dans le [tableau 53.2](#).

Par exemple, si un composant `option` est déclaré comme suit :

```
option mesOptions {
  @bool extractOption : 'S', "asm" -> "Extract assembly code"
}
```

Alors :

Type	Constructeur par défaut
<code>abstract class @T</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>@application</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>array @T</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>@bigint</code>	Équivalent au constructeur <code>zero</code> , initialisation à <code>0G</code>
<code>@bool</code>	Initialisation à <code>false</code>
<code>@boolset @T</code>	Équivalent au constructeur <code>.none</code> (section 20.1.4 page 210)
<code>@char</code>	Initialisation au caractère NULL : <code>'\0'</code>
<code>class @T</code>	Oui, si tous les attributs possèdent un constructeur par défaut
<code>@data</code>	Équivalent au constructeur <code>emptyData</code>
<code>@double</code>	Initialisation à <code>0.0</code>
<code>enum @T</code>	Voir section 41.7 page 341
<code>@filewrapper</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>@function</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>graph @T</code>	Équivalent au constructeur <code>emptyGraph</code>
<code>list @T</code>	Équivalent au constructeur <code>emptyList</code>
<code>map @T</code>	Équivalent au constructeur <code>emptyMap</code>
<code>listmap @T</code>	Équivalent au constructeur <code>emptyMap</code>
<code>@object</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>@sint</code>	Initialisation à <code>0S</code>
<code>@sint64</code>	Initialisation à <code>0LS</code>
<code>sortedlist @T</code>	Équivalent au constructeur <code>emptySortedList</code>
<code>@string</code>	Initialisation à chaîne vide <code>""</code>
<code>@stringset</code>	Équivalent au constructeur <code>emptySet</code>
<code>struct @T</code>	Oui, si tous les attributs possèdent un constructeur par défaut
<code>@timer</code>	Équivalent au constructeur <code>start</code>
<code>@type</code>	<i>Pas de constructeur par défaut</i>
<code>@uint</code>	Initialisation à <code>0</code>
<code>@uint64</code>	Initialisation à <code>0L</code>

Tableau 53.1 – Constructeur par défaut pour chaque type

- `[option mesOptions.extractOption value]` renvoie un `@bool` qui vaut `true` si l'option a été activée, `false` dans le cas contraire;
- `[option mesOptions.extractOption char]` renvoie un `@char` qui vaut `'S'` ;
- `[option mesOptions.extractOption string]` renvoie un `@string` qui vaut `"asm"` ;
- `[option mesOptions.extractOption comment]` renvoie un `@string` qui vaut `"Extract assembly code"`.

Noter qu'à partir de la version 3.1.4, les options *quiet* et *verbose* ([section 2.2 page 64](#)) ne peuvent pas être appelées par cette construction : il faut utiliser le [constructeur verboseOutput du type @application – page 161](#).

nom_info	Commentaire	Type de la valeur retournée
value	Valeur de l'option	@T (le type de l'option)
char	Caractère d'appel de l'option	@char
string	Chaîne d'appel de l'option	@string
comment	Description de l'option	@string

Tableau 53.2 – Informations relatives à une option de la ligne de commande

Priorité	Opérateur	Commentaire	Référence
0 (plus faible)	|	« ou » logique	section 53.2.2 page 408
	||	« ou », évaluation en court-circuit	section 53.2.3 page 408
	^	« ou exclusif » logique	section 53.2.2 page 408
1	&	« et » logique	section 53.2.2 page 408
	&&	« et », évaluation en court-circuit	section 53.2.3 page 408
2	==, !=	Test d'identité	section 53.2.5 page 409
	<, <=	Comparaison	section 53.2.5 page 409
	>, >=	Comparaison	section 53.2.5 page 409
3	<<, >>	Décalage	section 53.2.6 page 409
	+, &+	Addition, concaténation	section 53.2.7 page 409
	-, &-	Soustraction	section 53.2.7 page 409
4	*, &*	Multiplication	section 53.2.7 page 409
	/, &/	Division	section 53.2.7 page 409
	mod	Modulo	section 53.2.7 page 409
5	-, &-	Négation arithmétique	section 53.2.7 page 409
6	not	Complémentation booléenne	section 53.2.2 page 408
7	~	Complémentation bit-à-bit	section 53.2.4 page 409
8 (plus forte)	.	Accès à un champ d'une structure	section 53.2.8 page 410

Tableau 53.3 – Priorité des opérateurs

53.2 Opérateurs

53.2.1 Priorité des opérateurs

La priorité des opérateurs est définie dans le [tableau 53.3](#). Pour des opérateurs de même priorité, le groupement s'effectue de gauche à droite. Les parenthèses permettent de forcer l'ordre d'évaluation. Par exemple, `4 + 3 - 2 - 3` est équivalent à `((4 + 3) - 2) - 3`.

53.2.2 Logique

|, ^, &, not

53.2.3 Logique, évaluation en court-circuit

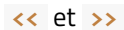
|| et &&

53.2.4 Complémentation bit-à-bit



53.2.5 Comparaison

53.2.6 Décalage



53.2.7 Arithmétique

GALGAS propose des opérateurs arithmétiques qui détectent les dépassements de capacité : `+`, `-`, `*`. Une erreur est déclenchée à chaque débordement.

L'opérateur de division `/` déclenche une erreur lors d'une division par zéro. Pour les types signés, une erreur est aussi déclenchée par la division de `@sint.min` par `-1S`, et la division de `@sint64.min` par `-1LS`.

Ces opérateurs ne détectent pas un dépassement de capacité : `&+`, `&-`, `&*`, et fonctionnent donc comme les opérateurs arithmétiques du C.

L'opérateur de division `&/` ne déclenche aucune erreur lors d'une division par zéro, la valeur renvoyée est zéro. La division de `@sint.min` par `-1S` retourne `@sint.min`, et celle de `@sint64.min` par `-1LS` retourne `@sint64.min`.

L'opérateur `mod` déclenche une erreur en cas de division par zéro.

La négation arithmétique (opérateur `-` unaire) est uniquement définie sur les types entiers signés, et détecte les débordements provoqués par `- @sint.min` et `- @sint64.min`.

Il existe un second opérateur de négation arithmétique (`&-`), lui aussi uniquement défini sur les types entiers signés, qui ne détecte aucun débordement : `&- @sint.min` renvoie `@sint.min` et `&- @sint64.min` renvoie `@sint64.min`.

On peut tester l'absence de débordement grâce aux *getters* `canAdd`, `canSubtract`, `canMultiply` et `canDivide`, définis pour les quatre types `@uint`, `@uint64`, `@sint` et `@sint64`. Si ces *getters* renvoient `true`, alors les opérations correspondantes s'effectueront sans débordement. Par exemple :

```
@uint a = ...
@uint b = ...
if [a canAdd !b] then
  @uint r = a + b # Pas de débordement
else
  # L'addition provoquerait un débordement
end
```

53.2.8 Accès à un champ d'une structure



Chapitre 54

Instructions sémantiques

54.1	Rôle du point-virgule « ; »	411
54.2	Instruction de déclaration de variable	412
54.3	Instruction de déclaration de constante	413
54.4	L’instruction d’affectation	415
54.5	L’instruction cast	415
54.6	L’instruction d’ajout += d’un élément à une collection	416
54.7	Affectation combinée à une opération : +=, -=, *= et /=	418
54.8	Décrémentation -- et &--	419
54.9	L’instruction drop	419
54.10	L’instruction error	420
54.11	L’appel de procédure	426
54.12	L’instruction for	426
54.13	Incrémentation ++ et &++	435
54.14	L’instruction if	435
54.15	L’instruction grammar	439
54.16	L’instruction log	441
54.17	L’instruction loop	441
54.18	L’instruction d’appel de procédure	441
54.19	L’instruction d’appel de méthode	442
54.20	L’instruction d’appel de procédure de classe	443
54.21	L’instruction d’appel de <i>setter</i>	444
54.22	L’instruction switch	445
54.23	L’instruction warning	447
54.24	L’instruction with	448

54.1 Rôle du point-virgule « ; »

Le point-virgule n’est pas un terminateur d’instruction. Il représente une instruction vide. Aussi, il peut être utilisé en nombre quelconque entre deux instructions consécutives. Ainsi, on peut écrire :

```
instruction1 instruction2
```

Ou encore :

```
instruction1 ; instruction2
```

```
instruction1 ;;; instruction2
```

54.2 Instruction de déclaration de variable

Une déclaration de variable peut citer une `expression` qui lui fournit sa valeur initiale. Dans le cas contraire, la variable est *non initialisée* jusqu'à ce qu'une valeur lui soit affectée.

Les deux formes de déclaration sont donc :

- déclaration d'une variable *non initialisée* : « `var @type variable` »;
- déclaration d'une variable *initialisée* : « `var @type variable = expression` ».

54.2.1 Déclaration «`var @type variable`»

La forme générale de déclaration d'une variable *non initialisée* est :

```
var @type variable
```

54.2.2 Déclaration «`var @type variable = expression`»

La forme générale de déclaration d'une variable *initialisée* est :

```
var @type variable = expression
```

On peut omettre le type, à la condition que l'expression puisse fournir l'information de type. Par exemple, dans l'écriture suivante :

```
var s = "Hello" # Type implicite @string
```

Prenons un autre exemple, celui de l'initialisation d'une liste :

```
var @stringlist s1 = @stringlist {}
```

Le type est annoté de façon redondante, puisqu'il apparaît à la fois dans le membre de gauche et dans l'expression; l'une des deux annotations peut être omise :

```
var s1 = @stringlist {}
```

Ou :

```
var @stringlist s1 = {}
```

Par contre, omettre les deux annotations ne permet pas de déduire le type de la variable; c'est donc une erreur détectée par le compilateur :

```
var s1 = {} # Erreur : le type est indéterminé
```

Un dernier exemple, avec un constructeur :

```
var @location s1 = @location.here
```

On peut écrire :

```
var s1 = @location.here
```

Ou :

```
var @location s1 = .here
```

Mais en aucun cas :

```
var s1 = .here # Erreur : le type est indéterminé
```

54.3 Instruction de déclaration de constante

Une déclaration de constante peut citer une `expression` qui lui fournit sa valeur initiale. Dans le cas contraire, la variable est *non initialisée* jusqu'à ce qu'une valeur lui soit affectée.

Les deux formes de déclaration sont donc :

- déclaration d'une constante *initialisée* : « `let @type constante = expression` ».
- déclaration d'une constante *non initialisée* : « `let @type constante` »;

54.3.1 Déclaration d'une constante initialisée

Le mot clé `let` caractérise une déclaration de constante. L'annotation de type peut être omis si le type peut être déduit de l'expression, comme pour l'instruction de déclaration de variable ([section 54.2.2 page 412](#)). On peut donc reprendre les exemples de la section précédente :

```
let @string s = "Hello"
```

L'expression est une chaîne de caractères, dont le type est `@string`. On peut donc omettre l'annotation de type dans l'instruction :

```
let s = "Hello"
```

Prenons un autre exemple, celui de l'initialisation d'une liste :

```
let @stringlist s1 = @stringlist {}
```

Le type est annoté de façon redondante, puisqu'il apparaît à la fois dans le membre de gauche et dans l'expression; l'une des deux annotations peut être omise :

```
let s1 = @stringlist {}
```

Ou :

```
let @stringlist s1 = {}
```

Par contre, omettre les deux annotations ne permet pas de déduire le type de la constante, c'est donc une erreur détectée par le compilateur :

```
let s1 = {} # Erreur : le type est indéterminé
```

Un dernier exemple, avec un constructeur :

```
let @location s1 = @location.here
```

On peut écrire :

```
let s1 = @location.here
```

Ou :

```
let @location s1 = .here
```

Mais en aucun cas :

```
let s1 = .here # Erreur : le type est indéterminé
```

54.3.2 Déclaration d'une constante non initialisée

Il est possible de déclarer une constante sans fournir de valeur initiale. Une seule affectation est alors permise.

```
let @string s
...
s = "Hello"
...
s = "World" # Erreur sémantique, une constante ne peut pas être modifiée
```

L'intérêt est de pouvoir initialiser la constante dans chaque branche d'une instruction sélective :

```
let @string s
if ... then
  s = "Hello 1"
else
  s = "Hello 2"
end
```

54.4 L'instruction d'affectation

L'instruction d'affectation peut prendre plusieurs formes. La plus courante est :

```
variable = expression
```

Si `variable` est une instance de structure ([chapitre 45 à partir de la page 362](#)), on peut directement en modifier un champ en utilisant l'opérateur `.` :

```
variable.champ = expression
```

Si `champ` est lui-même une structure, on peut accéder à l'un de ses champs (et ainsi de suite) :

```
variable.champ.champ1 = expression
```

54.5 L'instruction cast

L'instruction `cast` permet simplement d'exprimer de manière élégante une série de tests de conversions polymorphiques inverses. Sa syntaxe est :

```
cast expression
case conversion @T1 nom1 :
    ...
case conversion @T2 nom2 :
    ...
else
    ...
end
```

L'instruction accepte une ou plusieurs branches `case`, et zéro ou une branche `else`. `conversion` est soit `==`, soit `>=`. `nom1` et `nom2` sont des constantes dont le type est le type nommé dans la branche `case` qui la déclare, et dont la portée est limitée à cette branche `case`.

