



**HoGent**

Faculteit Bedrijf en Organisatie

NoSQL: Apache Cassandra

Lorenz Verschingel

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van  
Bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:  
Sabine De Vreese  
Co-promotor:  
Jean-Jacques De Clercq

Instelling: HoGent

Academiejaar: 2015-2016

Tweede examenperiode



Faculteit Bedrijf en Organisatie

NoSQL: Apache Cassandra

Lorenz Verschingel

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van  
Bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:  
Sabine De Vreese  
Co-promotor:  
Jean-Jacques De Clercq

Instelling: HoGent

Academiejaar: 2015-2016

Tweede examenperiode

## Samenvatting

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

# Voorwoord

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consetetuer.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Probleemstelling en Onderzoeksvragen . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Methodologie</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Data opslag in Cassandra</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Opzetten van de Cassandra cluster</b>	<b>10</b>
4.1	Apache Cassandra . . . . .	10
4.2	DataStax OpsCenter . . . . .	10
4.3	Toevoegen van een node . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Datamodellering in Cassandra</b>	<b>15</b>
5.1	Primaire sleutel . . . . .	15
5.2	Partitie kolom . . . . .	15
5.3	Clustering kolom . . . . .	16
5.4	De WHERE clause . . . . .	16
5.4.1	Restricties opgelegd door de partitie kolommen . . . . .	16
5.4.2	Restricties opgelegd door de clustering kolommen . . . . .	17
<b>6</b>	<b>Data importeren in Cassandra</b>	<b>18</b>
6.1	Importeren via cqlsh . . . . .	18
6.2	Importeren via sstableloader . . . . .	19
6.3	Importeren via cassandra-loader . . . . .	19
6.4	Een vergelijking van de drie methodes . . . . .	19
<b>7</b>	<b>Gedrag bij uitvallen van een node</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>21</b>

# Hoofdstuk 1

## Inleiding

De inleiding moet de lezer alle nodige informatie verschaffen om het onderwerp te begrijpen zonder nog externe werken te moeten raadplegen (?). Dit is een doorlopende tekst die gebaseerd is op al wat je over het onderwerp gelezen hebt (literatuuronderzoek).

Je verwijst bij elke bewering die je doet, vakterm die je introduceert, enz. naar je bronnen. In  $\text{\LaTeX}$  kan dat met het commando `\cite{}` of `\citep{}`. Als argument van het commando geef je de “sleutel” van een “record” in een bibliografische databank in het Bib $\text{\TeX}$ -formaat (een tekstbestand). Als je expliciet naar de auteur verwijst in de zin, gebruik je `\cite{}`. Soms wil je de auteur niet expliciet vernoemen, dan gebruik je `\citep{}`. Hieronder een voorbeeld van elk.

? schreef een van de standaardwerken over sorteer- en zoekalgoritmen. Experts zijn het erover eens dat cloud computing een interessante opportuniteit vormen, zowel voor gebruikers als voor dienstverleners op vlak van informatietechnologie (?).

### 1.1 Probleemstelling en Onderzoeksvragen

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

Etiam euismod. Fusce facilisis lacinia dui. Suspendisse potenti. In mi erat, cursus id, nonummy sed, ullamcorper eget, sapien. Praesent pretium, magna in eleifend egestas, pede pede pretium lorem, quis consectetur tortor sapien facilisis magna. Mauris quis magna varius nulla scelerisque imperdiet. Aliquam non quam. Aliquam porttitor quam a lacus. Praesent vel arcu ut tortor cursus volutpat. In vitae pede quis diam bibendum placerat. Fusce elementum convallis neque. Sed dolor orci, scelerisque ac, dapibus nec, ultricies ut, mi. Duis nec dui quis leo sagittis commodo.

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor



pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

Donec et nisl at wisi luctus bibendum. Nam interdum tellus ac libero. Sed sem justo,

laoreet vitae, fringilla at, adipiscing ut, nibh. Maecenas non sem quis tortor eleifend fermentum. Etiam id tortor ac mauris porta vulputate. Integer porta neque vitae massa. Maecenas tempus libero a libero posuere dictum. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aenean quis mauris sed elit commodo placerat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Vivamus rhoncus tincidunt libero. Etiam elementum pretium justo. Vivamus est. Morbi a tellus eget pede tristique commodo. Nulla nisl. Vestibulum sed nisl eu sapien cursus rutrum.

