



Noël Vaes

Java Trainer & Consultant



## Java 11 Fundamentals

Roode Roosstraat 5  
3500 Hasselt  
België

+32 474 38 23 94  
[noel@noelvaes.eu](mailto:noel@noelvaes.eu)  
[www.noelvaes.eu](http://www.noelvaes.eu)

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.

07/01/2019

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.....	18
<b>Hoofdstuk 2: De Java Development Kit.....</b>	<b>19</b>
2.1 Inleiding.....	19
2.2 JDK en documentatie.....	19
2.3 De omgevingsvariabele JAVA_HOME.....	21
2.4 Ontwikkelomgevingen.....	22
2.5 Samenvatting.....	27
<b>Hoofdstuk 3: Mijn eerste Java-toepassing.....</b>	<b>28</b>
3.1 Inleiding.....	28
3.2 De broncode schrijven.....	28
3.3 De broncode compileren.....	29
3.4 De bytecode uitvoeren.....	29
3.5 De opbouw van het programma.....	30
3.5.1 Commentaar in Java-code.....	30
3.5.2 Het pakket definiëren.....	31
3.5.3 De klasse definiëren.....	31
3.5.4 De methode main().....	32
3.5.5 Het eigenlijke werk.....	32
3.6 Samenvatting.....	33
<b>Hoofdstuk 4: Programmatieloga.....</b>	<b>34</b>
4.1 Inleiding.....	34
4.2 Sequenties.....	34
4.3 Invoer en uitvoer.....	36
4.4 Keuzes.....	37
4.5 Herhalingen.....	39
4.6 Samenvatting: programmeeralgoritmen.....	43
<b>Hoofdstuk 5: De Java-programmeertaal.....</b>	<b>44</b>
5.1 Inleiding.....	44
5.2 Variabelen en letterlijke waarden.....	44
5.2.1 De declaratie van variabelen.....	44
5.2.2 Het datatype.....	46
5.2.3 Literals.....	48
5.2.4 De naam.....	51
5.2.5 Final variables of constanten.....	53
5.2.6 Typeconversie.....	53
5.3 Operatoren.....	56
5.3.1 Rekenkundige operatoren.....	57
5.3.2 Relationele operatoren.....	61
5.3.3 Logische operatoren.....	62
5.3.4 Shift-operatoren.....	63



5.3.5 Bit-operatoren.....	66
5.3.6 Toekenningsoperatoren.....	71
5.3.7 Conditionele operatoren.....	72
5.3.8 Overige operatoren.....	74
5.3.9 Prioriteitsregels.....	74
5.4 Uitdrukkingen, statements en blokken.....	77
5.4.1 Uitdrukkingen.....	77
5.4.2 Statements.....	78
5.4.3 Codeblok.....	78
5.5 Programmaverloop-statements.....	79
5.5.1 Inleiding.....	79
5.5.2 Het if else statement.....	80
5.5.3 Het switch statement.....	83
5.5.4 Het while en do while statement.....	87
5.5.5 Het for statement of zelftellende lus.....	93
5.6 Methoden.....	96
5.7 Samenvatting.....	103
<b>Hoofdstuk 6: Objectgeoriënteerd programmeren.....</b>	<b>104</b>
6.1 Inleiding.....	104
6.2 Inleiding in het objectgeoriënteerd programmeren.....	104
6.2.1 Objecten.....	104
6.2.2 Boodschappen.....	106
6.2.3 Klassen.....	108
6.3 Werken met bestaande objecten .....	109
6.3.1 Inleiding.....	109
6.3.2 Objecten maken van een bestaande klasse.....	109
6.3.3 Objecten gebruiken.....	113
6.3.4 Objecten opruimen.....	114
6.4 Tekenreeksen.....	115
6.4.1 Inleiding.....	115
6.4.2 De klasse String.....	115
6.4.3 De klasse StringBuilder.....	125
6.4.4 Strings samenvoegen met de + operator.....	128
6.4.5 Gegevens formatteren met de klasse Formatter.....	129
6.5 Samenvatting.....	133
<b>Hoofdstuk 7: Arrays.....</b>	<b>134</b>
7.1 Inleiding.....	134
7.2 Arrays maken.....	134
7.3 Arrays gebruiken.....	136
7.4 De uitgebreide for-lus (for each).....	137
7.5 Arrays van objecten.....	138
7.6 Arrays van arrays.....	140
7.7 Lookup tables.....	143
7.8 Methoden met een variabel aantal parameters.....	144
7.9 Samenvatting.....	145
<b>Hoofdstuk 8: Klassen definiëren.....</b>	<b>147</b>
8.1 Inleiding.....	147
8.2 De declaratie van de klasse.....	148
8.3 De klassenomschrijving (body).....	149
8.3.1 Eigenschappen.....	150
8.3.2 Methoden.....	152
8.3.3 Constructors.....	161
8.3.4 Instance members en class members.....	164
8.3.5 De klasse Math.....	170