Lors de l'exécution, le type dynamique de `expression` est comparé successivement aux types (`@T1`, `@T2`) nommés dans les branches `case` ; dès que ce type dynamique est :

- exactement la classe `@T` (`conversion` est `==`),
- la classe `@T` ou de l'une de ses classes héritières (`conversion` est `>=`),
- une classe héritière de la classe `@T`, mais pas la classe `@T` (`conversion` est `>`),

alors la constante prend la valeur de `expression` et les instructions de la branche correspondante sont exécutées.

Si toutes les comparaisons échouent, la branche `else` est exécutée (si elle existe). La forme typique de cette instruction est donc :

```

cast expression
case >= @B v1 :
    ...
case >= @C v2 :
    ...
else
    message "conversion impossible"
end

```

Note : si la variable `nom1` ou `nom2` n'est pas utilisée dans la branche correspondante, une alerte est émise. Pour la supprimer, ne pas mentionner la variable en écrivant `case >= @T :`.

54.6 L'instruction d'ajout += d'un élément à une collection

L'instruction `+=` présente deux syntaxes :

- le membre de droite est une expression : `cible += expression` ; cette instruction est décrite [section 54.7 page 418](#) ;
- le membre de droite est une liste d'expressions : `cible += !expression1 ... !expressionN` ; cette instruction est décrite ci-dessous.

La `cible` est une variable ou un champ de structure.

Cette instruction s'applique aux types suivants :

- `@stringset` ([section 54.6.1 page 416](#)) ;
- `list @T` ([section 54.6.2 page 417](#)) ;
- `sortedlist @T` ([section 54.6.3 page 417](#)) ;
- `map @T` ([section 54.6.4 page 418](#)).

54.6.1 Instruction d'ajout et le type @stringset

Sous la forme `cible += expression`, l'instruction permet de concaténer d'effectuer l'union des ensembles de chaînes :

```

var strset1 = @stringset {"a", "b"} # Valeur : "a", "b"
var strset2 = @stringset {"b", "c"} # Valeur : "b", "c"
strset1 += strset2 # strset1 vaut "a", "b", "c"

```

La forme `cible += !expression1 ... !expressionN` permet d'ajouter une chaîne à l'ensemble :


```
var strset1 = @stringset {"a", "b"} # Valeur : "a", "b"
strset1 += "c" # strset1 vaut "a", "b", "c"
strset1 += "b" # strset1 vaut "a", "b", "c"
```

54.6.2 Instruction d'ajout et les listes

Sous la forme `cible += expression`, l'instruction effectue une concaténation de listes : `cible` et `expression` doivent avoir le même type `list @T`, et l' `expression` est ajoutée à la fin de la `cible`.

```
var liste1 = @stringlist {"a", "b"}
var liste2 = @stringlist {"c", "d"}
liste1 += liste2 # liste1 vaut "a" "b" "c" "d"
```

Sous la forme `cible += !expression1 ... !expressionN`, l'instruction ajoute un élément à la fin de `cible`. L'élément est défini par la liste des valeurs de ses champs.

Avec la liste :

```
list @maListe {
    @uint mProperty1
    @string mProperty2
}
```

On a :

```
var liste = @maListe {}
liste += !2 !"a" # liste vaut contient un élément 2, "a"
```

54.6.3 Instruction d'ajout et les listes triées

Sous la forme `cible += expression`, l'instruction effectue une concaténation de listes : `cible` et `expression` doivent avoir le même type `sortedlist @T`, et chaque élément de `expression` est ajouté à la `cible` en respectant l'ordre de tri.

Avec la liste triée :

```
sortedlist @maListeTrie {
    @uint mProperty1
    @string mProperty2
}{
    mProperty1 <
}
```

```
var liste1 = @maListeTriee {!3 !"a", !1 !"c"} # Valeur : (1, "c"), (3, "a")
var liste2 = @maListeTriee {!4 !"d", !2 !"b"} # Valeur : (2, "b"), (4, "d")
liste1 += liste2 # liste1 vaut (1, "c"), (2, "b"), (3, "a"), (4, "d")
```

Sous la forme `cible += !expression1 ... !expressionN`, l'instruction ajoute un élément à la fin de `cible`. L'élément est défini par la liste des valeurs de ses champs.

On a :

```
var liste = @maListeTrie {}
liste += !2 !"a" # Valeur : (2, "a")
liste += !1 !"b" # Valeur : (1, "b"), (2, "a")
liste += !3 !"c" # Valeur : (1, "b"), (2, "a"), (3, "c")
```

54.6.4 Instruction d'ajout et les tables

La forme `cible += expression` n'est pas prise en charge.

Sous la forme `cible += !expression1 ... !expressionN`, l'instruction ajoute un élément à la table `cible`. L'élément est défini par la clé et suivie de la liste des valeurs de ses champs.

Avec la table :

```
map @maTable {
  @uint mProperty1
  @string mProperty2
}
```

on a :

```
var table = @maTable {}
@lstring clef = ...
table += !clef !2 !"a"
```

54.7 Affectation combinée à une opération : +=, -=, *= et /=

L'instruction `+=` présente deux syntaxes :

- le membre de droite est une expression : `cible += expression` ; cette instruction est décrite ci-dessous ;
- le membre de droite est une liste d'expressions : `cible += !expression1 ... !expressionN` ; cette instruction est décrite [section 54.6 page 416](#).

La `cible` est une variable ou un champ de structure.

Les instructions `+=`, `-=`, `*=`, `/=` s'appliquent :

- aux types entiers `@sint` ([section 28.3.3 page 240](#)), `@sint64` ([section 29.3.3 page 246](#)), `@uint` ([section 34.4.3 page 291](#)) et `@uint64` ([section 35.3.3 page 299](#));
- au type flottant `@double` ([section 23.3.3 page 226](#)).

L'instruction `+=` s'applique aussi au type `@string` (section 54.7.1 page 419).

D'une manière générale, $x \text{ op} = y$ est équivalent à $x = x \text{ op } y$.

54.7.1 Instruction += et le type @string

Sous la forme `cible += expression`, l'instruction permet de concaténer des chaînes de caractères :

```
var s = "abc"
s += "def" # s vaut "abcdef"
```

54.8 Décrémentement -- et &--

L'instruction de décrémentement s'applique aux types `@sint` (page 237), `@sint64` (page 243), `@uint` (page 286), `@uint64` (page 294) et `@bigint` (page 164); sa syntaxe est la suivante :

```
variable --
```

Les champs de structure peuvent être décrémentés :

```
variable.champ --
```

Ainsi qu'une propriété de l'objet courant :

```
self.champ --
```

Une erreur d'exécution est déclenchée en cas de dépassement de capacité.

L'opérateur `&--` effectue une décrémentement sans déclencher d'erreur en cas de dépassement de capacité :

```
variable &--
```

Les champs de structure peuvent être décrémentés sans déclencher d'erreur en cas de dépassement de capacité :

```
variable.champ &--
```

54.9 L'instruction drop

La syntaxe de l'instruction `drop` est la suivante :

```
drop variable, ...
```

Chaque variable nommée est placée dans l'état *non construit*.

54.10 L’instruction `error`

L’instruction `error` permet de signaler une erreur à l’utilisateur. Elle est constituée de trois champs séparés par un double-point (`:`) :

```
error localisation : message_erreur : variable1, ..., variableN
```

Le champ `localisation` signale à l’utilisateur la position de l’erreur dans le texte source. C’est donc une expression de type `@location`, ou d’un type possédant un *getter* sans argument nommé `location` et renvoyant un objet de type `@location` : c’est le cas des types prédéfinis `@luint`, `@luint64`, `@lsint`, `@lsint64`, `@lbigint`, `@lbool`, `@lchar` et `@lstring`.

Le `message_erreur` est le message affiché à l’utilisateur : c’est donc une expression de type `@string`.

Le troisième champ liste les variables `variable1`, ..., `variableN` qui sont détruites du fait de l’erreur (section 54.10.1 page 420).

Il y a un quatrième champ, optionnel, qui permet de transmettre à l’utilisateur des suggestions de corrections : il commence par le mot réservé `fixit` et est décrit à la section 54.10.2 page 421.

Si il n’y a pas de variable à citer, l’instruction s’écrit :

```
error localisation : message_erreur
```

Par exemple :

```
$identifiant$ ?@lstring nom
...
error nom.location : message_erreur
```

Comme `nom` est de type `lstring` (voir ci-dessus), on peut simplement écrire :

```
$identifiant$ ?@lstring nom
...
error nom : message_erreur
```

54.10.1 Liste de variables détruites

Lister des variables qui ne peuvent pas être construites est indispensable dans certains cas. Examinons le code suivant (qui ne compile pas) :

```
$identifiant$ ?@lstring nom
@unType résultat
if ok then
    résultat = ...
else
    error nom : message_erreur
```

```
end # Erreur : 'résultat' est valué par une branche
```

En effet, une des branches du `if` donne une valeur à `résultat`, et l'autre pas. Or, en cas d'erreur, on veut que `résultat` ne soit pas valué à l'exécution. On écrit alors le texte suivant (qui compile) :

```
$identifier$ ?@lstring nom
@unType résultat
if ok then
    résultat = ...
else
    error nom : message_erreur : résultat
end
```

Mentionner `résultat` à la fin de l'instruction `error` permet de faire croire au compilateur que `résultat` est valué.

54.10.2 Clause fixit

La clause `fixit` est optionnelle et permet de transmettre à l'utilisateur des suggestions de corrections : il peut apparaître à la fin d'une instruction `error` et d'une instruction `warning` (section 54.23 page 447).

Si vous utilisez l'application Cocoa engendrée par GALGAS, la liste des suggestions apparaît au début du menu contextuel `cmd-clic` : il suffit donc d'effectuer un `cmd-clic` sur un token souligné par un trait rouge (qui signale une erreur) ou orange (une alerte) pour voir apparaître la liste des suggestions. Les suggestions concernent le token désigné par l'expression `localisation` de l'erreur ou de l'alerte.

Sa syntaxe est la suivante :

```
fixit {
    remove
    replace expression
    after expression
    before expression
}
```

La clause `fixit` contient une séquence de suggestions ; il existe quatre types de suggestions :

- `remove`, qui suggère d'éliminer le token désigné ;
- `replace`, qui suggère de remplacer le token désigné par l' `expression` indiquée ;
- `after`, qui suggère d'insérer l' `expression` indiquée après le token désigné ;
- `before`, qui suggère d'insérer l' `expression` indiquée avant le token désigné.

Quatre types sont acceptés pour l' `expression` :

- `@string`, l'expression représente une suggestion unique ;

- `@stringlist`, l'expression représente une liste de suggestions, qui seront présentées à l'utilisateur dans l'ordre de la liste;
- `@lstringlist`, l'expression représente une liste de suggestions, qui seront présentées à l'utilisateur dans l'ordre de la liste (les informations de localisation sont ignorées);
- `@stringset`, l'expression représente une liste de suggestions, qui seront présentées à l'utilisateur dans l'ordre alphabétique des chaînes.