Nulla non mauris vitae wisi posuere convallis. Sed eu nulla nec eros scelerisque pharetra. Nullam varius. Etiam dignissim elementum metus. Vestibulum faucibus, metus sit amet mattis rhoncus, sapien dui laoreet odio, nec ultricies nibh augue a enim. Fusce in ligula. Quisque at magna et nulla commodo consequat. Proin accumsan imperdiet sem. Nunc porta. Donec feugiat mi at justo. Phasellus facilisis ipsum quis ante. In ac elit eget ipsum pharetra faucibus. Maecenas viverra nulla in massa.

Nulla ac nisl. Nullam urna nulla, ullamcorper in, interdum sit amet, gravida ut, risus. Aenean ac enim. In luctus. Phasellus eu quam vitae turpis viverra pellentesque. Duis feugiat felis ut enim. Phasellus pharetra, sem id porttitor sodales, magna nunc aliquet nibh, nec blandit nisl mauris at pede. Suspendisse risus risus, lobortis eget, semper at, imperdiet sit amet, quam. Quisque scelerisque dapibus nibh. Nam enim. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ut metus. Ut metus justo, auctor at, ultrices eu, sagittis ut, purus. Aliquam aliquam.

# Hoofdstuk 2

## Methodologie

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.

Etiam suscipit aliquam arcu. Aliquam sit amet est ac purus bibendum congue. Sed in eros. Morbi non orci. Pellentesque mattis lacinia elit. Fusce molestie velit in ligula. Nullam et orci vitae nibh vulputate auctor. Aliquam eget purus. Nulla auctor wisi sed ipsum. Morbi porttitor tellus ac enim. Fusce ornare. Proin ipsum enim, tincidunt in, ornare venenatis, molestie a, augue. Donec vel pede in lacus sagittis porta. Sed hendrerit ipsum quis nisl. Suspendisse quis massa ac nibh pretium cursus. Sed sodales. Nam eu neque quis pede dignissim ornare. Maecenas eu purus ac urna tincidunt congue.

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.

Maecenas non massa. Vestibulum pharetra nulla at lorem. Duis quis quam id lacus dapibus interdum. Nulla lorem. Donec ut ante quis dolor bibendum condimentum. Etiam egestas tortor vitae lacus. Praesent cursus. Mauris bibendum pede at elit. Morbi et felis a lectus interdum facilisis. Sed suscipit gravida turpis. Nulla at lectus.

Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Praesent nonummy luctus nibh. Proin turpis nunc, congue eu, egestas ut, fringilla at, tellus. In hac habitasse platea dictumst.

Vivamus eu tellus sed tellus consequat suscipit. Nam orci orci, malesuada id, gravida nec, ultricies vitae, erat. Donec risus turpis, luctus sit amet, interdum quis, porta sed, ipsum. Suspendisse condimentum, tortor at egestas posuere, neque metus tempor orci, et tincidunt urna nunc a purus. Sed facilisis blandit tellus. Nunc risus sem, suscipit nec, eleifend quis, cursus quis, libero. Curabitur et dolor. Sed vitae sem. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Maecenas ante. Duis ullamcorper enim. Donec tristique enim eu leo. Nullam molestie elit eu dolor. Nullam bibendum, turpis vitae tristique gravida, quam sapien tempor lectus, quis pretium tellus purus ac quam. Nulla facilisi.

## **Hoofdstuk 3**

### **Data opslag in Cassandra**

## Hoofdstuk 4

# Opzetten van de Cassandra cluster

### 4.1 Apache Cassandra

Om te beginnen aan het opzetten van de van de clusters werd geopteerd om gebruik te maken van virtuele machines, die geconfigureerd werden met Vagrant.

In een eerste poging om een werkende Cassandra cluster te bekomen werd er op elke Vagrant machine Cassandra 3.3, op moment van schrijven de meest recente versie, geïnstalleerd. Nadat dit was gebeurd dienden nog enkele stappen te voltooid worden om een werkende cluster te bekomen (DataStax, 2016). De configuratie op deze manier gaf echter veel problemen, Cassandra werd telkens na enkele bewerkingen onbruikbaar met de foutboodschap "could not access pidfile for Cassandra". Een eerste oplossing voor dit probleem was om te zorgen dat de user cassandra toegang had tot de pidfile, want namelijk niet het geval was doordat de installatie van Cassandra werd uitgevoerd door de vagrant setup. Maar ook dit leverde weinig resultaat op. Wel dient opgemerkt te worden dat deze installatie van Cassandra zelf geen problemen met zich meebracht. Voor het aanpassen van de configuratie file van Cassandra werkte deze perfect op iedere node.