8.4 Samenvatting.....	172
<b>Hoofdstuk 9: Associaties.....</b>	<b>173</b>
9.1 Inleiding.....	173
9.2 Associaties.....	173
9.3 Aggregaties.....	174
9.4 Composities.....	176
9.5 High cohesion.....	177
9.6 Samenvatting.....	177
<b>Hoofdstuk 10: Overerving en klassenhiërarchie.....</b>	<b>179</b>
10.1 Inleiding.....	179
10.1.1 Subklassen en superklassen.....	179
10.1.2 Overerving.....	179
10.1.3 Klassenhiërarchie.....	180
10.1.4 Abstracte klassen.....	181
10.2 Subklassen definiëren in Java.....	181
10.3 Eigenschappen van subklassen.....	182
10.3.1 Overerven van eigenschappen.....	182
10.3.2 Toevoegen van eigenschappen.....	183
10.3.3 Vervangen (verbergen) van eigenschappen.....	183
10.4 Methoden van subklassen.....	184
10.4.1 Overerven van methoden.....	184
10.4.2 Toevoegen van methoden.....	185
10.4.3 Vervangen van methoden (override).....	186
10.4.4 Polymorfisme.....	188
10.5 Constructors van subklassen.....	190
10.6 Klasseneigenschappen en klassenmethoden.....	191
10.7 Final-klassen en methoden.....	193
10.8 Abstracte klassen.....	194
10.9 De superklasse Object.....	196
10.9.1 Klassenhiërarchie.....	196
10.9.2 De operator instanceof.....	197
10.9.3 Methoden van de Object-klasse.....	198
10.10 Polymorfisme (bis).....	201
10.11 Code hergebruik: overerving versus associaties.....	202
10.12 Samenvatting.....	205
<b>Hoofdstuk 11: De opsomming.....</b>	<b>206</b>
11.1 Inleiding.....	206
11.2 Eigenschappen, methoden en constructors.....	208
11.3 Samenvatting.....	210
<b>Hoofdstuk 12: Eenvoudige klassen.....</b>	<b>211</b>
12.1 Inleiding.....	211
12.2 Wrappers voor primitieve datatypes.....	211
12.2.1 Wrapper-klassen.....	211
12.2.2 Autoboxing.....	212
12.2.3 Static members.....	215
12.3 Datums en tijden.....	216
12.3.1 Inleiding.....	216
12.3.2 Computertijden: de klasse Instant.....	217
12.3.3 Menselijke datums en tijden.....	219
12.3.4 Tijdsduur.....	222
12.3.5 Formattering van datums en tijden.....	223
12.3.6 Omzetting van en naar Date en Calendar.....	225
12.4 Samenvatting.....	225



<b>Hoofdstuk 13: Interfaces.....</b>	<b>226</b>
13.1 Inleiding.....	226
13.2 Een interface definiëren.....	227
13.2.1 De declaratie van de interface.....	227
13.2.2 De beschrijving van de interface.....	228
13.3 Een interface implementeren in een klasse.....	230
13.4 Standaardmethoden.....	231
13.5 Statische methoden.....	232
13.6 De interface als datatype.....	233
13.7 Samenvatting.....	236
<b>Hoofdstuk 14: Geneste en anonieme klassen.....</b>	<b>237</b>
14.1 Inleiding.....	237
14.2 Gewone geneste klassen (inner classes).....	237
14.3 Lokale geneste klassen (local inner classes).....	239
14.4 Anonieme geneste klassen (anonymous inner classes).....	240
14.5 Static geneste klassen (static nested classes).....	241
14.6 Samenvatting.....	244
<b>Hoofdstuk 15: Exception handling.....</b>	<b>245</b>
15.1 Inleiding.....	245
15.2 Exceptions afhandelen.....	245
15.2.1 Een exception veroorzaken.....	246
15.2.2 Een exception opvangen.....	247
15.2.3 Meerdere exceptions opvangen.....	249
15.2.4 Gemeenschappelijke exception handlers.....	250
15.2.5 Het finally blok.....	252
15.3 Exceptions genereren.....	254
15.3.1 Het throw-statement.....	254
15.3.2 Exceptions bij vervangen methoden.....	256
15.4 Soorten exceptions.....	256
15.4.1 Exceptions versus errors.....	256
15.4.2 Checked exceptions versus runtime exceptions.....	257
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>.....	302
<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 Preëmptieve multitasking.....	423
24.4.4 Coöperatieve multitasking.....	423
24.5 Daemon threads.....	424
24.6 De wachttoestand.....	425
24.6.1 De slaattoestand.....	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

## **Hoofdstuk 25: Grafische applicaties met JavaFX.....446**

25.1 Inleiding.....	446
25.2 Installie 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



# Hoofdstuk 1: Inleiding

## 1.1 De geschiedenis van Java

De programmeertaal Java werd in 1995 ontwikkeld door het bedrijf SUN. Aanvankelijk waren Java en de voorganger OAK bedoeld als robuuste programmeertaal voor consumentenelektronica. Men wou namelijk een taal die betrouwbaar was, die objectgeoriënteerd was en die onafhankelijk was van de snel evoluerende computerchips.

Met de opkomst van het internet stelde men vast dat Java uitermate geschikt was voor een dergelijk groot netwerk dat bestaat uit heterogene computersystemen. Door zijn platformonafhankelijk karakter kunnen de programma's namelijk overal ingezet worden.

Intussen is Java uitgegroeid tot een programmeertaal en platform en is niet meer weg te denken is uit het firmament van de softwareontwikkeling. Java wordt momenteel gebruikt voor het bouwen van platformonafhankelijke desktopapplicaties maar vooral voor het maken van *enterprise*-applicaties (*multitier* gedistribueerde applicaties). Dynamische webapplicaties maken daar een deel van uit.

Java is zowel een **programmeertaal** als een **platform**. Eerst beschrijven we de kenmerken van Java als programmeertaal en vervolgens haar eigenschappen als platform.

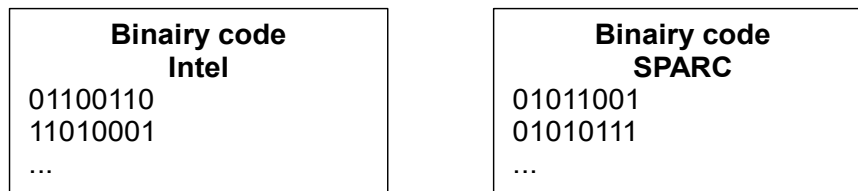
## 1.2 Java als programmeertaal

Java is zowat een buitenbeentje tussen de overige programmeertalen. Java weet de voordelen van verschillende soorten programmeertalen in zich te verenigen.

We zullen eerst trachten Java te situeren tussen de andere programmeertalen.

### 1.2.1 Soorten programmeertalen

Een computer kan slechts werken met binaire codes. Iedere instructie die hij uitvoert, is eigenlijk een binair getal dat opgeslagen is in het werkgeheugen. De processor haalt dit getal (instructie) uit het geheugen en voert de instructie uit. Deze binaire codes en de overeenkomstige instructies zijn specifiek voor iedere processor of processorfamilie. Zo heeft een processor van Intel een andere instructieset dan de SPARC van SUN. Beide zijn op binair niveau helemaal niet compatibel. Binaire codes voor de Intel kunnen niet door de SPARC gebruikt worden en omgekeerd.



