

Informatie over verslagen mini-project

Informatie over verslagen mini-project

- Er zijn ERG veel assistenten weer ziek. Zaal 0.38 van het Ruppert zal erg druk worden, dus heb geduld met aftekenen. Gelukkig is er straks maar 1 werkcollegevraag, maar **maak deze wel!** (komt terug bij statistiek)

Informatie over verslagen mini-project

- Er zijn ERG veel assistenten weer ziek. Zaal 0.38 van het Ruppert zal erg druk worden, dus heb geduld met aftekenen. Gelukkig is er straks maar 1 werkcollegevraag, maar **maak deze wel!** (komt terug bij statistiek)
- Ook ik ben vandaag bij het WC afwezig, want Momo vond het leuk een speelgoedmuis te eten en is met spoed op de IC bij diergeneeskunde beland :(

Informatie over verslagen mini-project

- Er zijn ERG veel assistenten weer ziek. Zaal 0.38 van het Ruppert zal erg druk worden, dus heb geduld met aftekenen. Gelukkig is er straks maar 1 werkcollegevraag, maar **maak deze wel!** (komt terug bij statistiek)
- Ook ik ben vandaag bij het WC afwezig, want Momo vond het leuk een speelgoedmuis te eten en is met spoed op de IC bij diergeneeskunde beland :(
- Om te zorgen dat jullie niet de dupe van zijn van afwezigheid van mij en assistenten, heb ik de **deadline verplaatst: maandag 10 maart om 23.00.**

Informatie over verslagen mini-project

- Er zijn ERG veel assistenten weer ziek. Zaal 0.38 van het Ruppert zal erg druk worden, dus heb geduld met aftekenen. Gelukkig is er straks maar 1 werkcollegevraag, maar **maak deze wel!** (komt terug bij statistiek)
- Ook ik ben vandaag bij het WC afwezig, want Momo vond het leuk een speelgoedmuis te eten en is met spoed op de IC bij diergeneeskunde beland :(
- Om te zorgen dat jullie niet de dupe van zijn van afwezigheid van mij en assistenten, heb ik de **deadline verplaatst: maandag 10 maart om 23.00.**
- **Let op je tijdsmanagement:** je moet ook nog leren (en je spiekbriefje voorbereiden!) voor de toets van donderdag 13 maart. Dinsdag 11 maart heb je iig nog de hele dag, maar plan goed!

Informatie over verslagen mini-project



Informatie over verslagen mini-project

- ChatGPT/AI gebruiken is **toegestaan**



Informatie over verslagen mini-project

- ChatGPT/AI gebruiken is **toegestaan**
- **Maar kijk uit:** het eindproduct blijft jullie/jouw verantwoordelijkheid. Je blijft zelf verantwoordelijk voor de resultaten van plagiaatcontroles, en voor eventuele onzin die in je verslag terecht komt.