Ainsi, on peut écrire (et de même avec `after` et `before`) :

```
fixit { replace "toto" } # Suggère de remplacer le token par toto
fixit { replace "toto" replace "tata" } # Deux suggestions
fixit { replace @stringlist {"toto" "tata"} } # Identique au précédent
fixit { replace {"toto" "tata"} } # Le type @stringlist est inféré
```

L'expression n'est pas limitée aux constructions statiques, mais accepte des expressions calculées à l'exécution : la liste des suggestions peut donc être calculée dynamiquement.

La clause `fixit` contient une séquence de suggestions, qui peut être vide. Une séquence peut contenir plusieurs suggestions `replace`, `after`, `before` ; par contre, la suggestion `remove` ne peut apparaître qu'au plus une fois. Les suggestions sont présentées à l'utilisateur dans l'ordre où elles apparaissent dans la clause `fixit`. Il est parfaitement légal d'écrire par exemple :

```
fixit {
  replace "toto"
  after "tata"
  before "tutu"
  replace "titi"
  remove
}
```

La suite présente plusieurs exemples :

- un premier exemple `remove` sur un identificateur (section 54.10.2.1 page 422);
- un exemple `remove` sur un mot réservé (section 54.10.2.2 page 423);
- un exemple `replace` (section 54.10.2.3 page 424);
- un second exemple `replace`, qui met en évidence un piège qui existe avec des chaînes de caractères (section 54.10.2.4 page 425).

L'utilisation de `before` et de `after` est analogue à celui de `replace` : on se reportera aux exemples `replace` pour ceux-ci.

54.10.2.1 Premier exemple `fixit remove`

Supposons que votre langage contient une règle de production où un identificateur apparaît :

```
rule <règle> ... {
  ...
  $identifiant$ ?let idf
  ...
}
```

Le langage change, l'identificateur n'est plus utile; sans utiliser la clause **fixit**, on écrit alors :

```
rule <règle> ... {
  ...
  select
    $identifiant$ ?let idf
    warning idf : "the identifier is no longer needed: remove it"
  or
  end
  ...
}
```

Et en utilisant la clause **fixit** :

```
rule <règle> ... {
  ...
  select
    $identifiant$ ?let idf
    warning idf : "the identifier is no longer needed" fixit { remove }
  or
  end
  ...
}
```

Dans l'application Cocoa, le menu contextuel activé sur l'identificateur présentera la suggestion de supprimer l'identificateur.

54.10.2.2 Second exemple fixit remove

Reprenons l'exemple précédent, mais en considérant que c'est un mot réservé qui devient inutile; on écrit :

```
rule <règle> ... {
  ...
  select
    $mot-réservé$
    warning .here : "this keyword is no longer needed" fixit { remove }
  or
  ...
}
```

```

end
...
}

```

La différence est que l'on ne dispose pas d'une localisation explicite de l'alerte : on est obligé d'utiliser le *constructeur here du type @Location – page 229* ou le *constructeur next du type @Location – page 229*. Utiliser à bon escient ces constructeurs est indispensable pour bien localiser le signalement.

Dans l'exemple ci-dessus, on utilise `here`, qui désigne le token qui précède, c'est-à-dire `$mot-réservé$`. On peut utiliser `next`, qui désigne le token suivant, en écrivant :

```

rule <règle> ... {
  ...
  select
    let loc = @location.next
    $mot-réservé$
    warning loc : "this keyword is no longer needed" fixit { remove }
  or
  end
  ...
}

```

54.10.2.3 Exemple fixit replace

Supposons qu'un identificateur ne puisse prendre qu'un ensemble de valeurs possibles. C'est le rôle des écritures sémantiques de vérifier que la valeur est l'une de celles autorisées.

Ainsi, la règle syntaxique peut être :

```

rule <règle> ... {
  ...
  $identifiant$ ?let valeurÀVérifier
  ...
}

```

Maintenant, la sémantique. Sans clause `fixit`, elle a l'allure suivante :

```

let @stringset valeursPossibles = ...
if [valeursPossibles hasKey !valeurÀVérifier] then
  ...
else
  error valeurÀVérifier : "valeur invalide"
end
}

```


On pourrait améliorer le message d'erreur ci-dessus en ajoutant la liste des valeurs possibles. Ajouter une clause `fixit replace` permet de le faire très simplement. Après le mot réservé `replace` est attendue une expression de type `@string` ou `@stringlist`, or la variable `valeursPossibles` est du type `@stringset` : on utilise donc le getter *getter stringList du type @stringset (page 279)*. D'où :

```
let @stringset valeursPossibles = ...
if [valeursPossibles hasKey !valeurÀVérifier] then
  ...
else
  error valeurÀVérifier : "valeur invalide" fixit {
    replace [valeursPossibles stringList]
  }
end
}
```

54.10.2.4 Exemple fixit replace, chaîne de caractères

Reprenons l'exemple précédent, mais en supposant `valeurÀVérifier` est obtenue à partir d'une chaîne de caractères.

```
rule <règle> ... {
  ...
  $literal_string$ ?let valeurÀVérifier
  ...
}
```

On pourrait que le fait que le terminal soit une chaîne plutôt qu'un identificateur ne change rien. Mais lorsque le terminal est une chaîne, la valeur `valeurÀVérifier` ne contient pas les « " » qui délimitent la constante chaîne de caractères. Si l'on fait le remplacement tel quel, les valeurs suggérées n'ont pas ces délimiteurs : lors du remplacement, ils sont perdus. Aussi, il faut explicitement les rajouter avant de soumettre les suggestions :

```
let @stringset valeursPossibles = ...
if [valeursPossibles hasKey !valeurÀVérifier] then
  ...
else
  @stringlist suggestions = {}
  for (s) in valeursPossibles do
    suggestions += !"\" + s + "\""
  end
  error valeurÀVérifier : "valeur invalide" fixit {
    replace suggestions
  }
end
}
```

```
}
```

54.11 L'appel de procédure

Cette instruction permet d'exécuter une procédure. Si par exemple celle-ci est définie par :

```
proc maRoutine !@uint a ?!@string b {
    ...
}
```

L'instruction d'appel de cette routine est (il y a plusieurs variantes possibles pour le premier paramètre qui est en entrée) :

```
@string x = ...
maRoutine (?@uint y !?x)
```

Note : les parenthèses sont obligatoires, même si il n'y a aucun argument.

La correspondance entre arguments formels et paramètres effectifs est décrite à la [section 48.1 page 375](#).

54.12 L'instruction for

L'instruction `for` permet d'énumérer :

- une collection;
- plusieurs collections de manière synchrone.

Pour énumérer une collection, la syntaxe est la suivante :

```
for enumeration_collection
while condition # Optionnel
before instructions_before # Optionnel
do
    (nom_index) # Optionnel
    instructions_do
between instructions_between # Optionnel
after instructions_after # Optionnel
end
```

Énumérer plusieurs collections s'exprime en séparant les différentes énumérations par une virgule :

```
for enumeration_collection1, enumeration_collection2, ...
while condition # Optionnel
before instructions_before # Optionnel
do
    (nom_index) # Optionnel
```

Énumération	Signification
<code>sens () in expression</code>	Utilisation de constantes définies implicitement qui représentent les champs de l'élément courant (section 54.12.3 page 427).
<code>sens () prefixe in expression</code>	Utilisation de constantes préfixées définies implicitement qui représentent les champs de l'élément courant (section 54.12.4 page 429).
<code>sens cst in expression</code>	Déclaration d'une constante représentant l'élément courant (section 54.12.5 page 430).
<code>sens (cst1 cst2 ...) in expression</code>	Déclaration de constantes représentant les champs de l'élément courant (section 54.12.6 page 431).

Tableau 54.1 – Les quatre formes d'énumération de l'instruction for

Type	Ordre d'énumération
<code>@data</code>	Ordre croissant des indices
<code>dict @T</code>	Ordre alphabétique des clés
<code>list @T</code>	Ordre croissant des indices
<code>map @T</code>	Ordre alphabétique des clés
<code>listmap @T</code>	Ordre alphabétique des clés
<code>sortedlist @T</code>	Ordre du tri
<code>@stringset</code>	Ordre alphabétique

Tableau 54.2 – Types énumérables par l'instruction for

```
instructions_do
between instructions_between # Optionnel
after instructions_after # Optionnel
end
```

54.12.1 Les quatre formes d'une énumération

Le [tableau 54.1](#) liste les quatre façons d'exprimer l'énumération `enumeration_collection`.

54.12.2 Types énumérables et ordre d'énumération

Les types pouvant être énumérés sont listés dans le [tableau 54.2](#), ainsi que leur ordre d'énumération par défaut. Si le champ `sens` est vide, c'est l'ordre par défaut qui est adopté. Utiliser `>` fixe le sens inverse.

54.12.3 Énumération «() in expression»

Des constantes correspondants à chaque champ de l'élément courant sont implicitement déclarées ([tableau 54.3](#)).

Voici quelques exemples :

Type	Constantes implicitement déclarées
<code>@data</code>	<code>data</code> , de type <code>@uint</code>
<code>dict @T</code>	<code>key</code> représente la clé, et à chaque champ de la table, correspond une constante de même nom.
<code>list @T</code>	À chaque champ de la liste, correspond une constante de même nom.
<code>map @T</code>	<code>lkey</code> , de type <code>@lstring</code> , qui représente la clé, et à chaque champ de la table, correspond une constante de même nom.
<code>listmap @T</code>	<code>key</code> , de type <code>@string</code> , qui représente la clé, et <code>mList</code> , qui représente la liste associée.
<code>sortedlist @T</code>	À chaque champ de la liste, correspond une constante de même nom.
<code>@stringset</code>	<code>key</code> , de type <code>@string</code>

Tableau 54.3 – Constantes implicitement déclarées par «`() in expression`»

```
@data d = ...
for () in d do
  log data
end
```

```
@stringset v = ...
for () in v do
  log key # Affichage des clés dans l'ordre alphabétique
end
```

Avec la liste :

```
list @maListe {
  @uint mProperty1
  @string mProperty2
}
```

On peut écrire :

```
@maListe lst = ...
for () in lst do
  log mProperty1, mProperty2
end
```

Avec la table :

```
map @maTable {
  @uint mProperty1
  @string mProperty2
}
```

On peut écrire :

```
@maTable tab = ...
for () in tab do
    log lkey, mProperty1, mProperty2
end
```

54.12.4 Énumération «() prefix in expression»

Cette écriture est une extension de celle de la section précédente : `prefix` est utilisé pour préfixer le nom des constantes implicitement déclarées. En reprenant les exemples de la section précédente :

```
@data d = ...
for () xyz_ in d do
    log xyz_data
end
```

```
@stringset v = ...
for () pre in v do
    log prekey # Affichage des clés dans l'ordre alphabétique
end
```

```
@maListe lst = ...
for () lst in lst do
    log lstmProperty1, lstmProperty2
end
```

```
@maTable tab = ...
for () tb_ in tab do
    log tb_lkey, tb_mProperty1, tb_mProperty2
end
```

Utiliser un préfixe permet de lever les collisions des noms des constantes implicites quand on énumère des collections ayant des champs de même nom :

```
@maListe v1 = ...
@maListe v2 = ...
for () in v1, () in v2 do # Erreur !
    ...
end
```

Le compilateur GALGAS déclenche une erreur, car il y a ambiguïté sur la signification de `mProperty1` et de `mProperty2` à l'intérieur de la boucle : désigne-t-elle l'élément courant de `v1` ou l'élément courant de `v2` ?

Pour lever l'ambiguïté, on complète l'instruction en précisant un préfixe pour l'une des deux listes (par exemple la seconde) :

Type de expression	Type implicite de la constante cst
@data	@uint
dict @T	@T-element
list @T	@T-element
map @T	@T-element
listmap @T	@T-element
sortedlist @T	@T-element
@stringset	@string

Tableau 54.4 – Type de la constante dans «cst in expression»

```
@maListe v1 = ...
@maListe v2 = ...
for () in v1, () l2_ in v2 do
  log mProperty1 # Désigne sans ambiguïté le champ de la première liste
  log l2_mProperty1 # Désigne sans ambiguïté le champ de la seconde liste
end
```

54.12.5 Énumération «cst in expression»

Dans cette forme, une seule constante est déclarée (cst), et son type est donné par le [tableau 54.4](#). Le type @T-element est implicitement déclaré avec la déclaration de la collection correspondante (liste, table), et est une structure : on accède donc à ses champs par l'opérateur . .