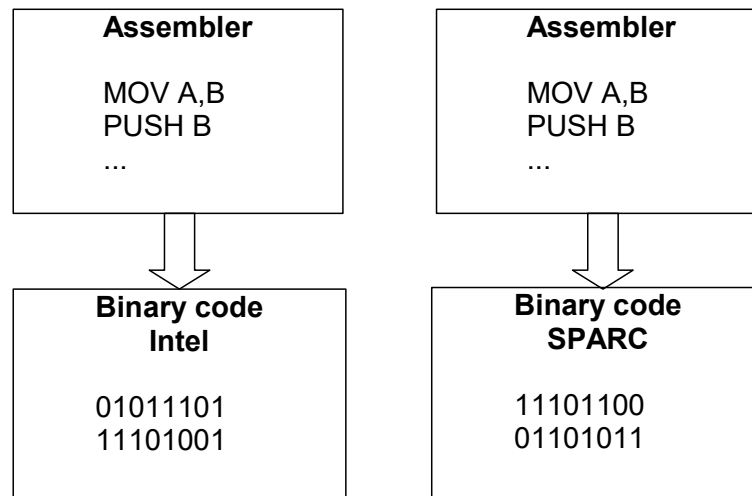
Afbeelding 1: Binaire code Intel versus SPARC

De allereerste programmeurs schreven programma's rechtstreeks in **binaire code**, ook wel machinetaal genoemd. Dit programmeerwerk was vrij omslachtig en tijdrovend. Deze binaire codes zijn niet gebruiksvriendelijk en de kans op het maken van fouten is zeer groot. Machinetaal wordt ook wel de "**eerste generatie programmeertaal**" genoemd.

Om deze vorm van programmeren makkelijker te maken, werd de programmeertaal **Assembler** ontwikkeld. Dit is een "**tweede generatie programmeertaal**". Bij *Assembler*



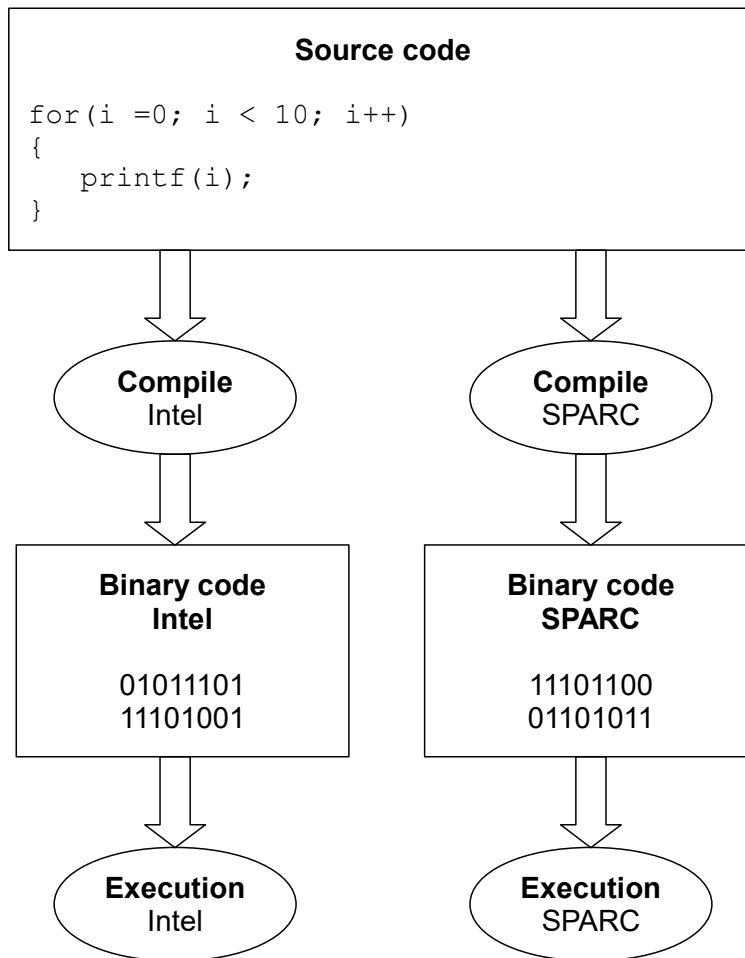
worden de binaire codes vervangen door gebruiksvriendelijkere woorden en symbolen. Het programma wordt geschreven in deze *Assembler*-codes en nadien vertaald in de overeenkomstige binaire codes.



*Afbeelding 2: Vertaling assembler naar binaire code*

De *Assembler*-programmacode voor de verschillende processoren lijkt al meer op elkaar, maar toch is *Assembler* niet meer dan een gebruiksvriendelijke voorstelling van de binaire code. Het is dus geen echte programmeertaal. *Assembler* maakt het de programmeur gewoon wat makkelijker. Ondanks de grote gelijkenissen blijft de *Assembler*-taal toch specifiek voor iedere processor en is ze niet overdraagbaar naar andere processoren.

Bij **hogere programmeertalen** zoals C/C++, Visual Basic, Pascal, Cobol enzovoort wordt de programmacode geschreven in een vrij gebruiksvriendelijke taal: met woorden in plaats van met binaire codes. Men noemt dit de 'broncode'. Zo'n programma wordt nadien omgezet in de juiste binaire code voor een bepaalde processor. Dit noemt men de 'objectcode'. Deze programmeertalen noemt men ook wel "**derde generatie programmeertalen**".



Afbeelding 3: Compilatie van broncode

Sommige hogere programmeertalen (zoals C/C++) zijn overdraagbaar. Dat wil zeggen dat een programma geschreven in die taal onafhankelijk is van het type processor dat nadien de instructies zal uitvoeren. De programmacode wordt nadien vertaald naar de juiste binaire instructies voor die specifieke processor.

Het omzetten van die programmaregels naar die binaire code kan op twee verschillende momenten gebeuren: ofwel op voorhand ofwel tijdens de uitvoering van het programma.