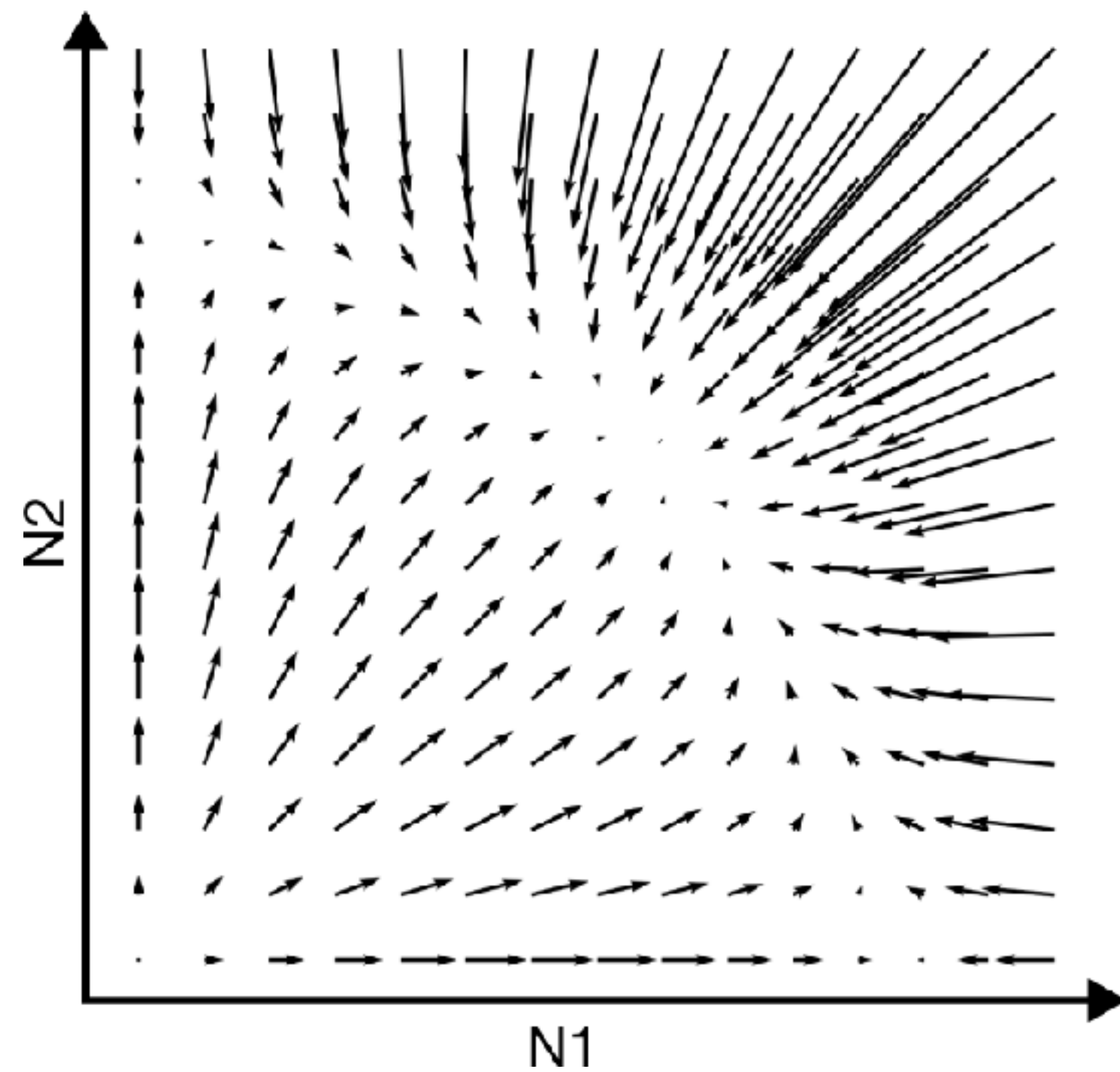


Informatie over verslagen mini-project

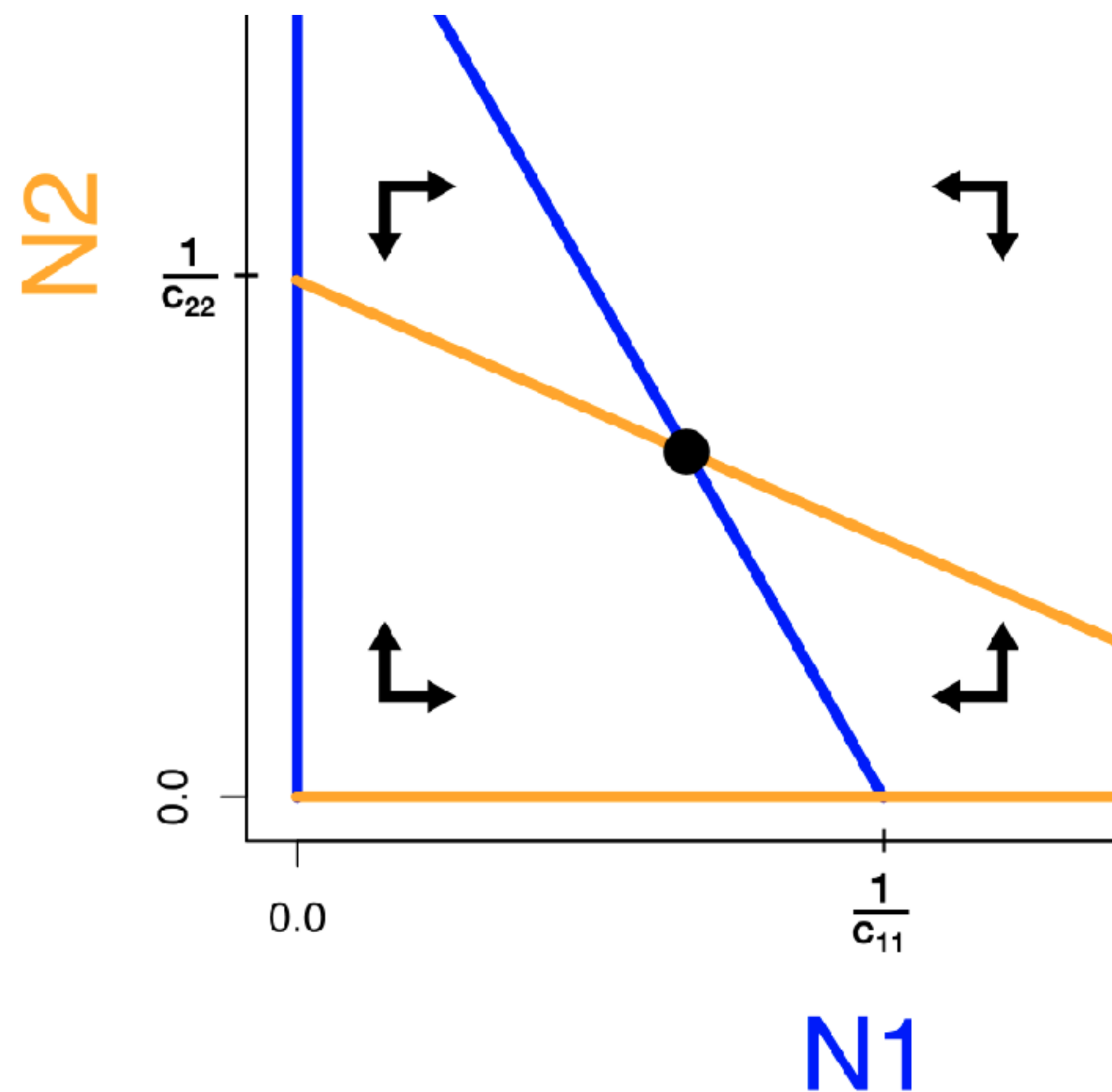
- ChatGPT/AI gebruiken is **toegestaan**
- **Maar kijk uit:** het eindproduct blijft jullie/jouw verantwoordelijkheid. Je blijft zelf verantwoordelijk voor de resultaten van plagiaatcontroles, en voor eventuele onzin die in je verslag terecht komt.
- De formulering waar chatGPT voor kiest is vaak een beetje *hit and miss*, dus gebruik het als hulpstuk, niet als krukken.



Werkcollege vorige week donderdag

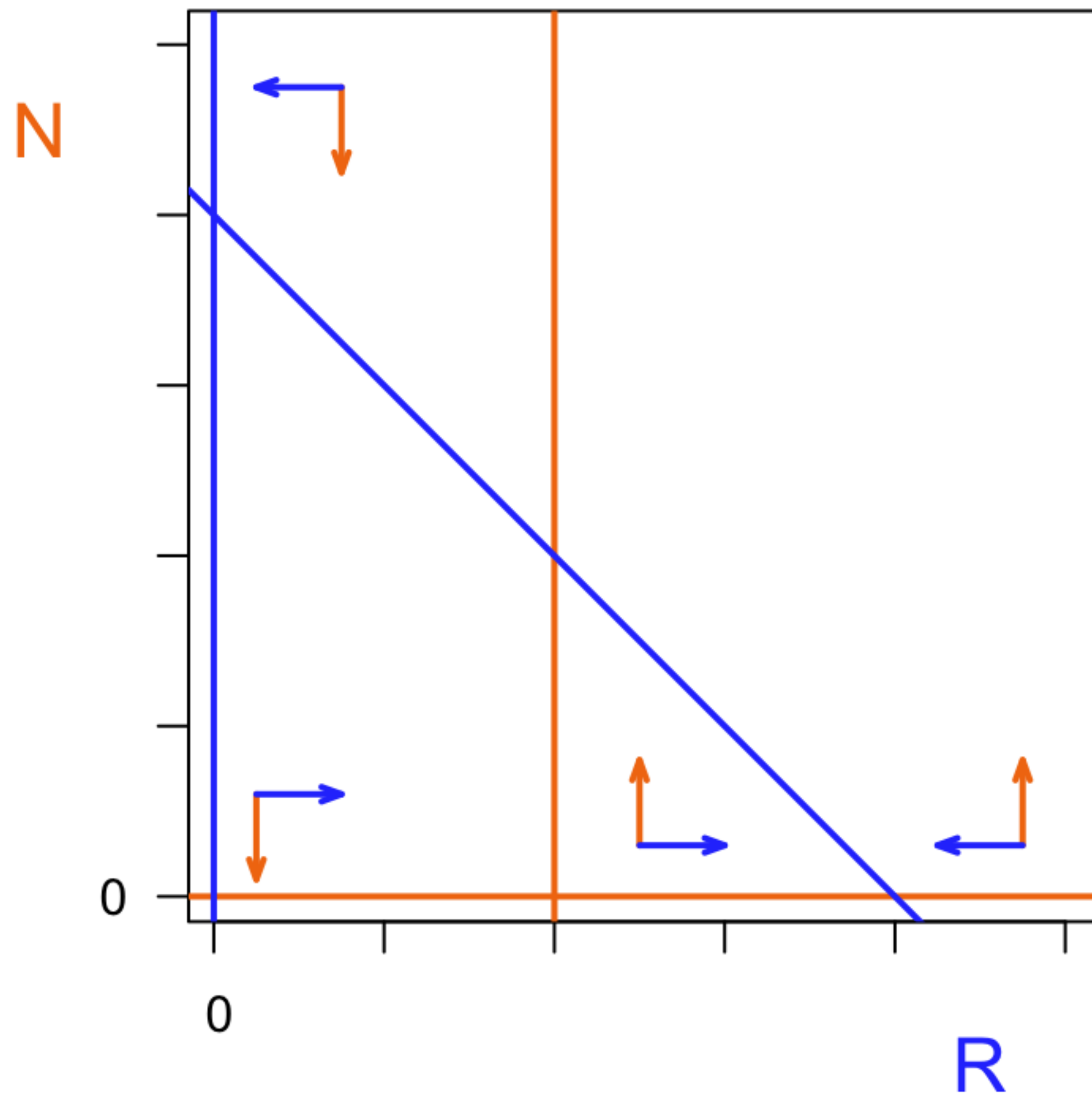


Evenwichten? Stabiliteit?