### 4.2 DataStax OpsCenter

Uiteindelijk werd er geopteerd om gebruik te maken van OpsCenter omdat dit een gemakkelijke manier is om snel een Cassandra cluster te bekomen en omdat dit ook goede mogelijkheden tot monitoren van de database voorziet. Van het OpsCenter

werd er voor de community edition 5.2.4 gekozen. Hiermee komt Cassandra 2.1.11 geïnstalleerd (Cantoni, 2016).

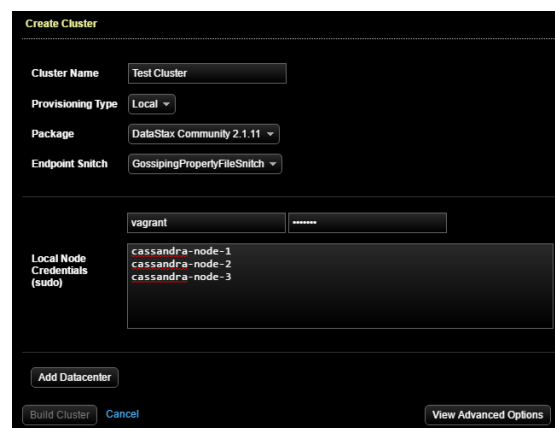
De setup bestaat uit 1 master node waarop het OpsCenter runt en dan 3 slave nodes waar de uiteindelijke Cassandra database op komt te runnen. Na de NAT router van Oracle Virtual Box werd een privaat netwerk opgezet zodanig deze machines met elkaar konden communiceren. Hiervoor moest elke machine een ip-adres krijgen binnen het netwerk en ook de `/etc/hosts` aangepast worden. In bijlage A kunnen de scripts hiervoor teruggevonden worden.

Eenmaal de virtuele machines correct geconfigureerd waren, werd er overgegaan tot de eigenlijke installatie van Cassandra. Zoals eerder vermeld werd hiervoor gebruik gemaakt van het OpsCenter. Hiervoor werd op de master node naar de localhost:8888 gesurft om de installatie te starten. Op de pagina dit te voorschijn komt werd voor de optie 'brand new cluster gekozen'.

In het volgende venster wordt er om verschillende zaken gevraagd. Tabel 4.1 en figuur 4.1 geven weer hoe dit venster ingevuld werd.

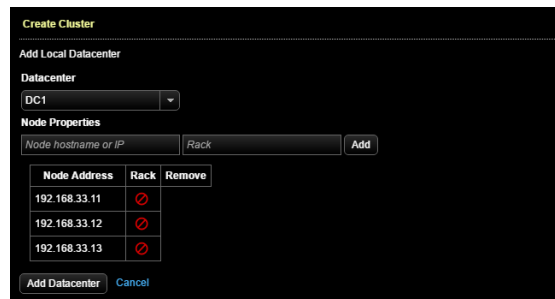
Property Name	Waarde
Cluster Name	BP Cluster
Type	local
Package	datastax community 2.1.11
Endpoint Snitch	GossipingPropertyFileSnitch
Username en password	vagrant/vagrant
Local Node Credentials	cassandra-node-1, cassandra-node-2, cassandra-node-3

Tabel 4.1: Configuratie van de Cassandra Cluster



Figuur 4.1: Cassandra: Instellingen deel 1

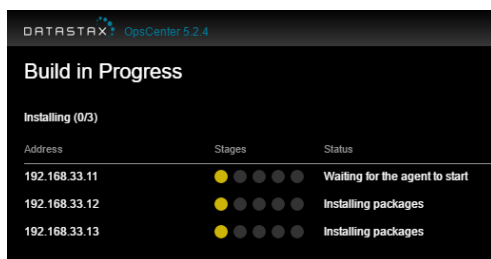
Hier dient een datacenter toegevoegd te worden. Hierbij wordt de naam van het datacenter vrij gekozen en zijn de node properties het ip-adres van de slave nodes (Figuur: 4.2).



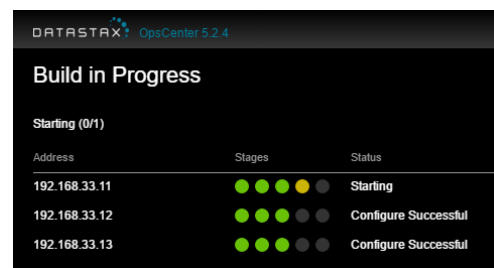
Figuur 4.2: Cassandra: Instellingen deel 2

Eenmaal de datacenters zijn toegevoegd kan men verdergaan. Bij het drukken op de knop 'build cluster' word nog gevraagd om de fingerprints van de nodes te accepteren.

