

# Java 11 Fundamentals



Copyright® 2019 Noël Vaes  
[www.noelvaes.eu](http://www.noelvaes.eu)

Rouppesplein 16  
1000 Brussel  
[www.intecbrussel.be](http://www.intecbrussel.be)

Vrijwel alle namen van software- en hardwareproducten die in deze cursus worden genoemd, zijn tegelijkertijd ook handelsmerken en dienen dienovereenkomstig te worden behandeld.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar worden gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur. De enige uitzondering die hierop bestaat, is dat eventuele programma's en door de gebruiker te typen voorbeelden mogen worden ingevoerd opgeslagen en uitgevoerd op een computersysteem, zolang deze voor privé-doeleinden worden gebruikt, en niet bestemd zijn voor reproductie of publicatie.

Correspondentie inzake overnemen of reproductie kunt u richten aan:

Noël Vaes  
Roode Roosstraat 5  
3500 Hasselt  
België

Tel: +32 474 38 23 94

[noel@noelvaes.eu](mailto:noel@noelvaes.eu)  
[www.noelvaes.eu](http://www.noelvaes.eu)

Ondanks alle aan de samenstelling van deze tekst bestede zorg, kan de auteur geen aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit enige fout, die in deze uitgave zou kunnen voorkomen.

09/01/2019

Copyright© 2019 Noël Vaes

# Inhoudsopgave

<b>Hoofdstuk 1: Inleiding.....</b>	<b>10</b>
1.1 De geschiedenis van Java.....	10
1.2 Java als programmeertaal.....	10
1.2.1 Soorten programmeertalen.....	10
1.2.2 Java versus andere programmeertalen.....	15
1.2.3 Kenmerken van Java als programmeertaal.....	16
1.3 Java als platform.....	17
1.4 Soorten Java-toepassingen.....	18
1.5 Samenvatting.....	19
<b>Hoofdstuk 2: De Java Development Kit.....</b>	<b>20</b>
2.1 Inleiding.....	20
2.2 JDK en documentatie.....	20
2.3 De omgevingsvariabele JAVA_HOME.....	22
2.4 Ontwikkelomgevingen.....	23
2.5 Samenvatting.....	28
<b>Hoofdstuk 3: Mijn eerste Java-toepassing.....</b>	<b>29</b>
3.1 Inleiding.....	29
3.2 De broncode schrijven.....	29
3.3 De broncode compileren.....	30
3.4 De bytecode uitvoeren.....	30
3.5 De opbouw van het programma.....	31
3.5.1 Commentaar in Java-code.....	31
3.5.2 Het pakket definiëren.....	32
3.5.3 De klasse definiëren.....	32
3.5.4 De methode main().....	33
3.5.5 Het eigenlijke werk.....	33
3.6 Samenvatting.....	34
<b>Hoofdstuk 4: Programmatielogica.....</b>	<b>35</b>
4.1 Inleiding.....	35
4.2 Sequenties.....	35
4.3 Invoer en uitvoer.....	37
4.4 Keuzes.....	38
4.5 Herhalingen.....	40
4.6 Samenvatting: programmeeralgoritmen.....	44
<b>Hoofdstuk 5: De Java-programmeertaal.....</b>	<b>45</b>
5.1 Inleiding.....	45
5.2 Variabelen en letterlijke waarden.....	45
5.2.1 De declaratie van variabelen.....	45
5.2.2 Het datatype.....	47
5.2.3 Literals.....	49
5.2.4 De naam.....	52
5.2.5 Final variables of constanten.....	54
5.2.6 Typeconversie.....	54
5.3 Operatoren.....	57
5.3.1 Rekenkundige operatoren.....	58
5.3.2 Relatieve operatoren.....	62
5.3.3 Logische operatoren.....	63
5.3.4 Shift-operatoren.....	64