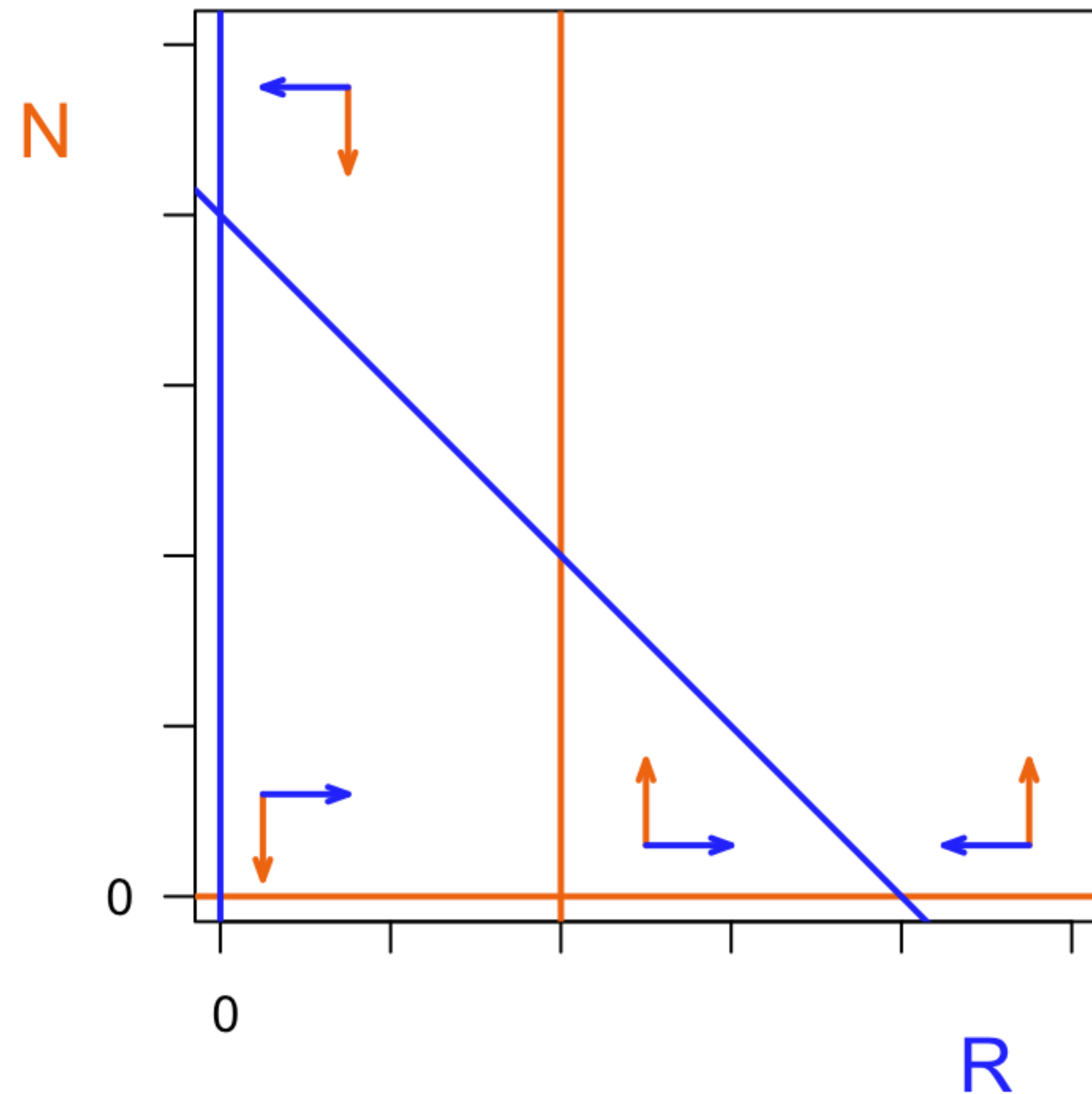


Werkcollege vorige week donderdag

Hoe een trajectory een nullcline NOOIT snijdt

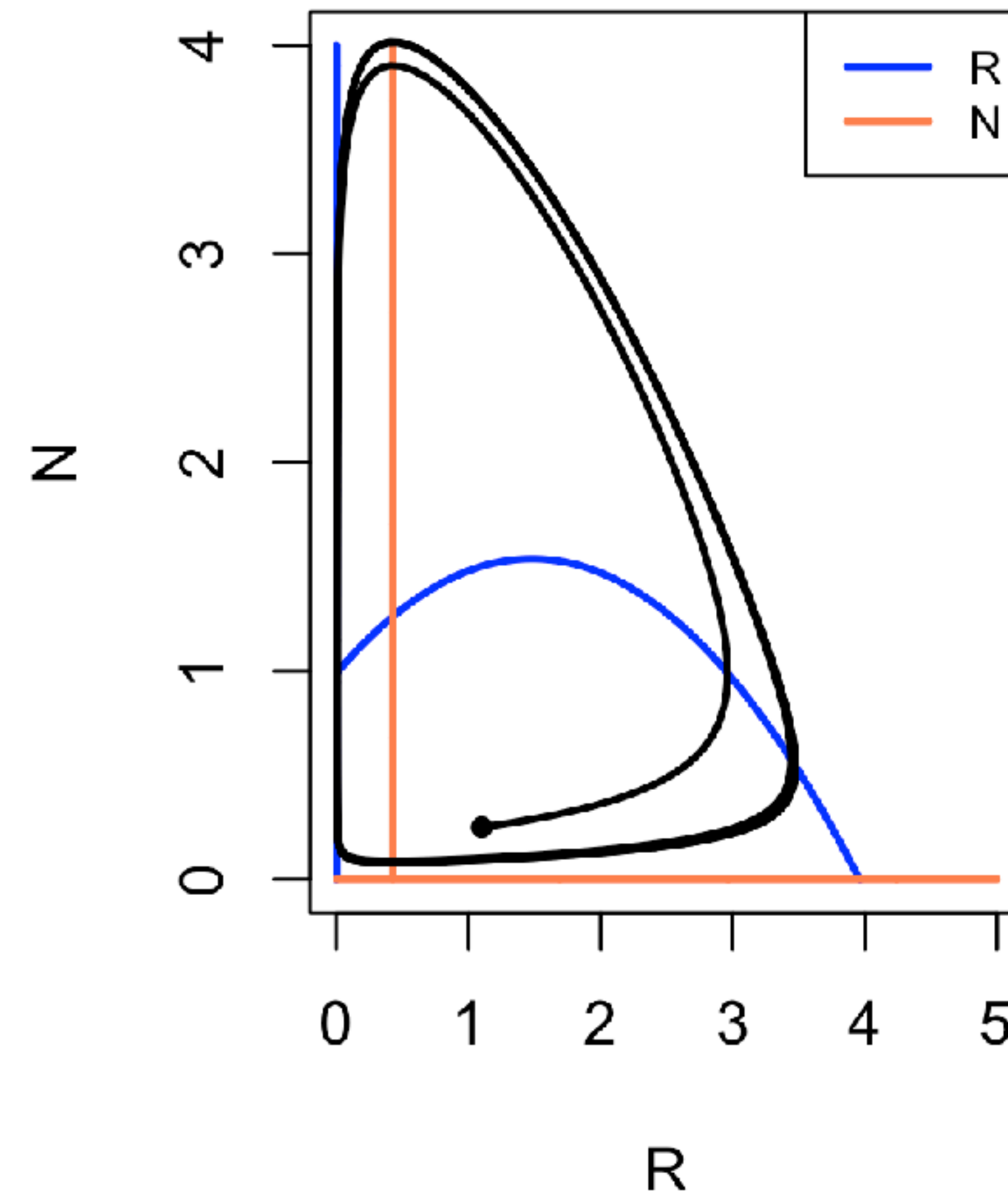
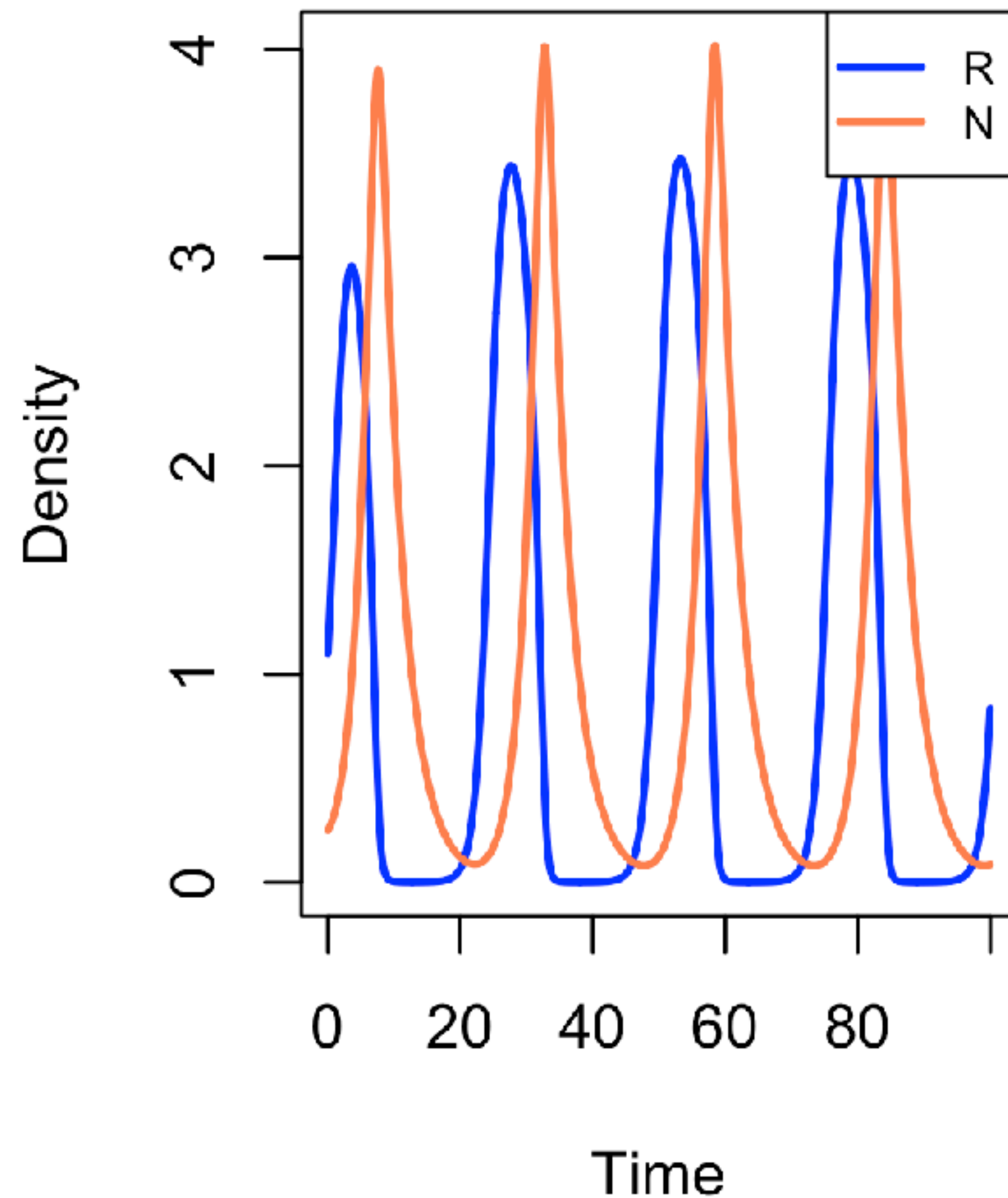


Hoe een trajectory een nullcline **wel** snijdt



Als we teveel konijnen bijvoeren...