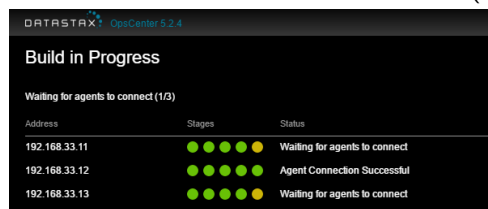
Hierna begint OpsCenter met de installatie van de Cassandra cluster (Figuur: 4.3). Deze installatie neemt enkele ogenblikken in beslag. Als hier fouten voorkomen ligt dit veelal aan het feit dat er onvoldoende werkgeheugen aanwezig is op de slave nodes. In de setup die hier gebruikt werd het minimum aanvaarde geheugen geven aan de slave nodes, nl 2GB. Samen met Cassandra wordt ook de DataStax agent meegeïnstalleerd zodat het OpsCenter kan communiceren met iedere node.



(a) Deel 1



(b) Deel 2

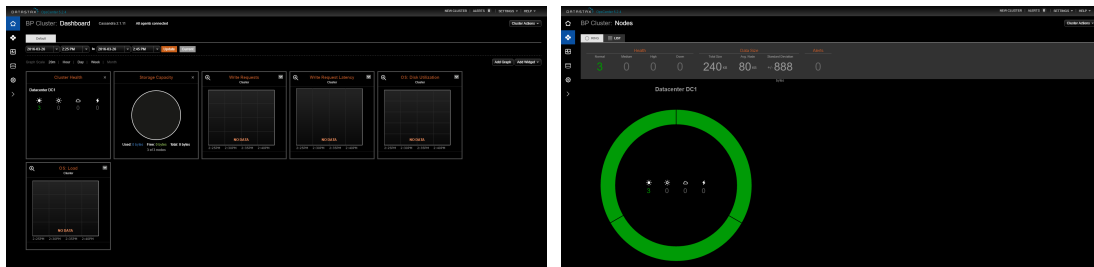


(c) Deel 3

Figuur 4.3: Installatie van Cassandra door OpsCenter



Na de installatie komt men terecht in het Dashboard van OpsCenter (Figuur 4.4a). Hierin worden een aantal zaken weergegeven zoals de gezondheid van de cluster, het aantal write requests, de write request latency, ... Hier kunnen nog meer grafieken aan toegevoegd worden via de knop "add graph". In het tabblad nodes kan gezondheid van de cluster bekeken worden evenals hoe de data verdeeld zit over de cluster. Deze informatie kan in ringvorm zoals op figuur 4.4b weergegeven worden of in een lijst.



(a) Tabblad dashboard

(b) Tabblad nodes: ring

Figuur 4.4: Rondleiding in OpsCenter

Cassandra voorziet zelf ook een tool die deze monitoring voorziet, nodetool. Om te bekijken of de installatie gelukt is kan men via ssh inloggen op een van de nodes van de cluster en hier nodetool laten lopen (Figuur 4.5). Als men met nodetool de status opvraagt dan krijgt men eveneens alle nodes in de cluster te zien, samen het de hoeveelheid data die ze bevatten en hoeveel dit percentueel is van de data die aanwezig is in de cluster.

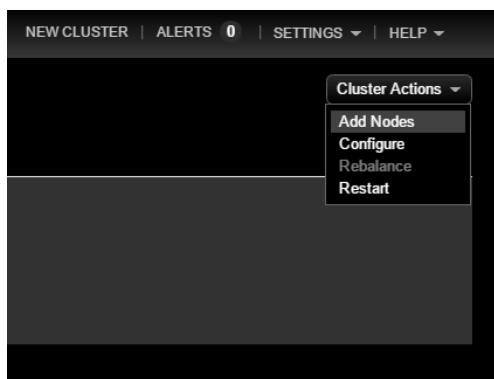
```
vagrant@cassandra-node-1:~$ nodetool status
Datacenter: DC1
Status=Up/Down
// State=Normal/Leaving/Joining/Moving
-- Address      Load      Tokens     Owns    Host ID
--  --
UN 192.168.33.11  80.5 KB    256        ?       74a74814-d29b-4091-b621-89599cb4b1f9
UN 192.168.33.12  80.97 KB   256        ?       0167d105-d0ca-4994-9550-0fc089c6a4db
UN 192.168.33.13  80.38 KB   256        ?       279f3eae-832f-4a1e-9d70-d68512ea39ff

Note: Non-system keyspace don't have the same replication settings, effective ownership information is meaningless
vagrant@cassandra-node-1:~$
```