En reprenant les exemples de la [section 54.12.3 page 427](#) :

```
@data d = ...
for v in d do
  log v
end
```

```
@stringset v = ...
for s in v do
  log s
end
```

```
@maListe lst = ...
for x in lst do
  log x.mProperty1, x.mProperty2
end
```

```
@maTable tab = ...
for entry in tab do
  log entry.lkey, entry.mProperty1, entry.mProperty2
```

```
end
```

54.12.5.1 Type explicite

On peut annoter le nom de la constante en la faisant précéder par un nom de type. Le compilateur GALGAS vérifie alors l'identité entre le type explicitement déclaré, et le type implicitement déduit du type de l'expression énumérée. Il est possible de déclarer explicitement le type de la constante en écrivant l'énumération sous la forme :

```
@unType cst in expression
```

Les exemples précédents deviennent alors :

```
@data d = ...
for @uint v in d do
    log v
end
```

```
@stringset v = ...
for @string s in v do
    log s
end
```

```
@maListe lst = ...
for @maListe-element x in lst do
    log x.mProperty1, x.mProperty2
end
```

```
@maListe tab = ...
for @maListe-element entry in tab do
    log entry.lkey, entry.mProperty1, entry.mProperty2
end
```

54.12.6 Énumération «(cst1 cst2 ...) in expression»

Le [tableau 54.5](#) liste pour chaque type le nombre et la signification des constantes qui doivent être déclarées.

Prenons comme exemple le type liste suivant :

```
list @maListe {
    @uint mProperty1
    @string mProperty2
    @char mProperty3
```

Type	Constantes à déclarer
<code>@data</code>	<i>Ce type n'est pas pris en charge par cette forme.</i>
<code>dict @T</code>	Une constante de type de la clé, suivi d'une constante pour chaque champ de la table, dans l'ordre de déclaration.
<code>list @T</code>	Une constante pour chaque champ, dans l'ordre de déclaration.
<code>map @T</code>	Une constante de type <code>@lstring</code> , qui représente la clé, suivi d'une constante pour chaque champ de la table, dans l'ordre de déclaration.
<code>listmap @T</code>	Une constante de type <code>@string</code> , qui représente la clé, et une constante qui représente la liste associée.
<code>sortedlist @T</code>	Une constante pour chaque champ, dans l'ordre de déclaration.
<code>@stringset</code>	<i>Ce type n'est pas pris en charge par cette forme.</i>

Tableau 54.5 – Constantes à déclarer pour «(cst1 cst2 ...) in expression»

```
@bool mProperty4
}
```

L'énumération s'écrit :

```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !'b' !false}
for (p1 p2 p3 p4) in uneListe do
  log p1, p2, p3, p4
end
```

Plusieurs variantes sont possibles, et sont décrites ci-après.

54.12.6.1 Type explicite

Il est possible d'annoter chaque constante en précisant son type.

```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !'b' !false}
for (@uint p1 @string p2 @char p3 @bool p4) in uneListe do
  log p1, p2, p3, p4
end
```

Le compilateur vérifie alors que le type cité est égal au type déduit du type de l'expression énumérée.

```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !'b' !false}
for (@uint p1 @string p2 @char p3 @bool p4) in uneListe do
  log p1, p2, p3, p4
end
```

54.12.6.2 Joker

Si certaines constantes ne sont pas utiles, on peut les remplacer par un joker (*). Le nom du type ne doit alors pas figurer.


```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !"b" !false}
for (@uint p1 * * @bool p4) in uneListe do
  log p1, p4
end
```

Plusieurs jokers peuvent être rassemblés en mentionnant leur nombre d'occurrences.

```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !"b" !false}
for (@uint p1 2* @bool p4) in uneListe do
  log p1, p4
end
```

54.12.6.3 Points de suspension

Trois points consécutifs (`...`) peuvent être utilisés pour signifier que les dernières constantes ne sont pas utiles.

```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !"b" !false}
for (@uint p1 ...) in uneListe do
  log p1
end
```

Et si aucune constante n'est utile, on écrit :

```
@maListe uneListe = {!1 !"a" !"b" !false}
for (...) in uneListe do

end
```

54.12.7 Organigramme d'exécution

L'organigramme illustrant l'exécution de l'instruction `for` est donné à la [figure 54.1](#). Si plusieurs collections sont énumérées, l'instruction se termine dès que la collection la moins nombreuse est complètement énumérée.

54.12.8 Champs optionnels

Plusieurs champs de l'instruction `for` sont optionnels.

`sens` . Ce champ peut prendre trois valeurs, et fixe l'ordre dans lequel les éléments sont énumérés :

- si le champ est vide, dans l'ordre indiqué par le [tableau 54.2](#) ;
- `>` , dans l'ordre inverse à celui indiqué par le [tableau 54.2](#).

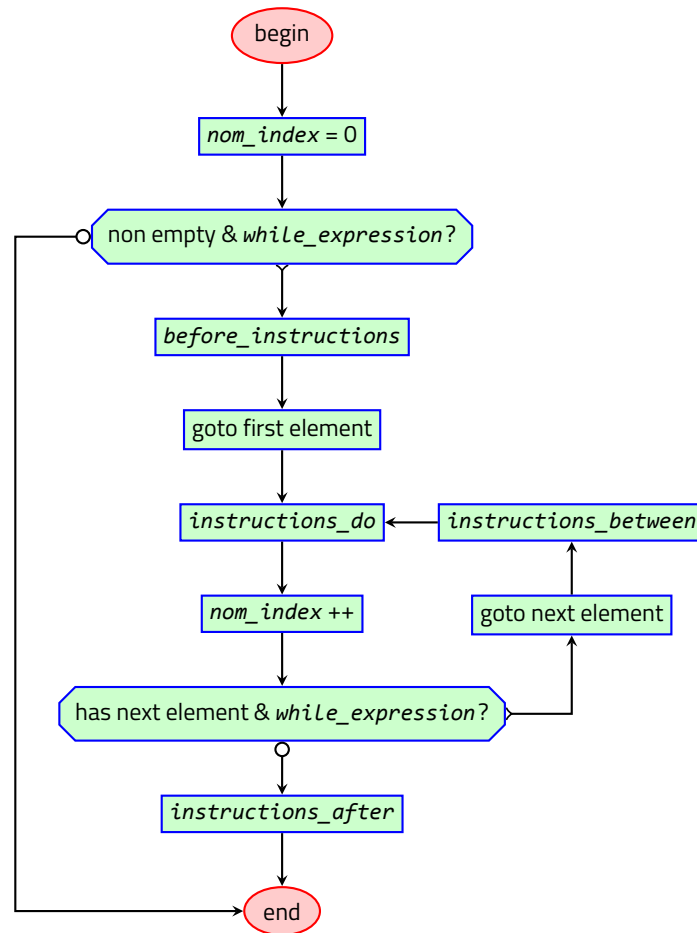


Figure 54.1 – Organigramme d'exécution d'une instruction *for*

(*nom_index*) . Vous pouvez mentionner un identificateur entre parenthèses après le mot réservé **do** . Cet identificateur est le nom d'une constante qui a implicitement le type `@uint` et qui est initialisée à 0 avant toute exécution de la boucle, et incrémentée après chaque exécution des `instructions_do` , et avant l'exécution des `instructions_between` . Sa visibilité est la branche **do** .

while *expression* . L'énumération est exécutée tant que l' *expression* est vraie. L'absence de cette construction est équivalent à **while true** et permet d'énumérer toutes les valeurs.

before *instructions_before* . Ces instructions sont exécutées une seule fois, au début de l'exécution de l'instruction. Aucun accès aux objets énumérés n'est possible. Si l'énumération est vide, ces instructions ne sont pas exécutées.

between *instructions_between* . Ces instructions sont exécutées entre deux exécutions consécutives des `instructions_do` . Aucun accès aux objets énumérés n'est possible.

after *instructions_after* . Ces instructions sont exécutées une seule fois, à la fin de l'exécution de l'instruction. Aucun accès aux objets énumérés n'est possible. Si l'énumération est vide, ces instructions ne sont pas exécutées.

54.12.9 Modification de la collection

Au début de l'exécution de l'instruction `for`, les valeurs des collections énumérées sont capturées et mémorisées. L'énumération s'effectue sur ces valeurs mémorisées. Aussi, il est possible de modifier la collection en cours d'énumération sans que cela affecte l'exécution :

```
@stringlist v = {"A", "B", "C"}
log v # "A", "B", "C"
for s in v do
  v += !s
end for
log v # "A", "B", "C", "A", "B", "C"
```

54.13 Incrémentation ++ et &++

L'instruction d'incrémentation s'applique aux types `@sint` (page 237), `@sint64` (page 243), `@uint` (page 286) et `uint64` ; sa syntaxe est la suivante :

```
variable ++
```

Les champs de structure peuvent être incrémentés :

```
variable.champ ++
```

Ainsi qu'une propriété de l'objet courant :

```
self.champ ++
```

Une erreur d'exécution est déclenchée en cas de dépassement de capacité.

L'opérateur `&++` effectue une incrémentation sans déclencher d'erreur en cas de dépassement de capacité :

```
variable &++
```

Les champs de structure peuvent être incrémentés sans déclencher d'erreur en cas de dépassement de capacité :

```
variable.champ &++
```

54.14 L'instruction if

Dans sa forme la plus générale, l'instruction `if` a la syntaxe suivante :

```
if condition then
  instructions
elsif condition2 then
  instructions2
...
else
  instructions_else
end
```

Plus précisément, elle contient :

- zéro, une ou plusieurs branches `elsif` ;
- zéro ou une branche `else` .

Aucune branche `else` est équivalent à une branche `else` sans aucune instruction.

Les branches `elsif` sont simplement du sucre syntaxique : il est sémantiquement équivalent d'utiliser des instructions `if` imbriquées. Par exemple :

```
if condition then
  instructions
elsif condition2 then
  instructions2
else
  instructions_else
end
```

est équivalent à :

```
if condition then
  instructions
else
  if condition2 then
    instructions2
  else
    instructions_else
  end
end
```

Le langage permet plusieurs aux conditions notées `condition` et `condition2` dans les exemples ci-dessus :

- soit une simple expression ;
- soit une affectation conditionnelle ;
- soit une liste de simples expressions et d'affectations conditionnelles.

54.14.1 Simple expression

Le langage permet que le type des `condition` et `condition2` soit différent du type `@bool` (page 205), sous certaines conditions. La règle complète est que le type des `condition` et `condition2` est :

- soit le type `@bool` ;
- soit un type *structure*, possédant une propriété nommée `bool` , dont le type est `@bool` ;
- soit un type possédant un *getter* sans argument nommé `bool` et renvoyant une valeur de type `@bool` .

Voici un exemple illustrant le deuxième cas ; le type `@bool` (page 205) est une structure possédant une propriété nommée `bool` , dont le type est `@bool` . Aussi, écrire :

```
@lbool variable = ...
if variable then
  instructions
else
  else_instructions
end
```

est équivalent à :

```
@lbool variable = ...
if variable.bool then
  instructions
else
  else_instructions
end
```

Pour illustrer le troisième cas, on prend l'exemple de la classe suivante :

```
class @myClass { ... }

getter @myClass bool -> @bool outResult { ... }
```

Ainsi, on peut écrire :

```
@myClass myObject = ...
if myObject then
  instructions
else
  else_instructions
end
```

Il est équivalent d'écrire :

```
@myClass myObject = ...
if [myObject bool] then
  instructions
else
  else_instructions
end
```

54.14.2 L'affectation conditionnelle

L'affectation conditionnelle a la syntaxe suivante :

```
if let cible = expression as @T then
  then_instructions # cible est défini, du type @T
else
  else_instructions # cible n'est pas défini
end
```

Si l' `expression` est de type `@T`, alors la condition est vraie et les `then_instructions` sont exécutées. La constante `cible` est définie dans ces instructions, elle a pour type `@T` et pour valeur celle de l' `expression`.