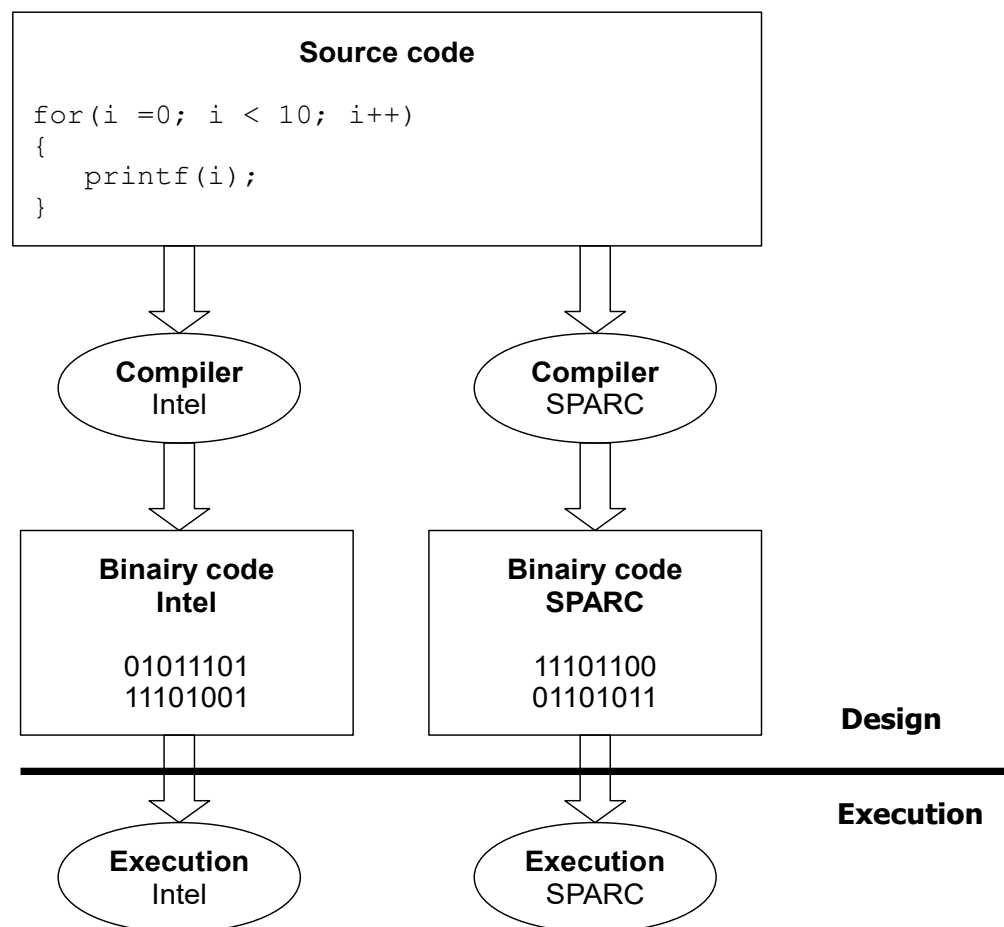
Op basis van dit vertaalmoment worden programmeertalen in twee groepen verdeeld:

1. Gecompileerde programmeertalen
2. Geïnterpreteerde programmeertalen

### 1.2.1.1 Gecompileerde programmeertalen

Bij gecompileerde programmeertalen wordt de broncode weggeschreven in een tekstbestand. Deze broncode wordt vervolgens vertaald naar de binaire objectcode die wordt weggeschreven in een uitvoerbaar binair bestand. Men noemt dit proces 'compileren' en dit wordt gedaan door een *compiler*.

Nadien wordt de binaire code van het bestand ingeladen en uitgevoerd door de processor.



Afbeelding 4: Gecompileerde programmeertalen

Ieder type processor heeft zijn eigen compiler die de programmacode kan omzetten in de juiste binaire codes voor de processor.

#### Voordelen:

1. De broncode van gecompileerde talen is **overdraagbaar**. Men kan programma's schrijven in één taal en toch laten uitvoeren op verschillende machines.
2. Gecompileerde programma's zijn **snel** omdat de binaire code rechtstreeks wordt uitgevoerd.
3. De objectcode is binair en kan dus moeilijk aangepast of gebruikt worden door anderen. Zonder de overeenkomstige broncode is het haast onmogelijk te achterhalen hoe een programma is opgebouwd. De broncode is dus goed **beschermd**.

#### Nadelen:

1. Voor elk type processor moet een afzonderlijk binair bestand (objectcode) gemaakt worden. De uitvoerbare programma's zijn niet overdraagbaar. De objectcode is met andere woorden **processorafhankelijk**. Dit vormt een probleem als programma's bijvoorbeeld over het internet verspreid worden. Er moet dan voor elk type computer een afzonderlijk uitvoerbaar bestand gemaakt worden.
2. Voor elk besturingssysteem moet het programma afzonderlijk gecompileerd worden