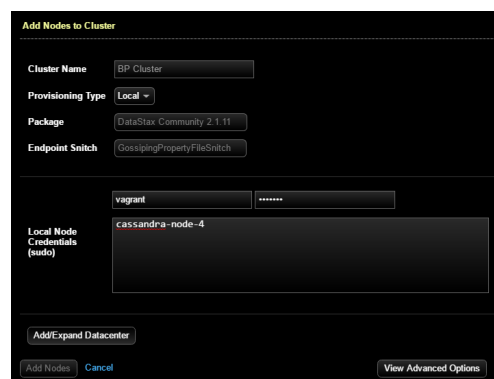
Figuur 4.5: Nodetool

### 4.3 Toevoegen van een node

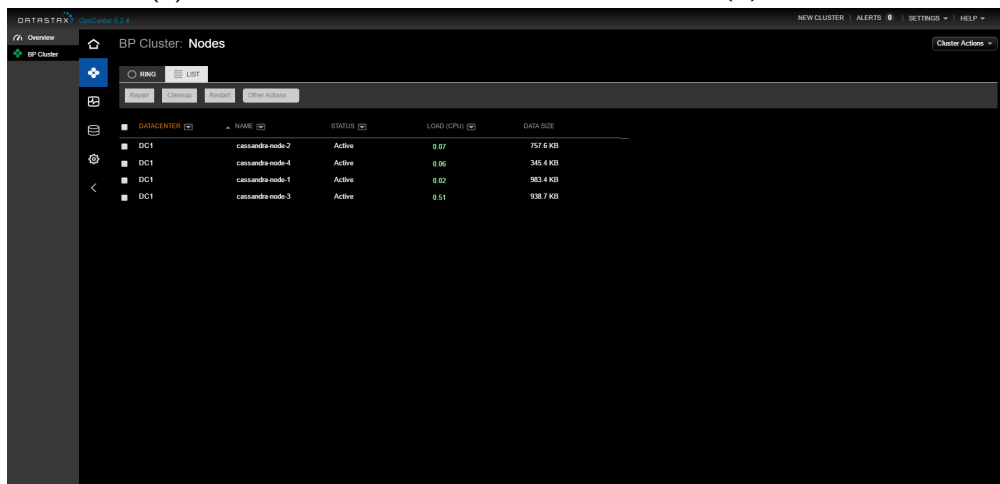
Het proces van het toevoegen van een node is zeer gelijkaardig aan het opzetten van de cluster. Hierbij dient men in het OpsCenter bij het menu "cluster actions" voor de optie "add node" kiezen (Figuur 4.6a). Hier wordt een vierde node toegevoegd aan de cluster. Net zoals bij de installatie van de cluster wordt opnieuw het scherm getoond waarin de aanmeld gegevens voor de gegeven node gevraagd worden (Figuur 4.6b). Via de knop "Add/Expand Datacenter" kan men op dezelfde manier nodes toevoegen aan het bestaande datacenter die tijdens de installatie werd aangemaakt. Bij het bevestigen wordt opnieuw gevraagd om de fingerprint van de node te accepteren. Hierna begint de installatie van de software op de node, de agent en cassandra worden geïnstalleerd en geconfigureerd. Na dit alles kan men in het tabblad nodes, deze maal als een lijst, zien dat de nieuwe node is toegevoegd aan de cluster (Figuur: 4.6c).



(a) Add node



(b) Deel 2



(c) Tabblad node met 4 nodes

Figuur 4.6: Toevoegen van een node via OpsCenter

# Hoofdstuk 5

## Datamodellering in Cassandra

### 5.1 Primaire sleutel

Binnen de primaire sleutel in Cassandra worden de partitie (5.2) en clustering (5.2) kolommen vastgelegd voor een tabel. In tegenstelling tot relationele databases dient de primaire sleutel hier niet als unieke sleutel voor de rij maar om snel te weten te komen waar de data zich bevindt (Kan, 2014). Als een tabel slechts één kolom heeft als primaire sleutel dan is deze kolom meteen ook de partitie kolom en zijn er geen clustering kolommen.