Si l' `expression` n'est pas de type `@T`, alors la condition est fausse et les `else_instructions` sont exécutées. La constante `cible` n'est pas définie dans ces instructions.

L'affectation conditionnelle permet de faire une affectation polymorphe inverse de manière propre, sans utiliser l' *expression de conversion polymorphe inverse* (`expression as @T`, [section 53.1.3 page 402](#)).

54.14.3 Liste de simples expressions et d'affectations conditionnelles

La condition d'une instruction `if` peut être une liste simples expressions et d'affectations conditionnelles, le séparateur étant la virgule `,`. L'évaluation s'effectue de gauche à droite, sous la forme d'un court-circuit :

- dès qu'une condition ou affectation conditionnelle n'est pas vraie (c'est-à-dire fausse ou non construite), les éléments suivants ne sont pas évalués et la condition est fausse ;
- la condition est vraie si les évaluations de gauche à droite de toutes les simples expressions et affectations conditionnelles sont vraies.

Le résultat d'une affectation conditionnelle peut être utilisé dans les éléments suivants :

```
if let cible = exp as @T, let cible2 = [cible unGetter] as @U then
  then_instructions # cible et cible2 sont définis
else
  else_instructions # Ni cible ni cible2 ne sont définis
end
```

54.15 L'instruction grammar

L'instruction `grammar` permet d'exécuter l'analyse d'un texte par une grammaire. Le texte peut être contenu :

- dans un fichier ([section 54.15.1 page 439](#));
- dans une chaîne de caractères ([section 54.15.2 page 440](#)).

54.15.1 Texte source dans un fichier

```
grammar
  nom_grammaire
  label_grammaire # Optionnel
  (liste_parametres)
  in expression # Chemin du fichier source
  traduction_dirigee_par_la_syntaxe # Optionnel
```

Le mot réservé `in` caractérise la localisation de la chaîne source dans un fichier.

- `nom_grammaire` est un identificateur nommant la grammaire, c'est le nom d'un composant grammaire du projet;
- `label_grammaire` est optionnel, et permet d'exécuter une variante des règles de production (voir [section 11.2 page 141](#));
- `liste_parametres` est une liste de paramètres effectifs (en entrée, sortie, ou sortie/entrée), en accord avec la liste des arguments formels de l'axiome de la grammaire;
- `expression` est une valeur de type `@lstring`, dont le champ `string` désigne un fichier source, par un chemin relatif ou absolu, et dont le champ `location` est la position de signalement d'erreur si le fichier source ne peut pas être lu;
- `traduction_dirigee_par_la_syntaxe` est optionnel, et permet d'obtenir la chaîne source traduite lors d'une *traduction dirigée par la syntaxe* (voir [section 7.3 page 93](#)).

Prenons l'exemple d'un composant grammaire :

```
grammar maGrammaire "SLR" {
  syntax ...
  <start_symbol> (?!@declarationAST ioDeclarations)
}
```

L'instruction grammaire s'écrit alors :

```
grammar maGrammaire (!?ioDeclarations) in fichierSource
```

Cette instruction est typiquement utilisé dans une règle d'analyse de fichier source ([chapitre 14 à partir de la page 146](#)) :

```

case . "monExtension"
message "un fichier source"
grammar maGrammaire
?sourceFilePath: @lstring inSourceFile {
    var declaration = @declarationList {}
    grammar maGrammaire (!?ioDeclarations) in inSourceFile
    ...
}

```

54.15.2 Texte source dans une chaîne de caractères

```

grammar
    nom_grammaire
    label_grammaire # Optionnel
    (liste_parametres)
    on chaine_source : nom_associe
    traduction_dirigee_par_la_syntaxe # Optionnel

```

Le mot réservé **on** caractérise la localisation de la chaîne source dans une chaîne de caractères.

- `nom_grammaire` est un identificateur nommant la grammaire, c'est le nom d'un composant grammaire du projet;
- `label_grammaire` est optionnel, et permet d'exécuter une variante des règles de production (voir [section 11.2 page 141](#));
- `liste_parametres` est une liste de paramètres effectifs (en entrée, sortie, ou sortie/entrée), en accord avec la liste des arguments formels de l'axiome de la grammaire;
- `chaine_source` est une expression de type `@string`, qui contient directement la chaîne source à analyser;
- `nom_associe` est une expression de type `@string`, qui est utilisé lorsque `@location.here` est appelé: `[@location.here file]` renvoie la valeur transmise dans `nom_associe` ;
- `traduction_dirigee_par_la_syntaxe` est optionnel, et permet d'obtenir la chaîne source traduite lors d'une *traduction dirigée par la syntaxe* (voir [section 7.3 page 93](#)).

La chaîne `nom_associe` sert lorsque qu'une erreur est détectée lors de l'analyse de `chaine_source`. On a alors un message d'erreur dont la première ligne est :

```
nom_associe:ligne:colonne:
```

Ce message est alors similaire au message que l'on obtient lors que l'on analyse un fichier, où le message dont la première ligne est :

```
nom_fichier_source:ligne:colonne:
```


54.16 L'instruction log

L'instruction `log` permet d'afficher le détail de la valeur d'une variable, d'une constante ou d'une expression :

- pour une variable ou une constante, `log nom ;`
- pour une expression, `log "message" : expression ;`

Par exemple :

```
let x = 2
log x # Affiche LOGGING x: <@uint:2>
log "valeur" : x * 2 # Affiche LOGGING valeur: <@uint:4>
```

Plusieurs variables ou constantes peuvent être affichées par une même instruction `log`, en les séparant par une virgule :

```
let x = 2
log x, "valeur" : x * 2
```

54.17 L'instruction loop

L'instruction `loop` a la syntaxe suivante :

```
loop (variant_expression)
  instructions_1
while expression do
  instructions_2
end
```

Les `instructions_1` et `instructions_2` sont des listes d'instructions qui peuvent être vides.

Le `variant_expression` est une expression de type `@uint` qui assure que la boucle n'est pas sans fin : elle est calculée au début de l'exécution de l'instruction, et décrémentée après chaque itération. Si sa valeur atteint zéro, une erreur d'exécution est déclenchée.

L' `expression` est une expression de type `@bool` qui exprime la continuation de l'exécution de la boucle.

L'exécution de l'instruction `loop` est illustrée par l'organigramme de la [figure 54.2 page 442](#).

54.18 L'instruction d'appel de procédure

La syntaxe de l'appel d'une procédure est :

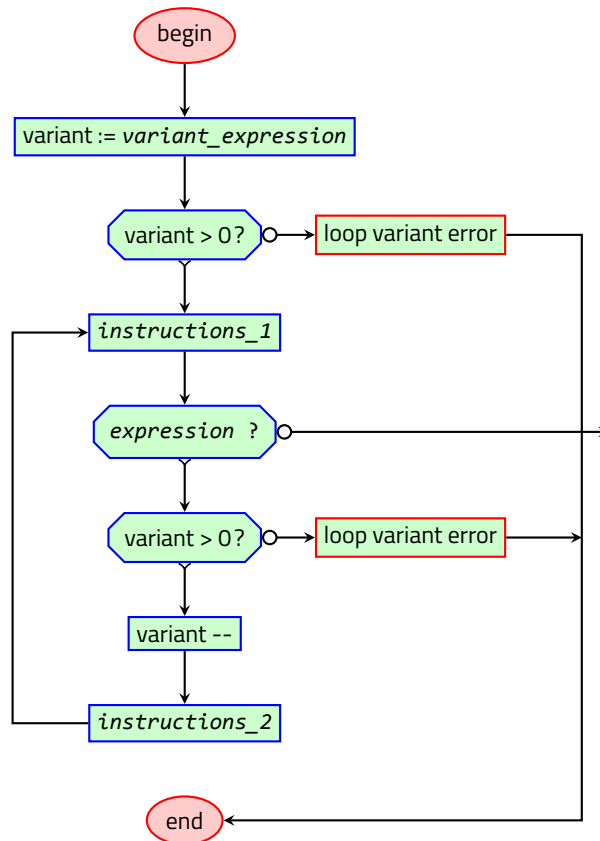


Figure 54.2 – Organigramme d'exécution d'une instruction Loop

```
nom_procedure (liste_parametres_effectifs)
```

Les parenthèses sont obligatoires. La déclaration d'un procédure est présentée à la [section 49.2 page 381](#).

`nom_procedure` est le nom de la procédure, et `liste_parametres_effectifs` est la liste des paramètres effectifs de l'appel, en accord avec l'en-tête de la procédure.

Par exemple, la procedure suivante :

```
proc produit ?@uint a ?@uint b !@uint resultat {
    resultat = a * b
}
```

Peut être appelée par :

```
produit (!2 !3 ?@uint resultat)
```

54.19 L'instruction d'appel de méthode

En GALGAS, une *méthode* est un sous-programme qui s'applique à un objet, et qui ne modifie pas cet objet. La syntaxe de l'appel d'une méthode est :

```
[expression nom_methode liste_parametres_effectifs]
```

La valeur d' `expression` est l'objet sur lequel la méthode est appelée, `nom_methode` est le nom de la méthode, et `liste_parametres_effectifs` est la liste des paramètres effectifs, en accord avec l'en-tête de la méthode.

Avec l'option `-T`, un fichier HTML qui contient les caractéristiques de tous les types d'un projet est engendré dans le répertoire `build/helpers`. Ainsi, les en-têtes de toutes les méthodes sont listés. Par exemple, pour le type `@string`, la méthode `writeToExecutableFileWhenDifferentContents` est présentée comme suit :

```
method writeToExecutableFileWhenDifferentContents
    ?@string inFile
    !@bool outFileModified
```

Aussi, cette méthode peut être appelée par :

```
@string contents = ...
@string filePath = ...
[contents writeToExecutableFileWhenDifferentContents
    !filePath
    ?@bool fileChanged
]
```

54.20 L'instruction d'appel de procédure de classe

En GALGAS, une *procédure de classe* est une procédure définie dans un type. Au contraire d'une méthode, elle ne s'applique pas à un objet. La syntaxe de l'appel d'une procédure de classe est :

```
[@T nom_procedure liste_parametres_effectifs]
```

`nom_procedure` est le nom de la procédure, et `liste_parametres_effectifs` est la liste des paramètres effectifs, en accord avec l'en-tête de la procédure.

Avec l'option `-T`, un fichier HTML qui contient les caractéristiques de tous les types d'un projet est engendré dans le répertoire `build/helpers`. Ainsi, les en-têtes de toutes les méthodes sont listés. Par exemple, pour le type `@string`, la procédure de classe `deleteFile` est présentée comme suit :

```
proc @string deleteFile ?@string inFile
```

Aussi, elle peut être appelée par :

```
@string filePath = ...
[@string deleteFile !filePath]
```

54.21 L'instruction d'appel de *setter*

En GALGAS, un *setter* est un sous-programme qui s'applique à un objet, et qui peut modifier cet objet. L'instruction d'appel accepte deux formes différentes.

54.21.1 Appel simple

La première syntaxe de l'appel d'un *setter* est :

```
[! ?cible nom_setter liste_parametres_effectifs]
```

Le délimiteur `! ?` devant `cible` permet de distinguer syntaxiquement un appel de *setter* d'un appel de méthode. `cible` désigne l'objet sur lequel le *setter* est appelé, et peut être une variable, ou le champ d'une variable (`variable.champ`), ou le champ d'un champ d'une variable (`variable.champ.champ2`), ... `nom_setter` est le nom du *setter*, et `liste_parametres_effectifs` est la liste des paramètres effectifs, en accord avec l'en-tête du *setter*.

Avec l'option -T, un fichier HTML qui contient les caractéristiques de tous les types d'un projet est engendré dans le répertoire `build/helpers`. Ainsi, les en-têtes de toutes les *setters* sont listées. Par exemple, pour le type `@string`, le *setter* `setCharacterAtIndex` est présenté comme suit :

```
setter setCharacterAtIndex
    ?@char inChar
    ?@uint inIndex
```

Aussi, ce *setter* peut être appelé par :

```
@string s = ...
[! ?s setCharacterAtIndex !'a' !4]
```

54.21.2 Appel avec conversion de type

La seconde syntaxe de l'appel d'un *setter* est :

```
[! ?cible as @T nom_setter liste_parametres_effectifs]
```

Statiquement, le type `@T` doit être un type héritier du type statique de `cible`.