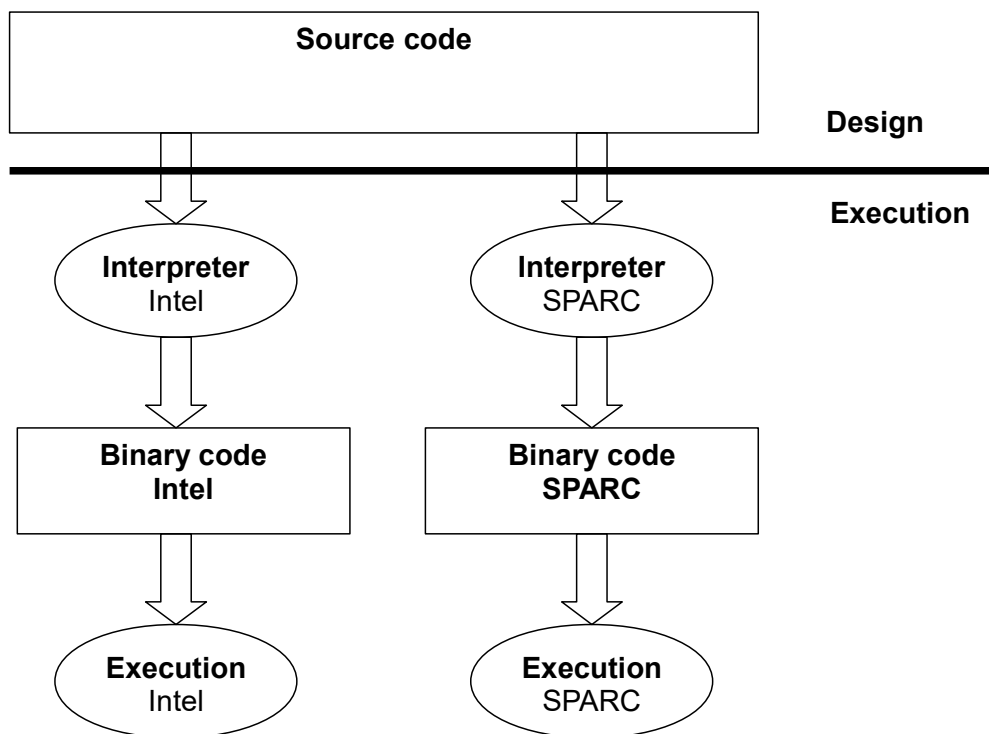


omdat de interactie met het besturingssysteem telkens anders is. Zowel de broncode als de objectcode zijn **afhankelijk van het besturingssysteem**.

- De programma's moeten eerst gecompileerd worden vooraleer ze getest kunnen worden. Na iedere aanpassing volgt nogmaals een compilatie. Het uittesten en *debuggen* is daardoor **omslachtig en tijdrovend**.

### 1.2.1.2 Geïnterpreteerde programmeertalen

Bij geïnterpreteerde programmeertalen wordt de vertaalslag gedaan tijdens de uitvoering van het programma. De broncode wordt ook hier opgeslagen in een tekstbestand en tijdens de uitvoering van het programma worden de programmaregels stap voor stap geïnterpreteerd en uitgevoerd. Er is dus geen intermediair bestand met objectcode.



Afbeelding 5: Geïnterpreteerde programmeertalen

Het interpreteren wordt in dit geval gedaan door een *interpreter*. Scripttalen (zoals *JavaScript*, *Visual Basic Script*) zijn over het algemeen geïnterpreteerde talen. In dit geval is het bijvoorbeeld de internetbrowser die dienst doet als *interpreter*.

#### Voordelen:

- De programmacode kan **snel aangepast** worden en onmiddellijk geëvalueerd worden.
- Programma's zijn **onmiddellijk overdraagbaar**, omdat de programmacode onafhankelijk is van de processor en het besturingssysteem. De vertaling gebeurt namelijk door de *interpreter*. Dit maakt dit soort talen uitermate geschikt voor verspreiding via het internet. Er is slechts één broncode die rechtstreeks kan dienen voor verschillende platformen.

#### Nadelen:

- De programma's werken traag, omdat alle programmastappen telkens weer



geïnterpreteerd moeten worden.

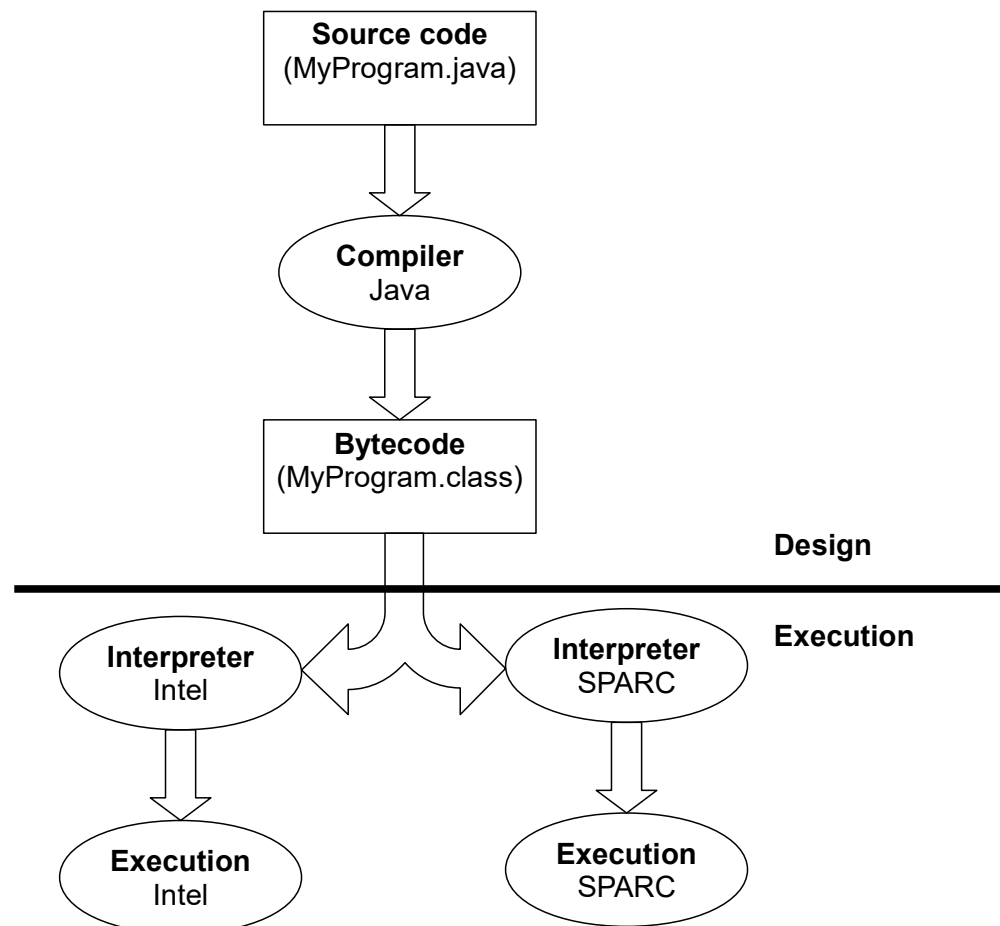
2. Het is moeilijk om de broncode te beschermen tegen illegaal gebruik. De programma's bestaan uit tekstbestanden die anderen naar believen kunnen kopiëren en aanpassen.

### 1.2.2 Java versus andere programmeertalen

Java is een buitenbeentje tussen de programmeertalen. Het is zowel een gecompileerde als geïnterpreteerde programmeertaal. Op die manier weet ze de voordelen van beide in zich te verenigen.