Door het feit dat de primaire sleutel in Cassandra niet uniek hoeft te zijn gedragen het INSERT commando en het UPDATE commando zich op een identieke wijze. Een nadeel hierbij is dat er geen waarschuwing wordt gegeven als er rij overschreven wordt. Omdat dit veelal ongewenst gedrag is binnen applicaties komt men al snel terecht bij een samengestelde primaire sleutel, een primaire sleutel uit verschillende kolommen.

### 5.2 Partitie kolom

Het eerste deel van de primaire sleutel bestaat uit de partitie kolommen. Het doel van de partitie kolommen is om de data gebalanceerd over alle nodes te spreiden. Op deze manier kan de fysieke locatie van de data ook snel achterhaalt worden (Kan, 2014).

Bij het kiezen van de partitie kolommen dient er met een aantal zaken rekening gehouden te worden om de data evenwichtig over alle nodes te spreiden, maar er is slechts één fysieke restrictie. Iedere rij kan slechts 2 miljard kolommen bevatten (McFadin, 2013). In de meeste gevallen is dit ruim voldoende. Tijdsreeksen vormen hier een

uitzondering op. Deze reeksen kunnen al gauw miljarden entries bevatten. Hier is het dus zeer belangrijk om goede partitie kolommen te kiezen of men komt hier al snel in de problemen.

## **5.3 Clustering kolom**

Het laatste deel van de primaire sleutel bestaat uit de clustering kolommen. Deze bepalen de volgorde van de data op de fysieke media (Strickland, 2014). De clustering kolommen hebben echter geen invloed over op welke node de data wordt opgeslagen. Toch zullen ze een belangrijke invloed hebben op welke query's er uitgevoerd kunnen worden.

## **5.4 De WHERE clause**

Zoals Lerer (2015) aanhaalt is een van de grootste verschillen tussen CQL en SQL de WHERE clause. In SQL kent de WHERE clause geen restricties. Bij CQL is dit anders. Hier worden restricties opgelegd door de partitie en clustering kolommen. Eveneens kan er enkel op de partitie en clustering kolommen gefilterd worden.

### **5.4.1 Restricties opgelegd door de partitie kolommen**

Een eerste restrictie die wordt opgelegd door de partitie kolommen is dat ofwel alle partitie kolommen worden opgenomen in de WHERE clause ofwel geen enkel. Dit is nodig omdat Cassandra anders de hash niet kan berekenen. Deze hash is echter nodig om te weten op welke node de data zich bevind.

Een volgende restrictie die wordt opgelegd door de partitie kolommen is het feit dat enkel de '=' en IN operator rechtstreeks gebruikt kunnen worden. Tot Cassandra 2.2 kon zelfs de IN operator enkel op de laatste gedefinieerde partitie kolom.

De laatste restrictie die wordt opgelegd door de partitie kolommen heeft te maken met de >, >=, < en <= operators. Deze zijn enkel rechtstreeks toepasbaar als de partitioner ingesteld op ByteOrderedPartitioner. Indien dit niet het geval is moet men een omweg maken via de token functie. Op het eerste zicht lijkt het gebruik van de token functie minder efficiënt voor het selecteren van data, maar dit weegt niet op tegen de nadelen die ByteOrderedPartitioner heeft op gebied van de distributie van de data, zoals reeds eerder werd vermeld.

### 5.4.2 Restricties opgelegd door de clustering kolommen

Voor de restricties op de clustering kolommen uitgelegd kunnen worden, moet eerst uitgelegd worden hoe de data in Cassandra binnen een partitie opgeslagen wordt. Dit zal nu aan de hand van een voorbeeld uitgelegd worden (Lerer, 2015). Neem de onderstaande tabel:

```
CREATE TABLE NumberOfTwitterMessages (  
  userid bigint, date text, hour int, minute int,  
  nrOfTweets int,  
  PRIMARY KEY ((userid, date), hour, minute)  
);
```

Hier wordt de data nu als volgt opgeslagen binnen de partitie:

```
{hour: 20  
  {minute: 4 {nrOfTweets: 6}}  
  {minute: 7 {nrOfTweets: 1}}  
  {minute: 21 {nrOfTweets: 16}}  
  ...  
}
```

De eerste restrictie wordt hier opgelegd door de manier waarop de data opgeslagen zit. Als men een voorwaarde wil vastleggen voor een clustering kolom, dan dienen de clustering kolommen die voor deze komen in de primaire sleutel ook vastgelegd te worden. Dit is nodig omdat Cassandra de data anders niet efficiënt kan terugvinden.