Extreme oscillaties in het LV model



De atto-vos

De atto-vos



De atto-vos



Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

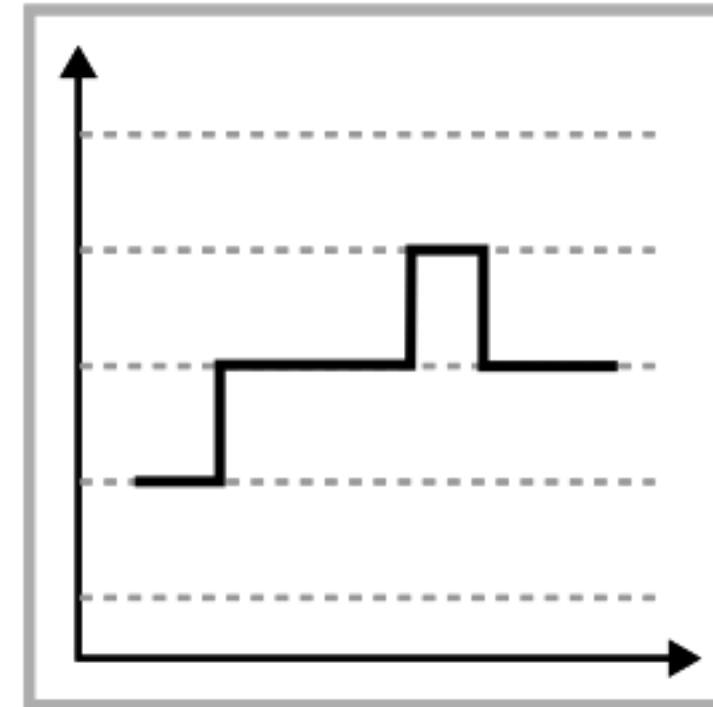
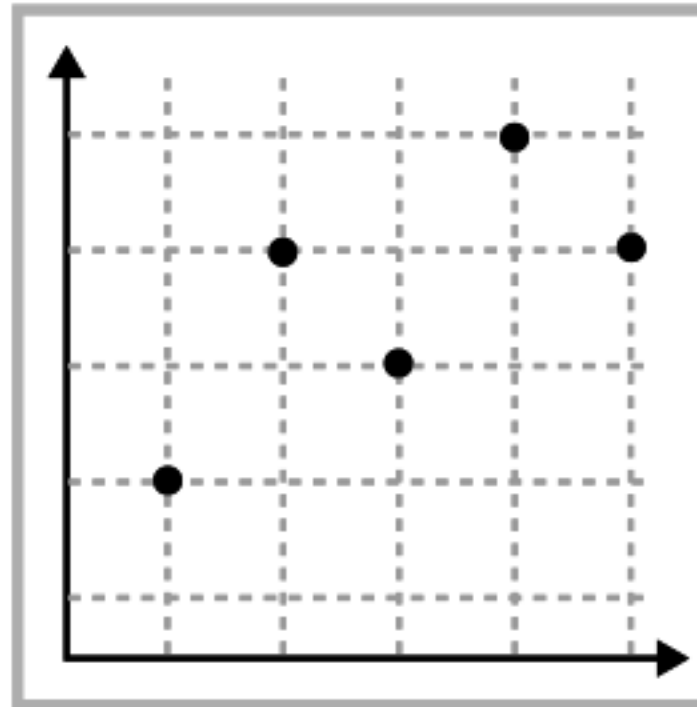
TIJD

discreet

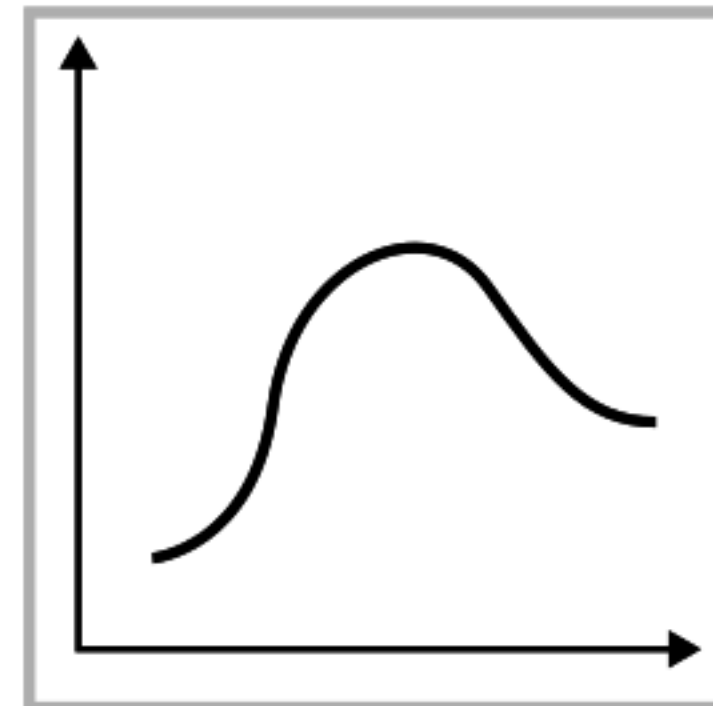
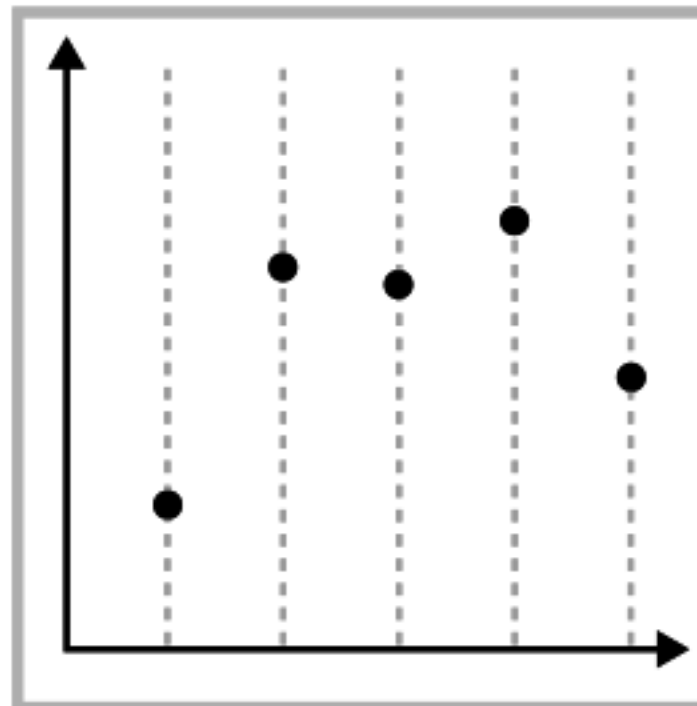
continu