À l'exécution, si le type dynamique est le type `@T` ou un de ses héritiers, l'instruction est exécutée. Sinon, une erreur d'exécution a lieu et le *setter* n'est pas appelé.

Par exemple, on considère les déclarations de classe et le *setter* suivant :

```
class @a { }

class @b : @a { }
```

```
setter @b aSetter { }
```

Si on écrit :

```
@a unObjet = ...
[!unObjet aSetter] # Erreur sémantique
```

L'instruction `[!unObjet aSetter]` donne lieu à une erreur sémantique, puisque la classe `@a` ne définit pas le setter `aSetter`.

L'écriture suivante est acceptée par le compilateur car la classe `@b` définit le setter `aSetter` :

```
@a unObjet = ...
[!unObjet as @b aSetter] # Compilation ok
```

À l'exécution, le comportement dépend du type dynamique de `unObjet`. Si celui-ci est une instance de `@a`, une erreur d'exécution est déclenchée :

```
@a unObjet = @a.new
[!unObjet as @b aSetter] # Compilation ok, erreur d'exécution
```

Par contre, si `unObjet` est une instance de `@b`, l'appel du setter d'effectue :

```
@a unObjet = @b.new
[!unObjet as @b aSetter] # Compilation ok, appel du setter
```

54.22 L'instruction switch

L'instruction `switch` est dédiée aux types énumérés. Elle présente la syntaxe suivante :

```
switch expression
case constante, constante, ... :
    liste_instructions
case constante, constante, ... :
    liste_instructions
...
end
```

Où `expression` est une expression d'un type énuméré. Toutes les constantes de ce type doivent être nommées dans les branches `case`, une et une seule fois.

Par exemple, avec la déclaration :

```
enum @feuTricolore {
    case vert
    case orange
}
```

```

    case rouge
  }

```

On peut écrire :

```

@feuTricolore feu = ...

switch feu
case vert, orange:
  ...
case rouge :
  ...
end

```

Si des constantes déclarées dans l'énumération ont des valeurs associées, alors les branches `case` nommant ces constantes doivent adopter une syntaxe particulière.

En prenant pour exemple une constante possédant deux valeurs associées, la forme la plus générale est :

```

switch expression
case constante (@type1 nom1 @type2 nom2) :
  ...
end

```

`nom1` et `nom2` sont des constantes qui reçoivent les valeurs associées.

Si on n'est pas intéressé par une valeur, on peut substituer `*` au nom :

```

switch expression
case constante (@type1 nom1 @type2 *) :
  ...
end

```

De même, l'annotation du type est optionnel : les types `@type1`, `@type2` peuvent être déduits de la déclaration de la valeur associée :

```

switch expression
case constante (nom1 *) :
  ...
end

```

Ainsi, si l'on n'est pas intéressé par les valeurs associées, on peut écrire :

```

switch expression
case constante (* *) :
  ...
end

```

Ou aussi :

```
switch expression
case constante (2*) :
...
end
```

Ou utiliser le mot clé `unused` (avec ou sans annotation de type) :

```
switch expression
case constante (@type1 unused nom1 unused nom2) :
...
end
```

Enfin, on peut mentionner dans la même branche `case` plusieurs constantes déclarant des valeurs associées, à la condition que ces valeurs associées soient de même nombre et de même type. Par exemple :

```
enum @erreur {
  case ok
  case erreur1 (@string unMessage)
  case erreur2 (@string autreMessage)
}
```

On peut écrire l'instruction `switch` correspondante :

```
@erreur erreur = ...

switch erreur
case ok:
...
case erreur1, erreur2 (@string m) :
...
end
```

54.23 L'instruction warning

L'instruction `warning` permet de signaler une alerte à l'utilisateur. Elle est constituée de deux champs séparés par un double-point (`:`) :

```
warning localisation : message_alerte
```

Le champ `localisation` signale à l'utilisateur la position de l'erreur dans le texte source. C'est donc une expression de type `@location`, ou d'un type possédant un *getter* sans argument nommé `location` et renvoyant un objet de type `@location` : c'est le cas des types prédéfinis `@luint`, `@luint64`, `@lsint`, `@lsint64`, `@lbigint`, `@lbool`, `@lchar` et `@lstring`.

Le `message_alerte` est le message affiché à l'utilisateur : c'est donc une expression de type `@string`.

Il y a un troisième champ, optionnel, qui permet de transmettre à l'utilisateur des suggestions de corrections : il commence par le mot réservé `fixit` et est décrit à la [section 54.10.2 page 421](#).

Exemple d'instruction `warning` :

```
$identifieur$ ?@lstring nom
...
warning nom.location : message_alerte
```

Comme `nom` est de type `@lstring` (voir ci-dessus), on peut simplement écrire :

```
$identifieur$ ?@lstring nom
...
warning nom : message_alerte
```

54.24 L'instruction with

L'instruction `with` permet d'associer un test de recherche dans une table et l'accès aux champs correspondants si succès. Elle peut prendre quatre formes différentes, suivi que l'on veuille modifier la table ou non, et suivant que l'on veut tolérer l'échec de la recherche ou non.

Première forme. Accès en lecture, tolérance de l'échec de la recherche ([section 54.24.1 page 449](#)) :

```
with expression_cle prefixe_optionnel in expression_table
do
    liste_instructions_do
else
    liste_instructions_else # Optionnel
end
```

Deuxième forme. Accès en lecture, signalement d'erreur si échec de la recherche ([section 54.24.2 page 450](#)) :

```
with expression_cle prefixe_optionnel in expression_table
error message methode_recherche
do
    liste_instructions_do
end
```

Troisième forme. Accès en lecture/écriture, tolérance de l'échec de la recherche ([section 54.24.3 page 451](#)) :

```
with expression_cle prefixe_optionnel in !?cible_table
do
    liste_instructions_do
else
    liste_instructions_else # Optionnel
```



```
end
```

Quatrième forme. Accès en lecture/écriture, signalement d'erreur si échec de la recherche ([section 54.24.4 page 452](#)):

```
with expression_cle prefixe_optionnel in !?cible_table
error message methode_recherche
do
    liste_instructions_do
end
```

54.24.1 Accès en lecture tolérant l'échec de la recherche

```
with expression_cle prefixe_optionnel in expression_table
do
    liste_instructions_do
else
    liste_instructions_else # Optionnel
end
```

Où :

- `expression_cle` est une expression de type `@string` dont la valeur définit la clé;
- `prefixe_optionnel` est soit vide, soit est constitué d'un double-point `:` suivi d'un identificateur qui préfixe les noms des champs dans la liste d'instructions `liste_instructions_do` ;
- `expression_table` est une expression qui désigne la table.

La clé désignée par la valeur de `expression_cle` est recherchée dans la table désignée par la valeur de `expression_table` :

- en cas d'échec, les instructions `liste_instructions_else` sont exécutées;
- en cas de succès, ce sont les instructions `liste_instructions_do` qui sont exécutées; les propriétés de l'élément recherché sont alors disponibles en lecture, sous leur nom éventuellement préfixé; la clé est disponible sous le nom `lkey` éventuellement préfixé, et est de type `@lstring`.

Par exemple, on veut disposer d'une table possédant une propriété identifiant de manière unique la clé. On déclare :

```
map @maTable {
    @uint mIndex
    insert insertKey error message "entree deja presente"
}
```

Et on effectue des recherches / insertions de la façon suivante :

```

@uint idx
@lstring cle = ...
with cle.string in table do
    idx = mIndex
else
    idx = [table count]
    [! ?table insertKey !cle !idx]
end

```

En utilisant un préfixe, le code devient :

```

@uint idx
@lstring cle = ...
with cle.string : xyz_ in table do
    idx = xyz_mIndex
else
    idx = [table count]
    [! ?table insertKey !cle !idx]
end

```

54.24.2 Accès en lecture, signalement d'erreur si échec de la recherche

```

with expression_cle prefixe_optionnel in expression_table
error message methode_recherche
do
    liste_instructions_do
end

```

Où :

- `expression_cle` est une expression de type `@lstring` dont la valeur définit la clé ;
- `prefixe_optionnel` est soit vide, soit est constitué d'un double-point `:` suivi d'un identificateur qui préfixe les noms des champs dans la liste d'instructions `liste_instructions_do` ;
- `expression_table` est une expression qui désigne la table ;
- `methode_recherche` est une méthode de recherche de la table (c'est-à-dire déclarée par `search`) dont le message associé sera utilisé pour le signalement d'erreur.

La clé désignée par la valeur de `expression_cle` est recherchée dans la table désignée par la valeur de `expression_table` :

- en cas d'échec, une erreur est affichée, son message étant fourni par la méthode de recherche `methode_recherche`, et sa localisation par le champ `location` de l' `expression_cle` ;

- en cas de succès, ce sont les instructions `liste_instructions_do` qui sont exécutées; les propriétés de l'élément recherché sont alors disponibles en lecture, sous leur nom éventuellement préfixé; la clé est disponible sous le nom `lkey` éventuellement préfixé, et est de type `@lstring`.

Par exemple, on veut disposer d'une table qui implémente un *counted set*, c'est à dire que l'on associe à la clé son nombre de citations, et la doit avoir été entrée auparavant. On déclare :

```
map @maTable {
  @uint mOccurrenceCount
  search searchKey error message "entree %K absente"
}
```

Et on effectue des recherches de la façon suivante :

```
@lstring cle = ...
@uint occurrenceCount
with cle in table error message searchKey do
  occurrenceCount = mOccurrenceCount ++
end
```

En utilisant un préfixe, le code devient :

```
@lstring cle = ...
@uint occurrenceCount
with cle : abc_ in table error message searchKey do
  occurrenceCount = abc_mOccurrenceCount ++
end
```

54.24.3 Accès en lecture/écriture tolérant l'échec de la recherche

```
with expression_cle prefixe_optionnel in !?cible_table
do
  liste_instructions_do
else
  liste_instructions_else # Optionnel
end
```

Où :

- `expression_cle` est une expression de type `@string` dont la valeur définit la clé;
- `prefixe_optionnel` est soit vide, soit est constitué d'un double-point `:` suivi d'un identificateur qui préfixe les noms des champs dans la liste d'instructions `liste_instructions_do` ;
- `cible_table` est de la forme `variable`, ou `variable.champ`, ou `variable.champ.champ2`, ... et désigne la table; la cible est accédée en lecture/écriture.

La clé désignée par la valeur de `expression_cle` est recherchée dans la table désignée par la valeur de `cible_table` :

- en cas d'échec, les instructions `liste_instructions_else` sont exécutées;
- en cas de succès, ce sont les instructions `liste_instructions_do` qui sont exécutées; les propriétés de l'élément recherché sont alors disponibles en lecture / écriture, sous leur nom éventuellement préfixé; la clé est disponible en lecture seule sous le nom `!key` éventuellement préfixé, est de type `@lstring`.

Par exemple, on veut disposer d'une table qui implémente un *counted set*, c'est à dire que l'on associe à la clé son nombre de citations. On déclare :

```
map @maTable {
  @uint mOccurrenceCount
  insert insertKey error message "entree deja presente"
}
```

Et on effectue des recherches / insertions de la façon suivante :

```
@lstring cle = ...
with cle.string in !?table do
  mOccurrenceCount ++
else
  [!?table insertKey !cle !1]
end
```

En utilisant un préfixe, le code devient :

```
@lstring cle = ...
with cle.string : xyz_ in !?table do
  xyz_mOccurrenceCount ++
else
  [!?table insertKey !cle !1]
end
```

54.24.4 Accès en lecture/écriture, signalement d'erreur si échec de la recherche

```
with expression_cle prefixe_optionnel in !?cible_table
error message methode_recherche
do
  liste_instructions_do
end
```

Où :

- `expression_cle` est une expression de type `@lstring` dont la valeur définit la clé;

- `prefixe_optionnel` est soit vide, soit est constitué d'un double-point `:` suivi d'un identificateur qui préfixe les noms des champs dans la liste d'instructions `liste_instructions_do` ;
- `expression_table` est une expression qui désigne la table ;
- `methode_recherche` est une méthode de recherche de la table (c'est-à-dire déclarée par `search`) dont le message associé sera utilisé pour le signalement d'erreur ;
- `cible_table` est de la forme `variable`, ou `variable.champ`, ou `variable.champ.champ2`, ... et désigne la table ; la cible est accédée en lecture/écriture.