Tot Cassandra 2.2 was de IN operator enkel toegelaten op de laatste clustering kolom. Sinds Cassandra 2.2 is deze restrictie vervallen en kan men nu zelf multi-kolom IN restricties opleggen.

De >, >=, < en <= operators ook enkel toegestaan op de laatste clustering kolom waar een restrictie is aan opgelegd. Toch is hier een oplossing voor aangezien men deze operators kan toepassen over meerdere kolommen. Bij deze multi-column slices is het echter wel belangrijk dat de restrictie van de WHERE clause met dezelfde kolom start.

# Hoofdstuk 6

## Data importeren in Cassandra

### 6.1 Importeren via cqlsh

Om de data via cqlsh te kunnen importeren dient eerst een keyspace aangemaakt te worden. Bij het aanmaken van deze keyspace dient de replicatie strategie en de replicatie factor meegegeven te worden. Na het aanmaken dient de tabel waarin de data zal worden geïmporteerd worden aangemaakt te worden.

Nu kunnen we via het "COPY"commando, dat binnen cql voorzien is om data importeren in Cassandra (Cannon, 2012). Een aantal zaken dient hierbij opgemerkte te worden.

1. De volgorde van de kolommen kan gespecificeerd worden aangezien Cassandra de kolommen automatisch alfabetisch sorteert en dit niet noodzakelijk het geval is bij het csv bestand.
2. De scheidingstekens van de velden in het csv bestand kan gespecificeerd worden evenals de encapsulering van de velden.
3. Er kan specifiek meegegeven worden wat Cassandra moet aanvangen met de null waarde.

Dit is een zeer eenvoudige manier om data te importeren in Cassandra. Toch wordt dit deze methode niet aangeraden om te gebruiken bij het importeren van grote hoeveelheden data. Bij ca. 1 miljoen rijen, afhankelijk van het aantal kolommen, kan het zijn dat deze methode vast loopt. Dit kan men op een aantal manieren oplossen. De drie meest voorkomende zijn:

1. Het opsplitsen van één groot csv bestand in verschillende kleinere bestanden.

2. Het gebruik van de sstableloader die Cassandra voorziet.
3. Het gebruik van cassandra-loader

## 6.2 Importeren via sstableloader

Het importeren van data via sstableloader is eveneens een eenvoudig proces. Hier zijn reeds verschillende implementaties van, zoals cassandra bulkloader.

Enkele belangrijke nadelen van deze manier zijn:

- Men moet een aangepaste applicatie schrijven om dit te kunnen gebruiken.
- Om sstableloader te kunnen gebruiken dienen alle nodes van de cluster online te zijn.
- De SSTable dient aangemaakt te zijn vooraleer men deze methode kan gebruiken.

## 6.3 Importeren via cassandra-loader

Dit is een Java programma van Brain Hess. Dit programma maakt gebruik van de CQL driver die voorzien is door DataStax. Het ganse principe van dit programma is om asynchroon cql inserts te doen.

## 6.4 Een vergelijking van de drie methodes

## **Hoofdstuk 7**

### **Gedrag bij uitvallen van een node**



# Hoofdstuk 8

## Conclusie

Curabitur nunc magna, posuere eget, venenatis eu, vehicula ac, velit. Aenean ornare, massa a accumsan pulvinar, quam lorem laoreet purus, eu sodales magna risus molestie lorem. Nunc erat velit, hendrerit quis, malesuada ut, aliquam vitae, wisi. Sed posuere. Suspendisse ipsum arcu, scelerisque nec, aliquam eu, molestie tincidunt, justo. Phasellus iaculis. Sed posuere lorem non ipsum. Pellentesque dapibus. Suspendisse quam libero, laoreet a, tincidunt eget, consequat at, est. Nullam ut lectus non enim consequat facilisis. Mauris leo. Quisque pede ligula, auctor vel, pellentesque vel, posuere id, turpis. Cras ipsum sem, cursus et, facilisis ut, tempus euismod, quam. Suspendisse tristique dolor eu orci. Mauris mattis. Aenean semper. Vivamus tortor magna, facilisis id, varius mattis, hendrerit in, justo. Integer purus.