Een Java-programma wordt geschreven in een gewoon tekstbestand (broncode) met extensie **java** (voorbeeld **MyProgram.java**). In plaats van deze broncode te vertalen naar een binaire code voor een specifieke processor en besturingssysteem, wordt hij **gecompileerd** naar de binaire code van een virtuele machine met een virtuele processor en virtueel besturingssysteem. Men noemt dit de '**bytecode**'. Hij wordt opgeslagen in een bestand met extensie **class** (voorbeeld **MyProgram.class**). Deze **bytecode** wordt nadien **geïnterpreteerd** en uitgevoerd door de *Java Virtual Machine* (JVM).

Dit wordt weergegeven in het volgende schema:



Afbeelding 6: Java als gecompileerde en geïnterpreteerde programmeertaal

#### Voordelen:

1. Gecompileerde Java-programma's zijn **overdraagbaar**. De *bytecode* is universeel en kan door elke JVM gebruikt worden. Dit maakt Java uitermate geschikt voor het gebruik op het



internet.

2. Vanwege van de compacte en efficiënte *bytecode* is Java **sneller** dan de meeste geïnterpreteerde talen.
3. De *bytecode* kan bovendien ook nog **gecomprimeerd** worden en voorzien worden van een **digitale handtekening**. Dit is vooral interessant als software wordt gedownload van het internet.
4. De *bytecode* is beter **beschermd tegen illegaal gebruik** en aanpassingen.
5. Java is niet enkel processoronafhankelijk maar ook **platformonafhankelijk**.

#### Nadelen:

1. Java is **trager** dan pure gecompileerde programmeertalen omdat de *bytecode* uiteindelijk toch geïnterpreteerd moet worden. Dit euvel tracht men op te lossen door gebruik te maken van een *JIT compiler (Just In Time compiler)*. Deze compileert de *Java-bytecode* in binaire code de eerste keer dat de code uitgevoerd wordt. Het programma wordt dus net op tijd (*just in time*) gecompileerd. Dit zorgt aanvankelijk voor de nodige vertraging. De laatste versies van de JVM zijn echter gebaseerd op de **HotSpot**-technologie. Hierbij wordt nagegaan welk deel van de code het meest gebruikt wordt en enkel dit deel wordt gecompileerd tot binaire code. De weinig gebruikte *bytecode* wordt gewoon geïnterpreteerd.
2. Op elke computer waar een Java-programma wordt uitgevoerd, moet een **Java Virtual Machine (JVM)** beschikbaar zijn.

### 1.2.3 Kenmerken van Java als programmeertaal

Java heeft de volgende hoofdkenmerken:

1. **Geïnterpreteerde programmeertaal:** De *bytecode* wordt stap voor stap geïnterpreteerd en uitgevoerd door de *Java Virtual Machine*. Door de *Hotspot*-technologie wordt de kritische code gecompileerd naargelang het nodig is.
2. **Overdraagbaar – platformonafhankelijk:** Java-toepassingen kunnen op verschillende platformen gebruikt worden. De *bytecode* is onafhankelijk van het type processor en het besturingssysteem.
3. **Objectgeoriënteerd:** Java is consequent objectgeoriënteerd.
4. **Gedistribueerd:** Java is uitermate geschikt voor gebruik in een netwerkomgeving. Java is uitgerust met een bibliotheek voor het gebruik in een netwerk. Het is mogelijk om met *Java client-server*-toepassingen te ontwikkelen.
5. **Robuust:** Java heeft een aantal mechanismen ingebouwd die deze programmeertaal zeer robuust maken. Zo zijn datatypes strikt gedefinieerd, er zijn geen *pointers* en voor het geheugenbeheer wordt gebruikgemaakt van *garbage collection* waardoor vervelende *memory leaks* vermeden worden.
6. **Multithreaded:** Java biedt de mogelijkheid programma's te schrijven met meerdere uitvoeringsaders (*threads*). Hierdoor kunnen in een Java-toepassing meerdere taken tegelijkertijd uitgevoerd worden.

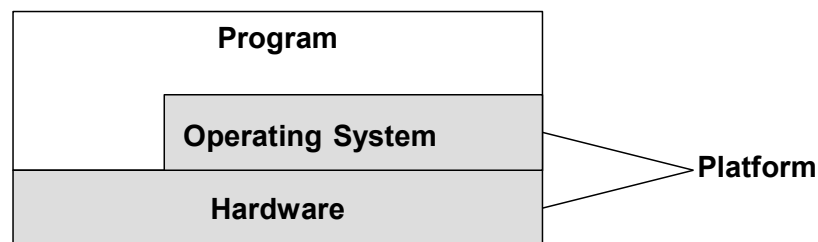




7. **Veilig:** Java heeft een aantal mechanismen die de veiligheid van de toepassing waarborgen.
8. **Snel:** Hoewel Java als geïnterpreteerde taal aanzienlijk trager is dan pure gecompileerde talen, kan door middel van de **HotSpot**-technologie de uitvoeringssnelheid van gecompileerde talen toch benaderd worden.

### 1.3 Java als platform

Onder platform verstaan we de combinatie van hardware en een besturingssysteem. Het meest bekende platform is het **WINTEL**-platform. **WINTEL** is een samenvoeging van **Windows** en **Intel**. Windows is het besturingssysteem dat gebruik maakt van de hardware op basis van Intel-processoren (of compatibele processoren).

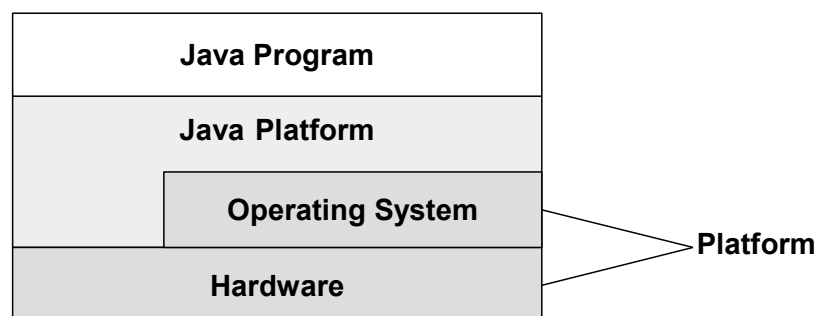


Afbeelding 7: Betekenis van een platform

Gecompileerde programma's worden doorgaans gecompileerd voor een specifiek platform. Een programma voor *Windows* werkt niet onder *Linux*, ook al maken ze beide gebruik van dezelfde hardware. Naast de juiste binaire instructies die afhankelijk zijn van de hardware, is er namelijk ook interactie met het besturingssysteem. Daarom moeten programma's opnieuw gecompileerd worden voor ieder afzonderlijk besturingssysteem. Na de compilatie worden deze programma's namelijk gekoppeld aan bibliotheken die de communicatie met het besturingssysteem verzorgen. In de *Windows*-omgeving hebben we bijvoorbeeld de WIN32-API.