5.3.5 Bit-operatoren.....	67
5.3.6 Toekenningsoperatoren.....	72
5.3.7 Conditionele operatoren.....	73
5.3.8 Overige operatoren.....	75
5.3.9 Prioriteitsregels.....	75
5.4 Uitdrukkingen, statements en blokken.....	78
5.4.1 Uitdrukkingen.....	78
5.4.2 Statements.....	79
5.4.3 Codeblok.....	79
5.5 Programmaverloop-statements.....	80
5.5.1 Inleiding.....	80
5.5.2 Het if else statement.....	81
5.5.3 Het switch statement.....	84
5.5.4 Het while en do while statement.....	88
5.5.5 Het for statement of zelftellende lus.....	94
5.6 Methoden.....	97
5.7 Samenvatting.....	104
<b>Hoofdstuk 6: Objectgeoriënteerd programmeren.....</b>	<b>105</b>
6.1 Inleiding.....	105
6.2 Inleiding in het objectgeoriënteerd programmeren.....	105
6.2.1 Objecten.....	105
6.2.2 Boodschappen.....	107
6.2.3 Klassen.....	109
6.3 Werken met bestaande objecten .....	110
6.3.1 Inleiding.....	110
6.3.2 Objecten maken van een bestaande klasse.....	110
6.3.3 Objecten gebruiken.....	114
6.3.4 Objecten opruimen.....	115
6.4 Tekenreeksen.....	116
6.4.1 Inleiding.....	116
6.4.2 De klasse String.....	116
6.4.3 De klasse StringBuilder.....	126
6.4.4 Strings samenvoegen met de + operator.....	128
6.4.5 Gegevens formatteren met de klasse Formatter.....	129
6.5 Samenvatting.....	134
<b>Hoofdstuk 7: Arrays.....</b>	<b>135</b>
7.1 Inleiding.....	135
7.2 Arrays maken.....	135
7.3 Arrays gebruiken.....	137
7.4 De uitgebreide for-lus (for each).....	138
7.5 Arrays van objecten.....	139
7.6 Arrays van arrays.....	141
7.7 Lookup tables.....	144
7.8 Methoden met een variabel aantal parameters.....	145
7.9 Samenvatting.....	146
<b>Hoofdstuk 8: Klassen definiëren.....</b>	<b>148</b>
8.1 Inleiding.....	148
8.2 De declaratie van de klasse.....	149
8.3 De klassenomschrijving (body).....	150
8.3.1 Eigenschappen.....	151
8.3.2 Methoden.....	153
8.3.3 Constructors.....	162
8.3.4 Instance members en class members.....	165
8.3.5 De klasse Math.....	171



8.4 Samenvatting.....	173
<b>Hoofdstuk 9: Associaties.....</b>	<b>174</b>
9.1 Inleiding.....	174
9.2 Associaties.....	174
9.3 Aggregaties.....	175
9.4 Composities.....	177
9.5 High cohesion.....	178
9.6 Samenvatting.....	178
<b>Hoofdstuk 10: Overerving en klassenhierarchie.....</b>	<b>180</b>
10.1 Inleiding.....	180
10.1.1 Subklassen en superklassen.....	180
10.1.2 Overerving.....	180
10.1.3 Klassenhierarchie.....	181
10.1.4 Abstracte klassen.....	182
10.2 Subklassen definiëren in Java.....	182
10.3 Eigenschappen van subklassen.....	183
10.3.1 Overerven van eigenschappen.....	183
10.3.2 Toevoegen van eigenschappen.....	184
10.3.3 Vervangen (verbergen) van eigenschappen.....	184
10.4 Methoden van subklassen.....	185
10.4.1 Overerven van methoden.....	185
10.4.2 Toevoegen van methoden.....	186
10.4.3 Vervangen van methoden (override).....	187
10.4.4 Polymorfisme.....	189
10.5 Constructors van subklassen.....	191
10.6 Klasseneigenschappen en klassenmethoden.....	192
10.7 Final-klassen en methoden.....	194
10.8 Abstracte klassen.....	195
10.9 De superklasse Object.....	197
10.9.1 Klassenhierarchie.....	197
10.9.2 De operator instanceof.....	198
10.9.3 Methoden van de Object-klasse.....	199
10.10 Polymorfisme (bis).....	202
10.11 Code hergebruik: overerving versus associaties.....	203
10.12 Samenvatting.....	206
<b>Hoofdstuk 11: De opsomming.....</b>	<b>207</b>
11.1 Inleiding.....	207
11.2 Eigenschappen, methoden en constructors.....	209
11.3 Samenvatting.....	211
<b>Hoofdstuk 12: Eenvoudige klassen.....</b>	<b>212</b>
12.1 Inleiding.....	212
12.2 Wrappers voor primitieve datatypes.....	212
12.2.1 Wrapper-klassen.....	212
12.2.2 Autoboxing.....	213
12.2.3 Static members.....	216
12.3 Datums en tijden.....	217
12.3.1 Inleiding.....	217
12.3.2 Computertijden: de klasse Instant.....	218
12.3.3 Menselijke datums en tijden.....	220
12.3.4 Tijdsduur.....	223
12.3.5 Formattering van datums en tijden.....	224
12.3.6 Omzetting van en naar Date en Calendar.....	226
12.4 Samenvatting.....	226