Vivamus adipiscing. Curabitur imperdiet tempus turpis. Vivamus sapien dolor, congue venenatis, euismod eget, porta rhoncus, magna. Proin condimentum pretium enim. Fusce fringilla, libero et venenatis facilisis, eros enim cursus arcu, vitae facilisis odio augue vitae orci. Aliquam varius nibh ut odio. Sed condimentum condimentum nunc. Pellentesque eget massa. Pellentesque quis mauris. Donec ut ligula ac pede pulvinar lobortis. Pellentesque euismod. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent elit. Ut laoreet ornare est. Phasellus gravida vulputate nulla. Donec sit amet arcu ut sem tempor malesuada. Praesent hendrerit augue in urna. Proin enim ante, ornare vel, consequat ut, blandit in, justo. Donec felis elit, dignissim sed, sagittis ut, ullamcorper a, nulla. Aenean pharetra vulputate odio.

Quisque enim. Proin velit neque, tristique eu, eleifend eget, vestibulum nec, lacus. Vivamus odio. Duis odio urna, vehicula in, elementum aliquam, aliquet laoreet, tellus. Sed velit. Sed vel mi ac elit aliquet interdum. Etiam sapien neque, convallis et, aliquet vel, auctor non, arcu. Aliquam suscipit aliquam lectus. Proin tincidunt magna sed

wisi. Integer blandit lacus ut lorem. Sed luctus justo sed enim.

Morbi malesuada hendrerit dui. Nunc mauris leo, dapibus sit amet, vestibulum et, commodo id, est. Pellentesque purus. Pellentesque tristique, nunc ac pulvinar adipiscing, justo eros consequat lectus, sit amet posuere lectus neque vel augue. Cras consectetur libero ac eros. Ut eget massa. Fusce sit amet enim eleifend sem dictum auctor. In eget risus luctus wisi convallis pulvinar. Vivamus sapien risus, tempor in, viverra in, aliquet pellentesque, eros. Aliquam euismod libero a sem.

Nunc velit augue, scelerisque dignissim, lobortis et, aliquam in, risus. In eu eros. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Curabitur vulputate elit viverra augue. Mauris fringilla, tortor sit amet malesuada mollis, sapien mi dapibus odio, ac imperdiet ligula enim eget nisl. Quisque vitae pede a pede aliquet suscipit. Phasellus tellus pede, viverra vestibulum, gravida id, laoreet in, justo. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Integer commodo luctus lectus. Mauris justo. Duis varius eros. Sed quam. Cras lacus eros, rutrum eget, varius quis, convallis iaculis, velit. Mauris imperdiet, metus at tristique venenatis, purus neque pellentesque mauris, a ultrices elit lacus nec tortor. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent malesuada. Nam lacus lectus, auctor sit amet, malesuada vel, elementum eget, metus. Duis neque pede, facilisis eget, egestas elementum, nonummy id, neque.

# Bibliografie

- Cannon, P. (2012). Simple data importing and exporting with cassandra. <http://www.datastax.com/dev/blog/simple-data-importing-and-exporting-with-cassandra>. Geraadpleegd op: 2016-03-04.
- Cantoni, B. (2016). MultiNode Template. <https://github.com/bcantoni/vagrant-cassandra/tree/master/2.MultiNode>. Geraadpleegd op 2016-03-25.
- DataStax (2016). Initializing a multiple node cluster (single data center). <https://docs.datastax.com/en/cassandra/2.1/cassandra/initialize/initializeSingleDS.html>. Geraadpleegd op 2016-02-26.
- Kan, C. (2014). *Cassandra Data Modeling and Analysis*. Packt Publishing Ltd.
- Lerer, B. (2015). A deep look at the cql where clause. <http://www.datastax.com/dev/blog/a-deep-look-to-the-cql-where-clause>. Geraadpleegd op 2016-04-25.
- McFadin, P. (2013). Cassandra 2.0 and timeseries. <http://www.slideshare.net/patrickmcfadin/cassandra-20-and-timeseries>. Geraadpleegd op 2016-04-25.
- Strickland, R. (2014). *Cassandra High Availability*. Packt Publishing Ltd.

## Lijst van figuren

4.1	Cassandra: Instellingen deel 1 . . . . .	11
4.2	Cassandra: Instellingen deel 2 . . . . .	12
4.3	Installatie van Cassandra door OpsCenter . . . . .	12
4.4	Rondleiding in OpsCenter . . . . .	13
4.5	Nodetool . . . . .	13
4.6	Toevoegen van een node via OpsCenter . . . . .	14

# Lijst van tabellen

4.1 Configuratie van de Cassandra Cluster . . . . .	11
---	----