Java is niet enkel een programmeertaal zoals beschreven in vorige paragraaf, maar Java biedt ook een eigen platform aan waarbinnen de Java-toepassingen worden uitgevoerd. Het Java-platform is louter softwarematig en is gebouwd bovenop het gewone platform. Dit wil zeggen dat het Java-platform abstractie maakt van het concrete hardwareplatform en de programmacode isoleert. Juist hierdoor is Java overdraagbaar en platformonafhankelijk.

Dit impliceert wel dat het Java-platform zelf niet platformonafhankelijk is. Ieder platform moet over zijn eigen JVM beschikken. Het zijn enkel de Java-programma's die platformonafhankelijk zijn.



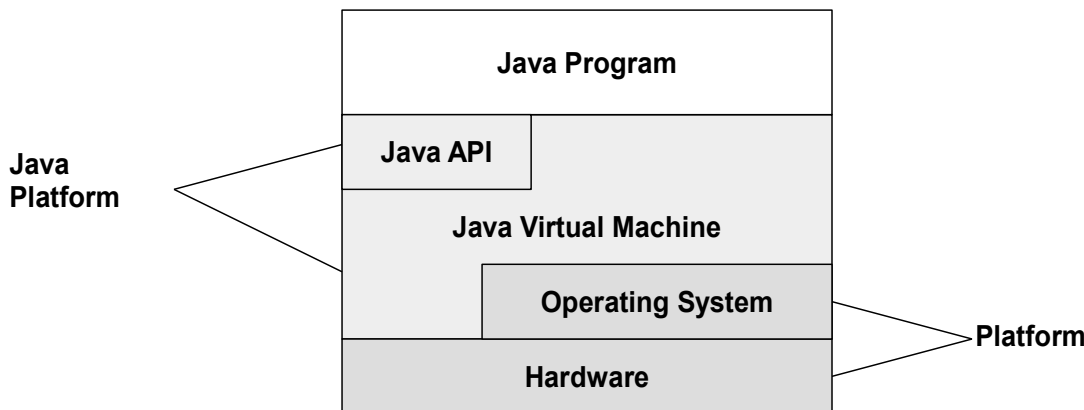
Afbeelding 8: Java als platform



Het Java-platform bestaat uit twee componenten:

1. De **Java Virtual Machine (Java VM)**: deze interpreteert de *bytecode* en maakt gebruik van de onderliggende hardware en het onderliggende besturingssysteem om de instructies uit te voeren.
2. De **Java Application Programming Interface (Java API)**: dit is een verzameling van softwarecomponenten die gebruikt kunnen worden door het Java-programma. Deze componenten zijn gegroepeerd in zogenaamde *packages*.

Het complete schema ziet er dan als volgt uit:



Afbeelding 9: Onderdelen van het Java-platform

## 1.4 Soorten Java-toepassingen

Java-toepassingen bestaan in verschillende vormen:

1. **Java-desktopapplicaties**: Dit zijn *standalone*-toepassingen die net als andere programma's worden uitgevoerd op de computer. De JVM op de computer interpreteert de *bytecode* en voert de instructies uit. Om Java-toepassingen uit te voeren moet men eerst de JVM installeren op de computer.
2. **Java-serverapplicaties**: Dit zijn Java-applicaties die uitgevoerd worden op een (web)server. Doorgaans zijn deze toepassingen toegankelijk via de webbrowser. Het is in dit geval niet nodig de JVM te installeren op de computer aangezien alle code wordt uitgevoerd op de server.

## 1.5 Samenvatting

In dit hoofdstuk hebben we gezien dat er verschillende soorten programmeertalen zijn: de gecompileerde talen en de geïnterpreteerde talen. Beide hebben hun voordelen en nadelen. Java is zowel een gecompileerde als geïnterpreteerde taal waardoor de voordelen van beide gecombineerd worden. Daarnaast is Java meer dan een programmeertaal; het is ook een eigen platform dat abstractie maakt van het onderliggende concrete platform. Hierdoor zijn Java-toepassingen echt platformonafhankelijk.



## Hoofdstuk 2: De *Java Development Kit*

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk leren we wat een ontwikkelaar nodig heeft om Java-toepassingen te ontwikkelen. Tevens zullen we deze benodigheden installeren op ons systeem.

### 2.2 JDK en documentatie

Om Java-programma's te kunnen ontwikkelen en uitvoeren hebben we allerlei toepassingen nodig om code te compileren, te debuggen en uit te voeren via de *Java Virtual Machine (JVM)*. Deze toepassingen zijn samengebracht in de **Java Development Kit (JDK)**.

Op basis van deze JDK kan een aangepaste **Java Runtime Environment (JRE)** gemaakt worden die enkel bedoeld is voor het uitvoeren van de code en die samen met de programmacode geïnstalleerd kan worden op het systeem waar de toepassing zal moeten draaien. We zullen later zien hoe we zo'n JRE kunnen aanmaken.

Daarnaast moeten we ook beschikken over de nodige **documentatie**: deze kunnen we raadplegen op het internet of lokaal op ons systeem installeren.

Samengevat hebben we dus het volgende nodig:

- De **Java Development Kit (JDK)**.
- De **Java-API-documentatie**.

De JDK en de bijbehorende documentatie kunnen gratis van het internet gehaald worden op de volgende website: <http://java.oracle.com>

Aangezien de JVM zelf en de bijbehorende hulpprogramma's niet platformonafhankelijk zijn, dient men de juiste versie van de JDK te downloaden.