La clé désignée par la valeur de `expression_cle` est recherchée dans la table désignée par la valeur de `expression_table` :

- en cas d'échec, une erreur est affichée, son message étant fourni par la méthode de recherche `methode_recherche`, et sa localisation par le champ `location` de l'`expression_cle` ;
- en cas de succès, ce sont les instructions `liste_instructions_do` qui sont exécutées ; les propriétés de l'élément recherché sont alors disponibles en lecture/écriture, sous leur nom éventuellement préfixé ; la clé est disponible en lecture seule sous le nom `key` éventuellement préfixé, et est de type `@lstring`.

Par exemple, on veut disposer d'une table qui implémente un *counted set*, c'est à dire que l'on associe à la clé son nombre de citations, et la clé doit avoir été entrée auparavant. On déclare :

```
map @maTable {
  @uint mOccurrenceCount
  search searchKey error message "entree %K absente"
}
```

Et on effectue des recherches de la façon suivante :

```
@lstring cle = ...
with cle in !?table error message searchKey do
  mOccurrenceCount ++
end
```

En utilisant un préfixe, le code devient :

```
@lstring cle = ...
with cle : abc_ in !?table error message searchKey do
  abc_mOccurrenceCount ++
end
```

Chapitre 55

Instructions syntaxiques

55.1	Instruction d'appel de terminal	454
55.2	Instruction d'appel de non terminal	455
55.3	Instruction select	455
55.4	Instruction repeat	455
55.5	Instruction parse	456
55.6	Instruction send	456

Les six instructions décrites dans ce chapitre ne peuvent être utilisées qu'à l'intérieur des règles de production, elles-mêmes obligatoirement placées dans un composant **syntax**.

55.1 Instruction d'appel de terminal

Cette instruction permet de vérifier l'occurrence d'un terminal. Sa syntaxe présente deux options :

```
$terminal$  
parametres_entree # Optionnels  
indexing nom_index # Optionnel  
traduction_dirigee_par_la_syntaxe # Optionnel
```

Où :

- **\$terminal\$** est le nom du terminal à vérifier ; il doit être l'un des terminaux déclarés par le lexique importé par le composant syntaxique ;
- **parametres_entree** est une liste de zéro, un ou plusieurs paramètres effectifs en entrée, en accord avec la déclaration du **\$terminal\$** dans le lexique ; comment écrire une liste de paramètres en entrée est présenté à la [section 48.3 page 377](#) ;
- **nom_index** est le nom d'un index, tel que déclaré dans le lexique ; cet index sert à peupler le menu contextuel de cross référence en Cocoa ([section 9.4 page 113](#)) ;

- `traduction_dirigee_par_la_syntaxe` permet de préciser les options de *traduction dirigée par la syntaxe*; celle-ci est présentée en détail au [chapitre 7 à partir de la page 91](#).

55.2 Instruction d'appel de non terminal

55.3 Instruction select

La syntaxe de l'instruction `select` syntaxique¹ est la suivante :

```
A
select
  I0
or
  I1
or
  I2
end
B
```

L'instruction est présentée avec trois branches `or` : l'instruction doit comporter au moins deux branches.

Sa signification est la suivante : l'occurrence de chaque `select` syntaxique peut être remplacée par un nouvel non-terminal particulier, que l'on va nommer `T`. La séquence précédente devient donc :

```
A
<T>
B
```

Le non-terminal `T` se dérive de la façon suivante :

```
rule <T> { I0 }

rule <T> { I1 }

rule <T> { I2 }
```

55.4 Instruction repeat

La syntaxe de l'instruction `repeat` syntaxique² est la suivante :

¹Ne pas confondre avec l'instruction de sélection lexicale, qui ne peut être utilisée que dans les analyseurs lexicaux ([section 10.7.1 page 123](#)).

²Ne pas confondre avec l'instruction de répétition lexicale, qui ne peut être utilisée que dans les analyseurs lexicaux ([section 10.7.2 page 123](#)).

```
A
repeat
  I0
while
  I1
while
  I2
end
B
```

L'instruction est présentée avec deux branches `while` : l'instruction doit comporter au moins une branche.

Sa signification est la suivante : l'occurrence de chaque `repeat` syntaxique peut être remplacée par un nouvel non-terminal particulier, que l'on va nommer `T`. La séquence précédente devient donc :

```
A
I0
<T>
B
```

Le non-terminal `T` se dérive de la façon suivante :

```
rule <T> { I1 I0 <T> }

rule <T> { I2 I0 <T> }

rule <T> { }
```

55.5 Instruction parse

55.6 Instruction send

VII

Index

Index

- Symbols -

%applicationBundleBase, [106](#)
%macCodeSign, [106](#)
%quietOutputByDefault, [64](#), [103](#), [161](#)
%tool-source, [383](#)

- A -

abs
 getter @bigint, [178](#)
absolutePathFromPath
 getter @string, [255](#)
accessibleStates
 getter @binaryset, [195](#)
alphaString
 getter @uint, [288](#)
 getter @uint64, [296](#)
anyString
 getter @stringset, [279](#)
appendByte
 setter @data, [221](#)
appendData
 setter @data, [221](#)
appendShortBE
 setter @data, [221](#)
appendShortLE
 setter @data, [221](#)
appendSpacesUntilColumn
 setter @string, [275](#)
appendUIntBE
 setter @data, [221](#)
appendUIntLE
 setter @data, [222](#)
appendUTF8String
 setter @data, [222](#)
assemblerRepresentation
 getter @string, [256](#)

- B -

bigint

 getter @bool, [206](#)
 getter @sint, [238](#)
 getter @sint64, [244](#)
 getter @uint, [288](#)
 getter @uint64, [296](#)
binaryImage
 getter @double, [224](#)
binarySetByTranslatingFromIndex
 getter @binaryset, [196](#)
binarySetWithBit
 constructeur @binaryset, [189](#)
binarySetWithEqualToComparison
 constructeur @binaryset, [189](#)
binarySetWithEqualToConstant
 constructeur @binaryset, [190](#)
binarySetWithGreaterOrEqualToComparison
 constructeur @binaryset, [190](#)
binarySetWithGreaterOrEqualToConstant
 constructeur @binaryset, [191](#)
binarySetWithLowerOrEqualToComparison
 constructeur @binaryset, [191](#)
binarySetWithLowerOrEqualToConstant
 constructeur @binaryset, [191](#)
binarySetWithNotEqualToComparison
 constructeur @binaryset, [192](#)
binarySetWithNotEqualToConstant
 constructeur @binaryset, [192](#)
binarySetWithPredicateString
 constructeur @binaryset, [192](#)
binarySetWithStrictGreaterComparison
 constructeur @binaryset, [193](#)
binarySetWithStrictGreaterThanConstant
 constructeur @binaryset, [194](#)
binarySetWithStrictLowerComparison
 constructeur @binaryset, [194](#)
binarySetWithStrictLowerThanConstant
 constructeur @binaryset, [194](#)
bitAtIndex
 getter @bigint, [187](#)

bitCountForSignedRepresentation
 getter @bigint, 167
bitCountForUnsignedRepresentation
 getter @bigint, 167
boolOptionCommentString
 constructeur @application, 155
boolOptionInvocationCharacter
 constructeur @application, 155
boolOptionInvocationString
 constructeur @application, 156
boolOptionNameList
 constructeur @application, 155
boolOptionValue
 constructeur @application, 156

- C -

capacity
 getter @string, 256
ceilDivideBy
 méthode @bigint, 182
characterAtIndex
 getter @string, 256
column
 getter @location, 230
commandLineArgumentAtIndex
 constructeur @application, 154
commandLineArgumentCount
 constructeur @application, 154
commandWithArguments
 getter @string, 257
complementBitAtIndex
 setter @bigint, 188
Component
 Graphic User Interface, 142
 Project, 99
componentsJoinedByString
 constructeur @string, 249
componentsSeparatedByString
 getter @string, 257
compressedStringValueList
 getter @binaryset, 196
compressedValueCount
 getter @binaryset, 196
containsCharacter
 getter @string, 257
containsCharacterInRange
 getter @string, 257

containsValue
 getter @binaryset, 196
cos
 getter @double, 224
count
 getter @data, 220
 getter @string, 258
 getter @stringset, 279
CppChar
 constructeur @string, 250
CppLineComment
 constructeur @string, 250
CppSpaceComment
 constructeur @string, 250
CppTypeComment
 constructeur @string, 250
cString
 getter @bool, 205
cStringRepresentation
 getter @data, 220
 getter @string, 258
currentColumn
 getter @string, 258

- D -

dataWithContentsOfFile
 constructeur @data, 219
decimalSigned64Number
 getter @string, 259
decimalSignedBigInt
 getter @string, 259
decimalSignedNumber
 getter @string, 259
decimalUnsigned64Number
 getter @string, 260
decimalUnsignedNumber
 getter @string, 259
decIndentation
 setter @string, 275
decodedStringFromRepresentation
 getter @string, 260
default
 constructeur @bigint, 165
 constructeur @string, 251
deleteFile
 @string procédure de type, 276
deleteFileIfExists

@string procédure de type, 276
 directories
 getter @string, 260
 directoriesWithExtensions
 getter @string, 260
 directoryExists
 getter @string, 261
 divideBy
 méthode @bigint, 181
 doesEnvironmentVariableExist
 getter @string, 261
 double
 getter @sint, 238
 getter @sint64, 244
 getter @uint, 288
 getter @uint64, 296
 doubleNumber
 getter @string, 261
 doubleWithBinaryImage
 constructeur @double, 223

- E -

emptyBinarySet
 constructeur @binaryset, 195
 emptyData
 constructeur @data, 219
 emptySet
 constructeur @stringset, 278
 endColumn
 getter @location, 231
 endLine
 getter @location, 231
 endLocationIndex
 getter @location, 231
 endLocationString
 getter @location, 231
 equalTo
 getter @binaryset, 197
 errorCount
 constructeur @uint, 286
 existOnBitIndex
 getter @binaryset, 197
 existOnBitIndexAndBeyond
 getter @binaryset, 197
 existsOnBitRange
 getter @binaryset, 197
 exit

@application procédure de type, 161
 Extensions, 386
 extract32ForSignedRepresentation
 getter @bigint, 175
 extract32ForUnsignedRepresentation
 getter @bigint, 174
 extract64ForSignedRepresentation
 getter @bigint, 177
 extract64ForUnsignedRepresentation
 getter @bigint, 176
 extract8ForSignedRepresentation
 getter @bigint, 173
 extract8ForUnsignedRepresentation
 getter @bigint, 172

- F -

fileExists
 getter @string, 261
 fileNameRepresentation
 getter @string, 261
 firstCharacterOrNul
 getter @string, 262
 fitsInSInt
 getter @bigint, 168
 fitsInSInt64
 getter @bigint, 168
 fitsInUInt
 getter @bigint, 169
 fitsInUInt64
 getter @bigint, 169
 floorDivideBy
 méthode @bigint, 181
 Fonction
 Déclaration, 380
 forAllOnBitIndex
 getter @binaryset, 198
 forAllOnBitIndexAndBeyond
 getter @binaryset, 198
 formalParameterTypeList
 getter @function, 235
 fullBinarySet
 constructeur @binaryset, 195
 functionList
 constructeur @function, 234
 functionWithName
 constructeur @function, 235

- G -

galgasVersionString
 constructeur @application, 153
generateFile
 @string procédure de type, 276
generateFileWithPattern
 @string procédure de type, 277
greaterOrEqualTo
 getter @binaryset, 198

- H -

hasKey
 getter @stringset, 279
here
 constructeur @location, 229
 getter @string, 262
hexString
 getter @bigint, 171
 getter @uint, 288
 getter @uint64, 296
hexStringSeparatedBy
 getter @bigint, 171
 getter @sint, 238
 getter @sint64, 244
 getter @uint, 288
 getter @uint64, 297
hiddenCommandWithArguments
 getter @string, 262
hiddenFiles
 getter @string, 262
homeDirectory
 constructeur @string, 251
HTMLRepresentation
 getter @string, 263