<b>Hoofdstuk 13: Interfaces.....</b>	<b>227</b>
13.1 Inleiding.....	227
13.2 Een interface definiëren.....	228
13.2.1 De declaratie van de interface.....	228
13.2.2 De beschrijving van de interface.....	229
13.3 Een interface implementeren in een klasse.....	231
13.4 Standaardmethoden.....	232
13.5 Statische methoden.....	233
13.6 De interface als datatype.....	234
13.7 Samenvatting.....	237
<b>Hoofdstuk 14: Geneste en anonieme klassen.....</b>	<b>238</b>
14.1 Inleiding.....	238
14.2 Gewone geneste klassen (inner classes).....	238
14.3 Lokale geneste klassen (local inner classes).....	240
14.4 Anonieme geneste klassen (anonymous inner classes).....	241
14.5 Static geneste klassen (static nested classes).....	242
14.6 Samenvatting.....	245
<b>Hoofdstuk 15: Exception handling.....</b>	<b>246</b>
15.1 Inleiding.....	246
15.2 Exceptions afhandelen.....	246
15.2.1 Een exception veroorzaken.....	247
15.2.2 Een exception opvangen.....	248
15.2.3 Meerdere exceptions opvangen.....	250
15.2.4 Gemeenschappelijke exception handlers.....	251
15.2.5 Het finally blok.....	253
15.3 Exceptions genereren.....	255
15.3.1 Het throw-statement.....	255
15.3.2 Exceptions bij vervangen methoden.....	257
15.4 Soorten exceptions.....	257
15.4.1 Exceptions versus errors.....	257
15.4.2 Checked exceptions versus runtime exceptions.....	258
15.5 Zelf een exception-klasse maken.....	259
15.6 Exceptions opvangen, inpakken en verder gooien.....	260
15.7 Samenvatting.....	262
<b>Hoofdstuk 16: Javadoc.....</b>	<b>263</b>
16.1 Inleiding.....	263
16.2 Javadoc tags.....	263
16.2.1 Documentatie van klassen en interfaces.....	263
16.2.2 Documentatie van eigenschappen.....	265
16.2.3 Documentatie van methoden en constructors.....	265
16.2.4 Documentatie van pakketten.....	266
16.2.5 Overzichtsdocumentatie.....	266
16.3 JAVADOC-tool.....	266
16.4 Samenvatting.....	267
<b>Hoofdstuk 17: Generieken.....</b>	<b>268</b>
17.1 Inleiding.....	268
17.2 Generieke klassen.....	268
17.2.1 Generieken definiëren.....	269
17.2.2 Het gebruikte type inperken.....	274
17.2.3 Onbepaald type.....	276
17.2.4 Subklassen van generieke klassen.....	277
17.3 Generieke interfaces.....	277
17.4 Generieke methoden.....	281