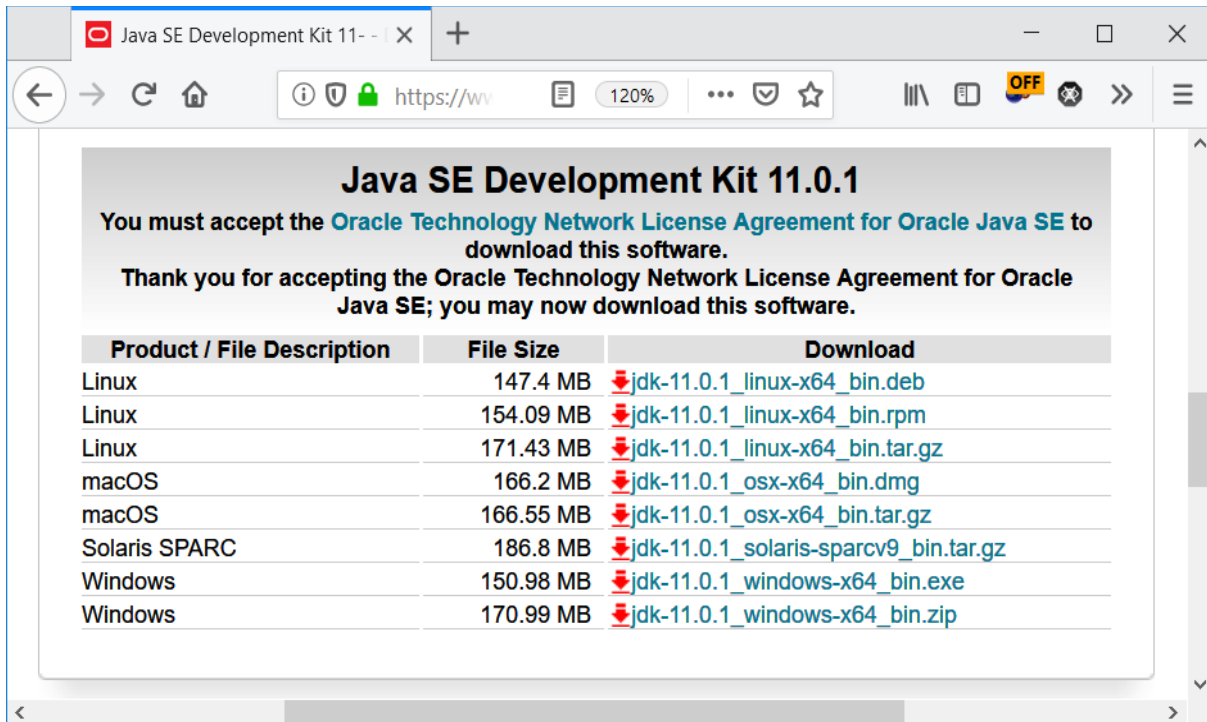
#### **Opdracht 1: De JDK installeren**

In deze opdracht gaan we JDK 11 van de website plukken en installeren. Tevens zullen we de omgevingsvariabelen `JAVA_HOME` en `PATH` zodat we de programma's van de JDK op gelijk welke plek op ons systeem te kunnen gebruiken.

- Download de installatiebestanden van JDK 11 van de website <http://java.oracle.com>. Ga naar de downloadpagina en kies de versie die overeenkomt met je platform<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Het versienummer kan verschillen van hetgeen in de afbeelding wordt weergegeven. Installeer gewoon de laatste versie van JDK 11 die op dit moment beschikbaar is.



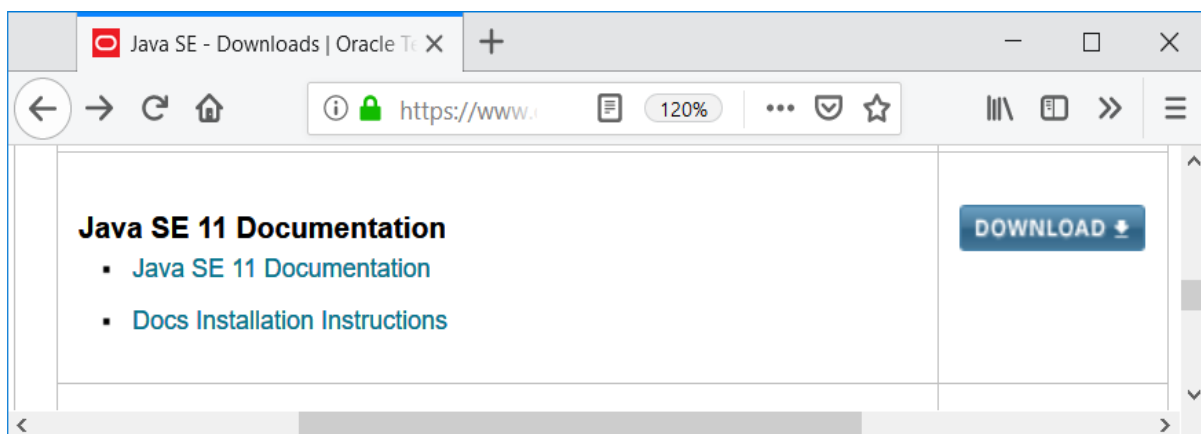
Afbeelding 10: Downloadpagina van de JDK

- Voer het installatieprogramma uit en gebruik hierbij telkens de standaardinstellingen.

### Opdracht 2: De JDK-documentatie installeren

In deze opdracht gaan we de documentatie bij de JDK lokaal installeren zodat we die steeds ter beschikking hebben, ook als we niet verbonden zijn met het internet.

- Haal de JDK-documentatie van de website <http://java.oracle.com>. Selecteer **Download** bij **Java SE 11 Documentation**.



Afbeelding 11: Downloadpagina van de Java-API-documentatie

- Pak het bestand `jdk-11.x.y_doc-all.zip`<sup>1</sup> uit in een lokale map.
- Open het bestand `..\docs\index.html` en maak eventueel een snelkoppeling naar dit bestand op het bureaublad of in het *Start*-menu.

<sup>1</sup> x en y staan voor het versienummer.