- I -

identifierRepresentation
 getter @string, 263
incIndentation
 setter @string, 275
insertCharacterAtIndex
 setter @string, 275
invoke
 getter @function, 235
isalnum
 getter @char, 214
isalpha

 getter @char, 214
iscntrl
 getter @char, 214
isDecimalSigned64Number
 getter @string, 264
isDecimalSignedBigInt
 getter @string, 263
isDecimalSignedNumber
 getter @string, 264
isDecimalUnsigned64Number
 getter @string, 264
isDecimalUnsignedNumber
 getter @string, 264
isdigit
 getter @char, 214
isDoubleNumber
 getter @string, 264
isEmpty
 getter @binaryset, 198
isFull
 getter @binaryset, 198
isFunctionDefined
 constructeur @function, 235
isInRange
 getter @uint, 289
islower
 getter @char, 215
isNowhere
 getter @location, 231
isRunning
 getter @timer, 283
isSymbolicLink
 getter @string, 265
isUnicodeCommand
 getter @char, 215
isUnicodeLetter
 getter @char, 215
isUnicodeMark
 getter @char, 215
isUnicodePunctuation
 getter @char, 215
isUnicodeSeparator
 getter @char, 216
isUnicodeSymbol
 getter @char, 216
isUnicodeValueAssigned
 getter @uint, 289

isupper
 getter @char, [216](#)
 isZero
 getter @bigint, [166](#)
 ITE
 getter @binaryset, [199](#)

- K -

keywordIdentifierSet
 constructeur @application, [162](#)
 keywordListForIdentifier
 constructeur @application, [162](#)

- L -

lastCharacter
 getter @string, [265](#)
 lastPathComponent
 getter @string, [265](#)
 leftSubString
 getter @string, [265](#)
 length
 getter @data, [220](#)
 getter @string, [265](#)
 line
 getter @location, [231](#)
 locationIndex
 getter @location, [232](#)
 locationString
 getter @location, [232](#)
 lowercaseString
 getter @string, [265](#)
 lowerOrEqualTo
 getter @binaryset, [199](#)
 lsblIndex
 getter @uint, [289](#)

- M -

makeDirectory
 méthode @string, [273](#)
 makeDirectoryAndWriteToExecutableFile
 méthode @string, [273](#)
 makeDirectoryAndWriteToFile
 méthode @string, [273](#)
 makeSymbolicLinkWithPath
 méthode @string, [274](#)
 max
 constructeur @sint, [237](#)
 constructeur @sint64, [243](#)

constructeur @uint, [287](#)
 constructeur @uint64, [294](#)

md5
 getter @string, [266](#)
 min
 constructeur @sint, [237](#)
 constructeur @sint64, [243](#)
 msFromStart
 getter @timer, [283](#)

- N -

nameRepresentation
 getter @string, [266](#)
 nativePathWithUnixPath
 getter @string, [267](#)
 newWithStdIn
 constructeur @string, [251](#)
 next
 constructeur @location, [229](#)
 notEqualTo
 getter @binaryset, [199](#)
 nowhere
 constructeur @location, [230](#)
 getter @string, [267](#)

- O -

ocString
 getter @bool, [205](#)
 Options de la ligne de commande, [63](#)

- P -

pathExtension
 getter @string, [267](#)
 pi
 constructeur @double, [223](#)
 popen
 getter @string, [267](#)
 predicateStringValue
 getter @binaryset, [199](#)
 Procédure
 Déclaration, [381](#)
 projectVersionString
 constructeur @application, [153](#)

- R -

random
 constructeur @uint, [287](#)
 range

- getter @string, 267
- regularFiles
 - getter @string, 267
- regularFilesWithExtensions
 - getter @string, 268
- relativePathFromPath
 - getter @string, 268
- removeCharacterAtIndex
 - setter @string, 276
- removeDirectoryRecursively
 - @string procédure de type, 277
- removeEmptyDirectory
 - @string procédure de type, 277
- removeKey
 - setter @stringset, 279
- replacementCharacter
 - constructeur @char, 213
- resultType
 - getter @function, 235
- resume
 - setter @timer, 283
- retrieveAndResetTemplateString
 - constructeur @string, 251
- reversedString
 - getter @string, 268
- rightSubString
 - getter @string, 268

- S -

- self, 402
- separatorString
 - constructeur @string, 251
- setBitAtIndex
 - setter @bigint, 187
- setBoolOptionValue
 - @application procédure de type, 156
- setCapacity
 - setter @string, 275
- setCharacterAtIndex
 - setter @string, 276
- setRandomSeed
 - @uint procédure de type, 287
- setStringOptionValue
 - @application procédure de type, 161
- setUIntOptionValue
 - @application procédure de type, 158
- setWithString
 - constructeur @stringset, 278
- sign
 - getter @bigint, 166
- significantBitCount
 - getter @uint, 289
- sin
 - getter @double, 224
- sint
 - getter @bigint, 169
 - getter @bool, 206
 - getter @double, 224
 - getter @sint64, 244
 - getter @uint, 290
 - getter @uint64, 297
- sint64
 - getter @bigint, 169
 - getter @bool, 206
 - getter @double, 224
 - getter @sint, 238
 - getter @uint, 290
 - getter @uint64, 297
- Sous-programmes, 375
- spacedString
 - getter @bigint, 171
- start
 - constructeur @timer, 282
- startColumn
 - getter @location, 232
- startLine
 - getter @location, 232
- startLocationIndex
 - getter @location, 232
- startLocationString
 - getter @location, 233
- stop
 - setter @timer, 283
- strictGreaterThan
 - getter @binaryset, 199
- strictLowerThan
 - getter @binaryset, 199
- string
 - getter @bigint, 170
 - getter @char, 216
 - getter @double, 224
 - getter @sint, 238
 - getter @sint64, 244
 - getter @timer, 284

- getter @uint, 290
- getter @uint64, 297
- stringByCapitalizingFirstCharacter
 - getter @string, 268
- stringByDeletingLastPathComponent
 - getter @string, 269
- stringByDeletingPathExtension
 - getter @string, 269
- stringByLeftAndRightPadding
 - getter @string, 269
- stringByLeftPadding
 - getter @string, 269
- stringByRemovingCharacterAtIndex
 - getter @string, 270
- stringByRepeatingString
 - constructeur @string, 252
- stringByReplacingStringByString
 - getter @string, 270
- stringByRightPadding
 - getter @string, 270
- stringByStandardizingPath
 - getter @string, 270
- stringByTrimmingWhiteSpaces
 - getter @string, 270
- stringList
 - getter @stringset, 279
- stringOptionCommentString
 - constructeur @application, 159
- stringOptionInvocationCharacter
 - constructeur @application, 159
- stringOptionInvocationString
 - constructeur @application, 160
- stringOptionNameList
 - constructeur @application, 159
- stringOptionValue
 - constructeur @application, 160
- stringValueList
 - getter @binaryset, 200
- stringValueListWithNameList
 - getter @binaryset, 200
- stringWithContentsOfFile
 - constructeur @string, 252
- stringWithCurrentDateTime
 - constructeur @string, 253
- stringWithCurrentDirectory
 - constructeur @string, 253
- stringWithEnvironmentVariable

- constructeur @string, 253
- stringWithEnvironmentVariableOrEmpty
 - constructeur @string, 253
- stringWithSequenceOfCharacters
 - constructeur @string, 253
- stringWithSourceFilePath
 - constructeur @string, 254
- stringWithSymbolicLinkContents
 - constructeur @string, 254
- subString
 - getter @string, 270
- subStringFromIndex
 - getter @string, 271
- swap01
 - getter @binaryset, 200
- swap021
 - getter @binaryset, 200
- swap102
 - getter @binaryset, 201
- swap120
 - getter @binaryset, 201
- swap201
 - getter @binaryset, 201
- swap210
 - getter @binaryset, 201
- system
 - constructeur @application, 161
 - getter @string, 271

- T -

- tan
 - getter @double, 224
- transitiveClosure
 - getter @binaryset, 202
- transposedBy
 - getter @binaryset, 202
- Type
 - @2Istringlist, 309
 - @2stringlist, 309
 - @application, 153
 - @bigint, 164
 - @bigintlist, 309
 - @binaryset, 189
 - @bool, 205
 - @char, 212
 - @data, 219
 - @double, 223

[@filewrapper, 227](#)
[@function, 234](#)
[@functionlist, 309](#)
[@lbigint, 364](#)
[@lbigintlist, 310](#)
[@lbool, 364](#)
[@lchar, 364](#)
[@ldouble, 365](#)
[@location, 229](#)
[@lsint, 365](#)
[@lsint64, 365](#)
[@lstring, 365](#)
[@lstringlist, 310](#)
[@luint, 365](#)
[@luint64, 366](#)
[@luintlist, 310](#)
[@object, 236](#)
[@objectlist, 310](#)
[@range, 366](#)
[@sint, 237](#)
[@sint64, 243](#)
[@string, 249](#)
[@stringlist, 310](#)
[@stringset, 278](#)
[@timer, 282](#)
[@type, 285](#)
[@typelist, 311](#)
[@uint, 286](#)
[@uint64, 294](#)
[@uint64list, 311](#)
[@uintlist, 311](#)

- U -

uint

[getter @bigint, 170](#)
[getter @bool, 206](#)
[getter @char, 216](#)
[getter @double, 225](#)
[getter @sint, 239](#)
[getter @sint64, 245](#)
[getter @uint64, 297](#)

uint64

[getter @bigint, 170](#)
[getter @bool, 206](#)
[getter @double, 225](#)
[getter @sint, 239](#)
[getter @sint64, 245](#)

[getter @uint, 290](#)
[uint64BaseValueWithCompressedBitString](#)
 [constructeur @uint64, 294](#)
[uint64MaskWithCompressedBitString](#)
 [constructeur @uint64, 295](#)
[uint64ValueList](#)
 [getter @binaryset, 203](#)
[uint64WithBitString](#)
 [constructeur @uint64, 295](#)
[uintOptionCommentString](#)
 [constructeur @application, 157](#)
[uintOptionInvocationCharacter](#)
 [constructeur @application, 157](#)
[uintOptionInvocationString](#)
 [constructeur @application, 158](#)
[uintOptionNameList](#)
 [constructeur @application, 157](#)
[uintOptionValue](#)
 [constructeur @application, 158](#)
[uintSlice](#)
 [getter @uint64, 298](#)
[unicodeCharacterFromRawKeyboard](#)
 [constructeur @char, 213](#)
[unicodeCharacterWithUnsigned](#)
 [constructeur @char, 214](#)
[unicodeName](#)
 [getter @char, 216](#)
[unicodeToLower](#)
 [getter @char, 217](#)
[unicodeToUpper](#)
 [getter @char, 217](#)
[union](#)
 [getter @location, 233](#)
[unixPathWithNativePath](#)
 [getter @string, 271](#)
[uppercaseString](#)
 [getter @string, 271](#)
[utf32Representation](#)
 [getter @string, 272](#)
[utf8Length](#)
 [getter @char, 217](#)
 [getter @string, 272](#)
[utf8Representation](#)
 [getter @string, 272](#)
[utf8RepresentationEnclosedWithin](#)
 [getter @string, 273](#)
[utf8RepresentationEscapingQuestionMark](#)

getter @string, [272](#)
utf8RepresentationWithoutDelimiters
getter @string, [273](#)

- V -

Valeur poison, [384](#)
valueCount
getter @binaryset, [203](#)
valueWithMask
constructeur @uint, [287](#)
verboseOutput
constructeur @application, [161](#)

- W -

warningCount
constructeur @uint, [287](#)
writeToExecutableFile
méthode @data, [220](#)
méthode @string, [274](#)
writeToExecutableFileWhenDifferentContents
méthode @string, [274](#)
writeToFile
méthode @data, [220](#)
méthode @string, [274](#)
writeToFileWhenDifferentContents
méthode @data, [220](#)
méthode @string, [274](#)

- X -

xString
getter @bigint, [171](#)
getter @uint, [291](#)
getter @uint64, [298](#)

- Z -

zero
constructeur @bigint, [165](#)