TOESTAND

discreet



continu

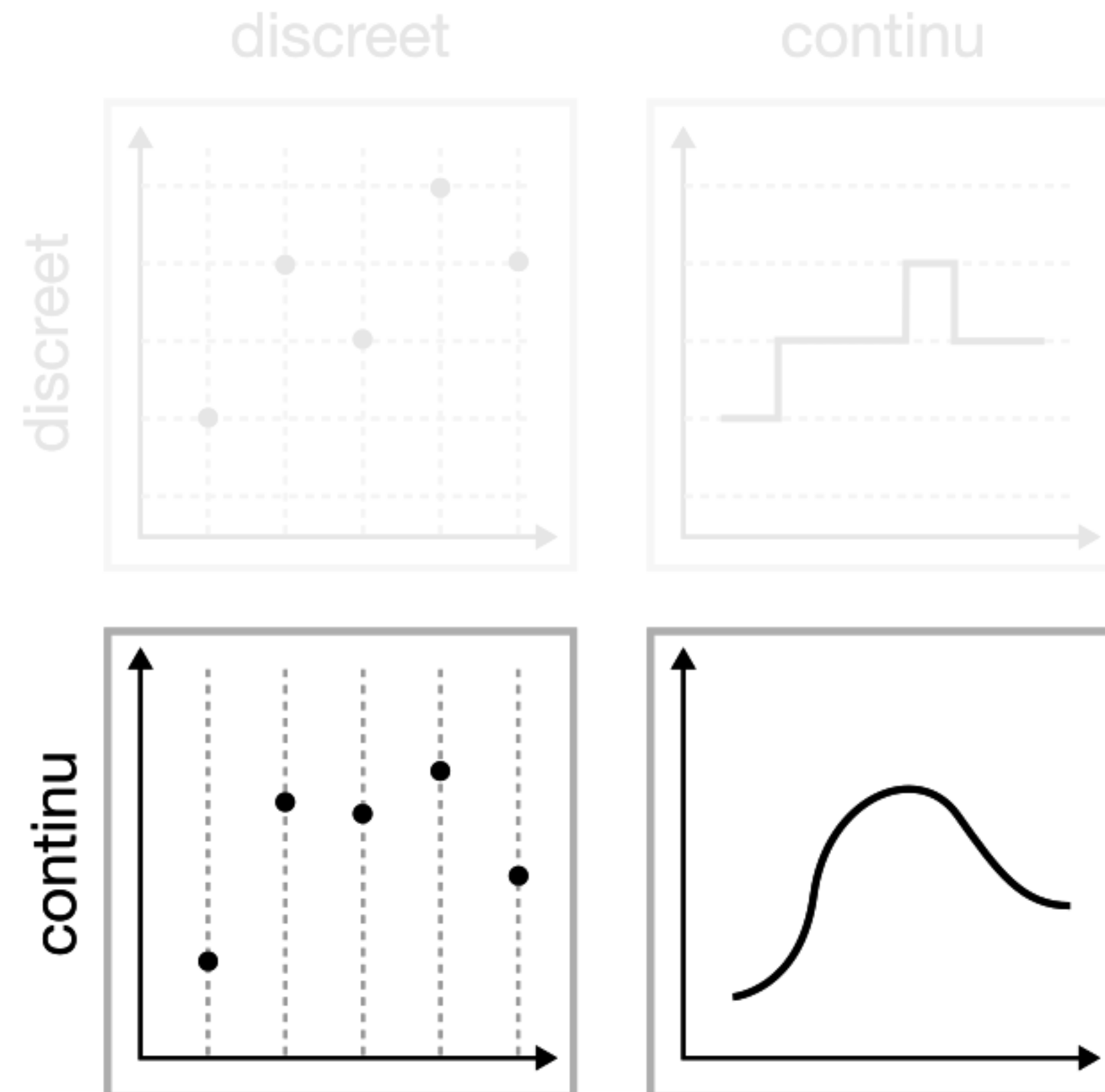


Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

TIJD

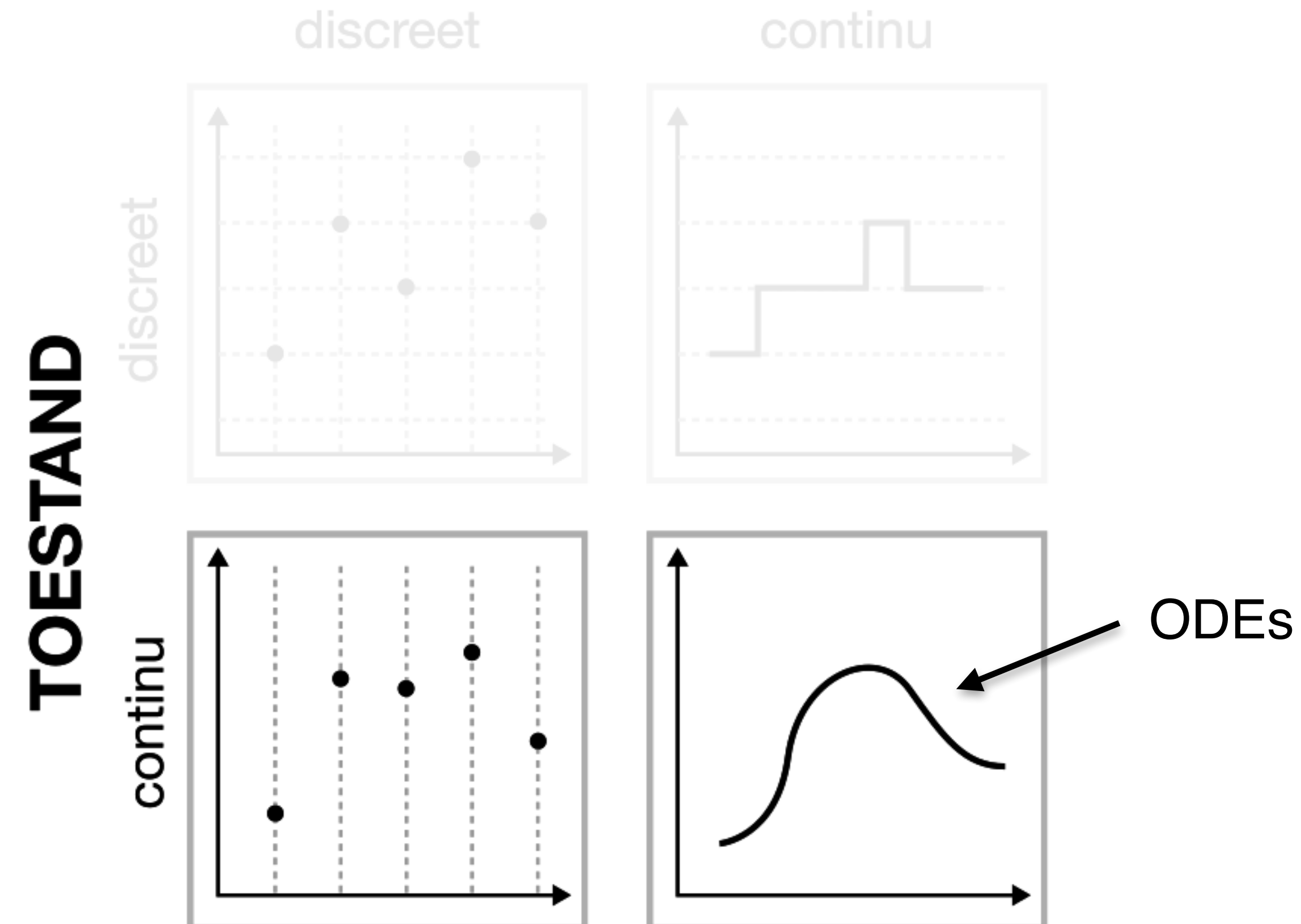
TOESTAND



Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