17.4.1 Formele generieke parameters.....	281
17.4.2 Formele generieke parameters met wildcards.....	281
17.4.3 Formele generieke parameters met bounded wildcards.....	282
17.4.4 Type-parameters.....	284
17.5 Achter de schermen van de generieken.....	285
17.6 Arrays en generieken.....	286
17.7 Samenwerking tussen oude en nieuwe code.....	287
17.8 Samenvatting.....	288
<b>Hoofdstuk 18: Lambda Expressions.....</b>	<b>289</b>
18.1 Inleiding.....	289
18.2 Functionele interfaces.....	291
18.3 Definitie van lambda expressions.....	291
18.4 Methodereferenties.....	294
18.4.1 Statische methoden van een klasse of interface.....	294
18.4.2 Methoden van een gebonden object.....	296
18.4.3 Methoden van een ongebonden object.....	297
18.4.4 Constructorreferenties.....	297
18.5 Standaard functionele interfaces.....	300
18.5.1 Predicate<T>.....	300
18.5.2 Function<T,R>.....	301
18.5.3 Consumer<T>.....	303
<b>Hoofdstuk 19: Streaming API.....</b>	<b>304</b>
19.1 Inleiding: interne versus externe iteraties.....	304
19.2 Bron van streams.....	305
19.3 Bewerkingen.....	307
19.3.1 Eindbewerkingen.....	307
19.3.2 Tussenliggende bewerkingen.....	311
19.4 Samenvatting.....	315
<b>Hoofdstuk 20: Collections.....</b>	<b>316</b>
20.1 Het Collections Framework.....	316
20.2 De interface Collection en implementaties.....	316
20.2.1 List.....	319
20.2.2 Set.....	325
20.2.3 SortedSet & NavigableSet.....	330
20.2.4 Queue.....	332
20.2.5 Deque.....	334
20.2.6 Vergelijking tussen de implementaties.....	336
20.2.7 Het sorteren van verzamelingen.....	336
20.2.8 Collections en streams.....	344
20.3 De interface Map en implementaties.....	345
20.3.1 Map.....	346
20.3.2 SortedMap & NavigableMap.....	349
20.3.3 Vergelijking tussen de implementaties.....	350
<b>Hoofdstuk 21: Lezen en schrijven (I/O).....</b>	<b>351</b>
21.1 Inleiding.....	351
21.2 Mappen en bestanden.....	351
21.2.1 De interface Path.....	351
21.2.2 De klasse FileSystem.....	354
21.2.3 De klasse Files.....	354
21.2.4 De klasse File.....	357
21.3 IO-streams.....	357
21.3.1 Character streams.....	359
21.3.2 Byte streams.....	367
21.4 Object Serialization.....	372