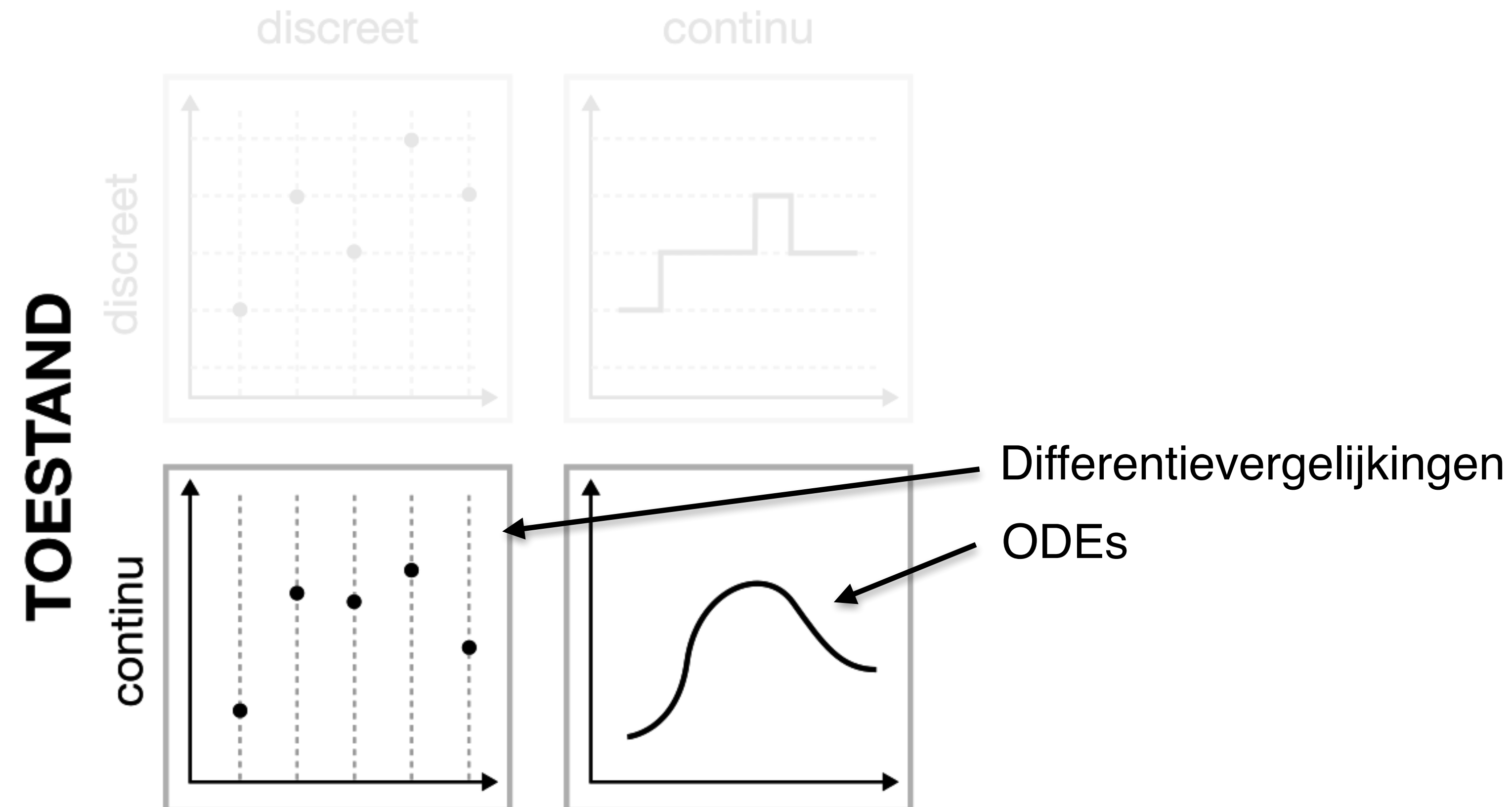
TIJD



Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

TIJD



Modelkeuzes: continu of discreet?

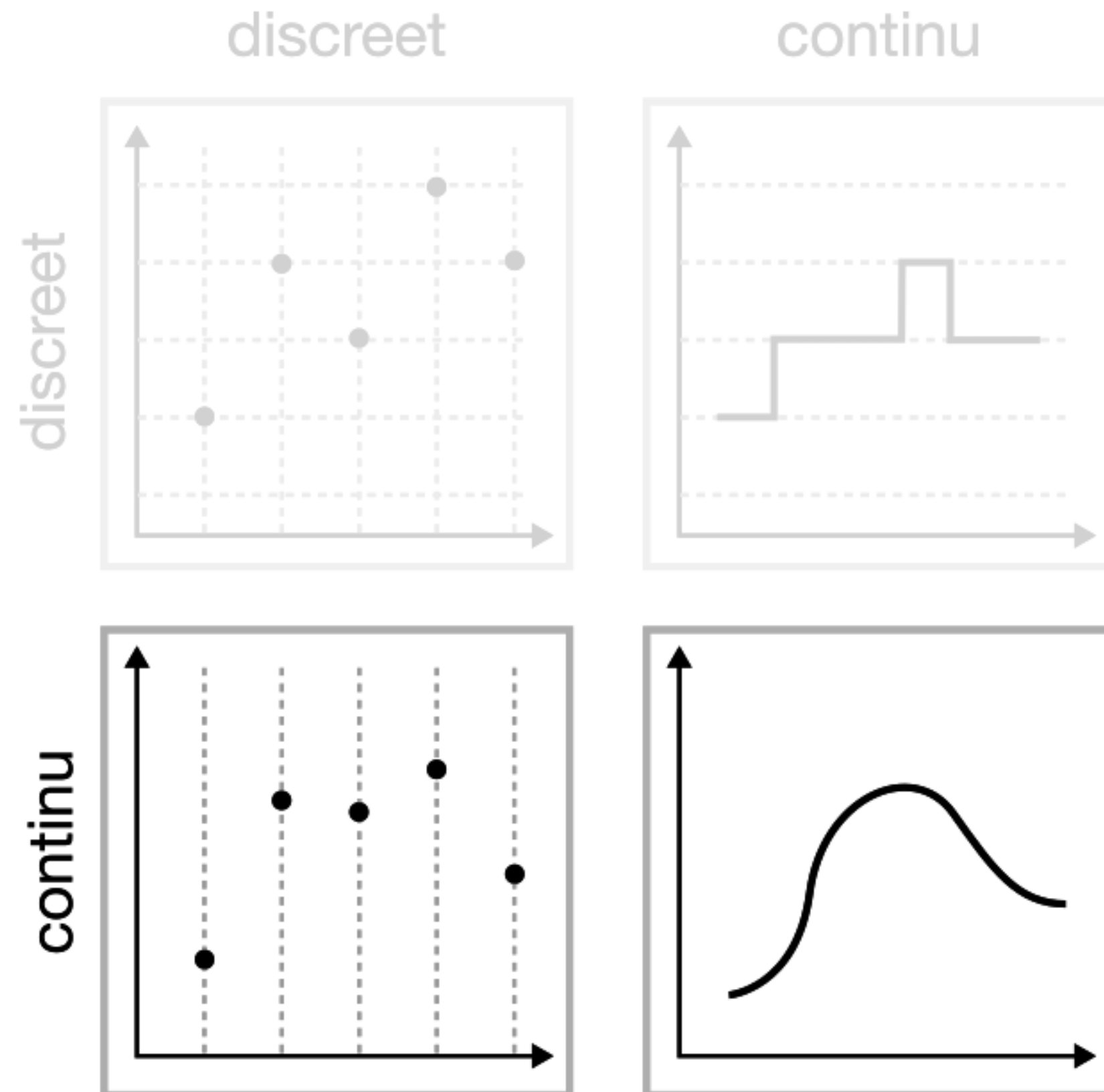
a) Modelleren van veranderingen in de tijd

b) Modelleren van veranderingen in de ruimte

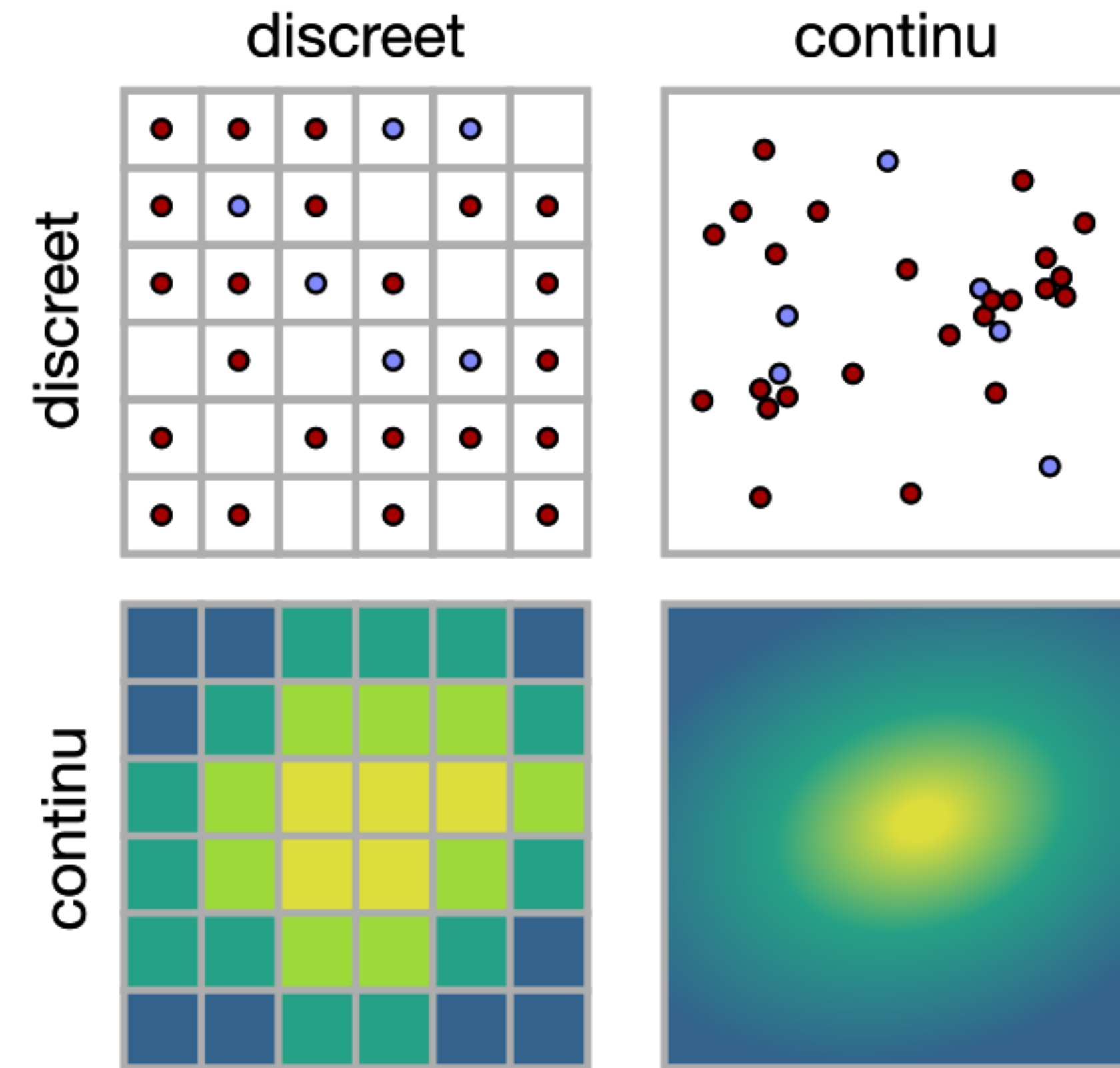
TIJD

RUIMTE

TOESTAND



TOESTAND



Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

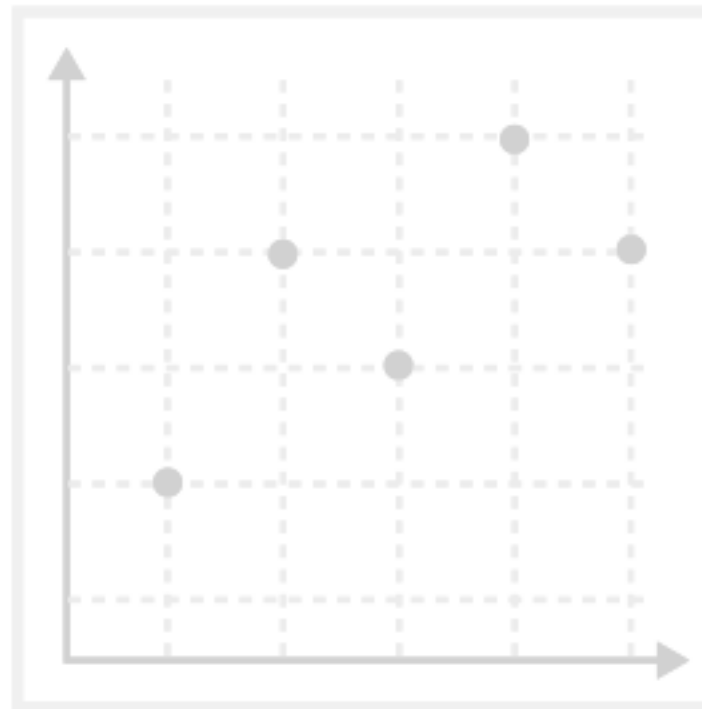
b) Modelleren van veranderingen in de ruimte

TIJD

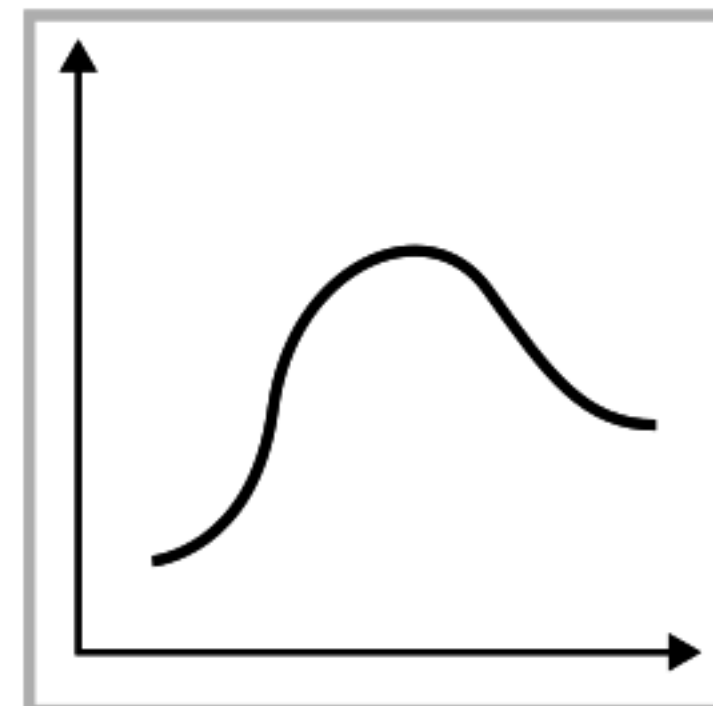
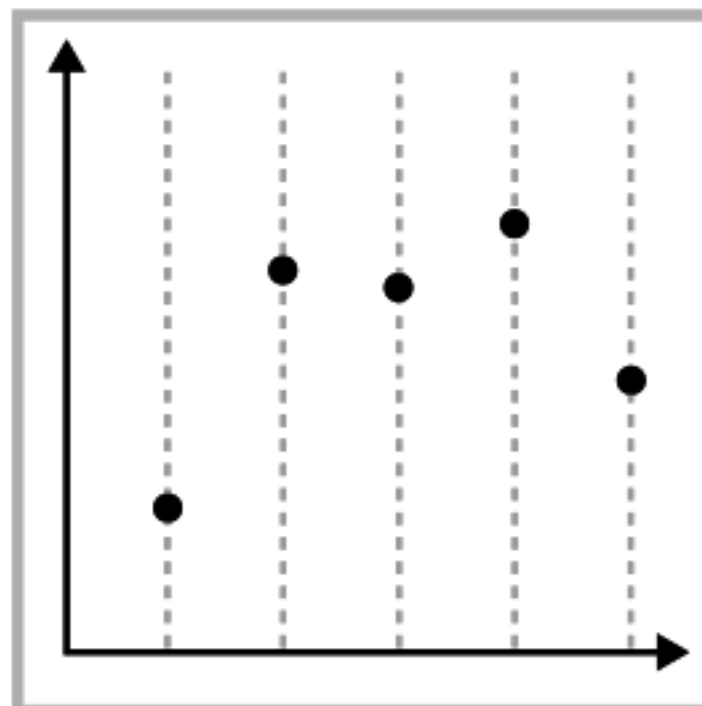
discreet

continu

discreet



continu



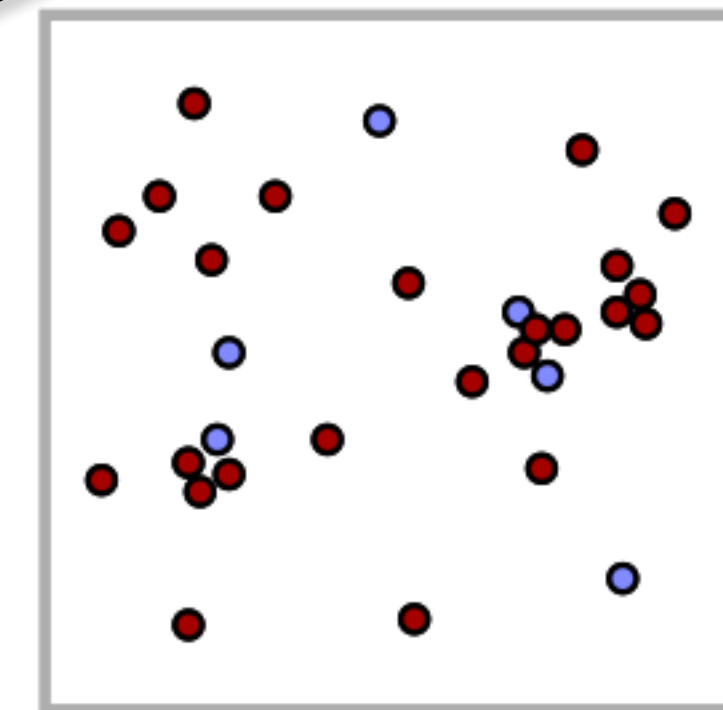
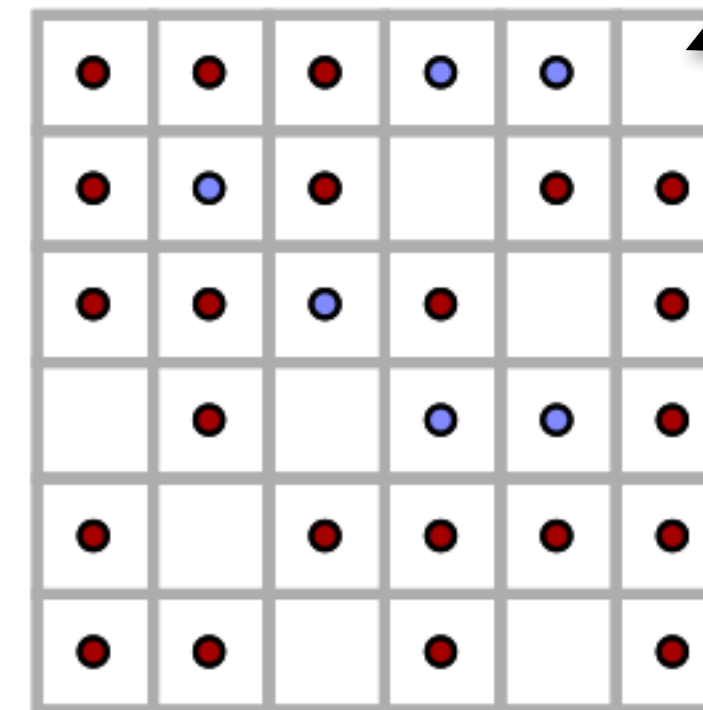
RUIMTE