21.4.1 Objecten serialiseren en deserialiseren.....	372
21.4.2 Klassen serialiseerbaar maken.....	373
21.4.3 Transiënte variabelen.....	375
21.4.4 Het serialisatiemechanisme aanpassen.....	377
21.4.5 Serialisatie en overerving.....	378
21.4.6 Versienummering.....	378
21.5 Programma-attributen.....	380
<b>Hoofdstuk 22: Java via de commandolijn.....</b>	<b>383</b>
22.1 Inleiding.....	383
22.2 Compileren.....	383
22.3 Modules maken.....	387
22.3.1 Inleiding.....	387
22.3.2 Een module definiëren.....	388
22.3.3 Pakketten exporteren.....	388
22.3.4 Afhankelijkheden van andere modules.....	389
22.3.5 Transitieve afhankelijkheden.....	392
22.3.6 Automatische modules.....	393
22.4 JAR-bestanden maken.....	393
22.4.1 Basisprincipes van een JAR.....	394
22.4.2 Een JAR-bestand maken.....	394
22.4.3 Een JAR-bestand opnemen in het modulepad.....	396
22.4.4 Resources uit een JAR-bestand lezen.....	399
22.5 Programma's uitvoeren.....	401
22.6 Automatische modules.....	402
22.7 Linken.....	402
<b>Hoofdstuk 23: Systeembronnen gebruiken.....</b>	<b>405</b>
23.1 Inleiding.....	405
23.2 De System-klasse.....	405
23.2.1 Standaard-I/O streams.....	405
23.2.2 Systeemeigenschappen.....	410
23.2.3 Overige methoden.....	412
23.3 Het Runtime object.....	412
23.4 De ProcessBuilder.....	413
<b>Hoofdstuk 24: Multithreading.....</b>	<b>414</b>
24.1 Inleiding: multiprocessing en multithreading.....	414
24.2 Een nieuwe thread creëren.....	415
24.2.1 Subklasse van de klasse Thread.....	416
24.2.2 De interface Runnable.....	418
24.2.3 Thread met lambda expression.....	419
24.3 De levenscyclus van threads.....	420
24.4 De uitvoering van threads in de toestand RUNNABLE.....	421
24.4.1 De scheduler.....	421
24.4.2 Prioriteiten van threads.....	422
24.4.3 Preëemptieve multitasking.....	423
24.4.4 Coöperatieve multitasking.....	423
24.5 Daemon threads.....	424
24.6 De wachtoestand.....	425
24.6.1 De slaaptoestand.....	426
24.6.2 Wachten op de beëindiging van een andere thread.....	428
24.7 Synchronisatie van threads (monitoring).....	429
24.7.1 Object locking.....	430
24.7.2 Wait() en notify().....	434
24.8 De Timer-klasse en de TimerTask-klasse.....	437
24.9 Concurrency framework.....	438



24.9.1 Concurrent collections.....	438
24.9.2 Atomaire objecten.....	440
24.9.3 Callable, ExecutorService and Future.....	442
24.10 Parallellisme met streams.....	444
<b>Hoofdstuk 25: Grafische applicaties met JavaFX.....</b>	<b>446</b>
25.1 Inleiding.....	446
25.2 Installatie van JavaFX.....	447
25.3 Mijn eerste JavaFX-toepassing.....	449
25.4 FXML.....	450
25.5 Stage, Scenes en Nodes.....	452
25.6 Model View Controller.....	455
25.7 Controls.....	460
25.7.1 Label.....	461
25.7.2 TextField en PasswordField.....	462
25.7.3 Button.....	463
25.7.4 CheckBox.....	463
25.7.5 RadioButton.....	464
25.7.6 ChoiceBox.....	465
25.7.7 ComboBox.....	466
25.7.8 ListView.....	467
25.7.9 Slider.....	469
25.7.10 ScrollBar.....	470
25.7.11 DatePicker.....	470
25.7.12 ColorPicker.....	471
25.8 Layout met Panes.....	471
25.8.1 BorderPane.....	471
25.8.2 HBox.....	472
25.8.3 VBox.....	473
25.8.4 GridPane.....	473
25.8.5 FlowPane.....	474
25.8.6 TilePane.....	475
25.8.7 AnchorPane.....	476
25.8.8 ScrollPane.....	476
25.8.9 Combinatie van panes.....	477
25.9 Menu's.....	479
25.10 Event Handling.....	481
25.11 Teken en met Canvas.....	485
25.12 Cascading Style Sheets (CSS).....	489
25.12.1 CSS-bestanden.....	489
25.12.2 Selectors.....	490
25.12.3 Stijlkenmerken via code instellen.....	493
25.13 Dialoogvensters.....	495
25.13.1 Alert.....	495
25.13.2 TextInputDialog.....	497
25.13.3 FileChooser.....	497
25.14 Samenvatting.....	499