Hfst 13

discreet

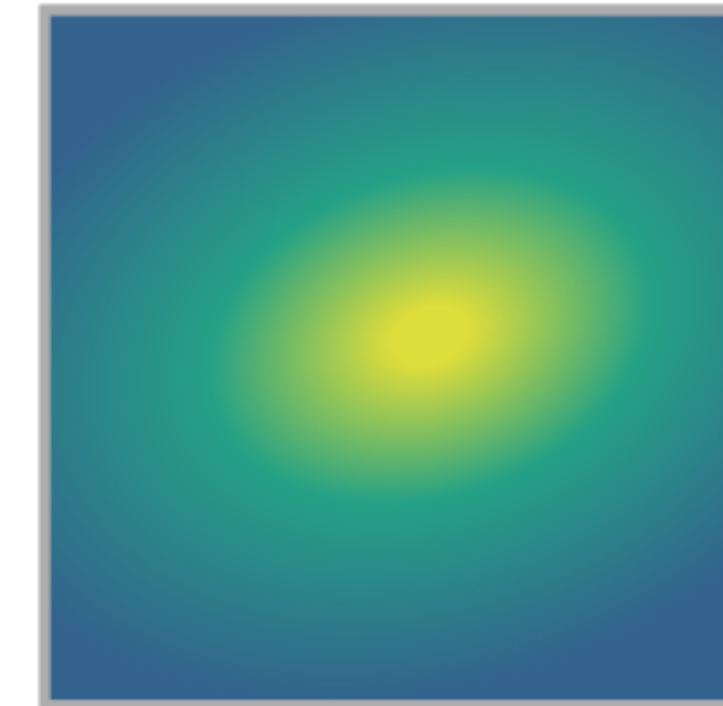
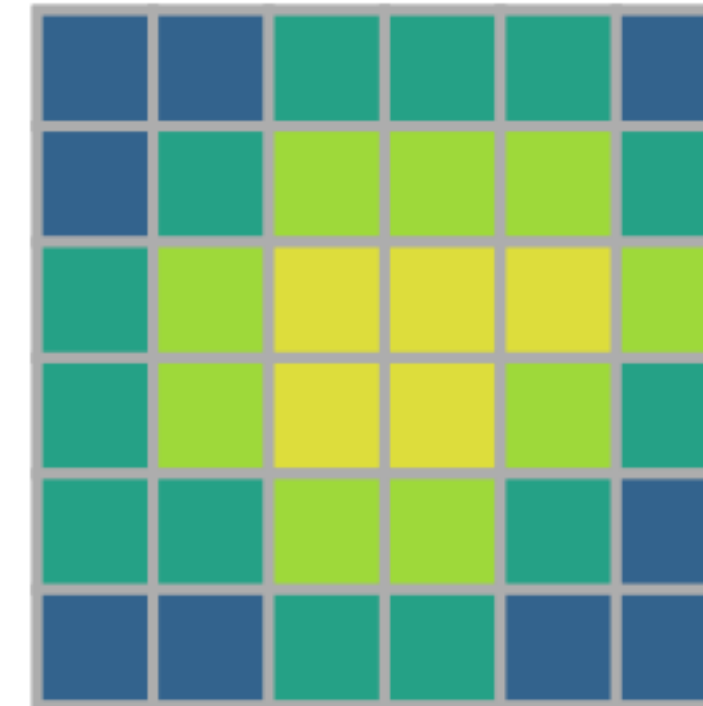
continu

discreet



TOESTAND

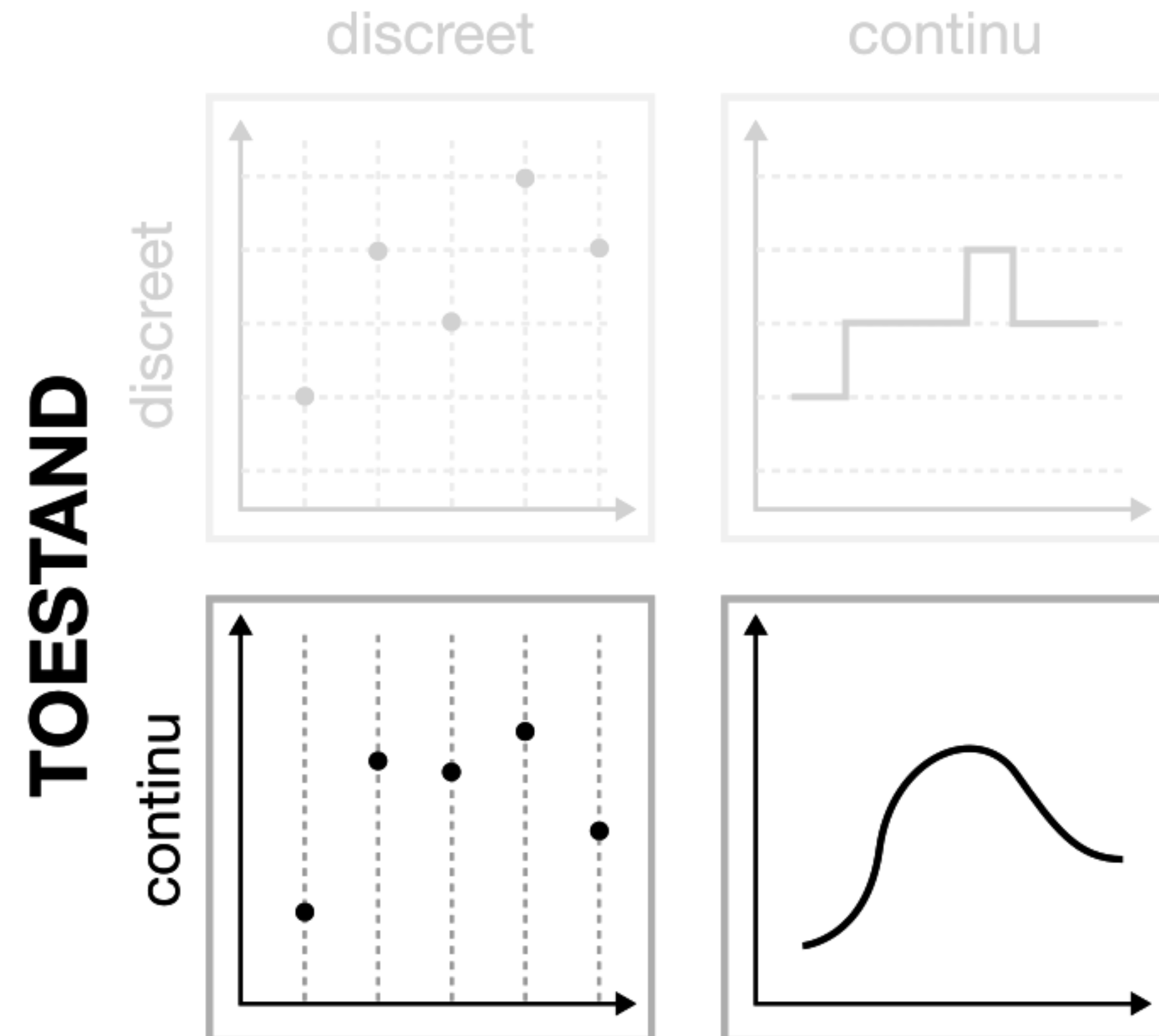
continu



Modelkeuzes: continu of discreet?

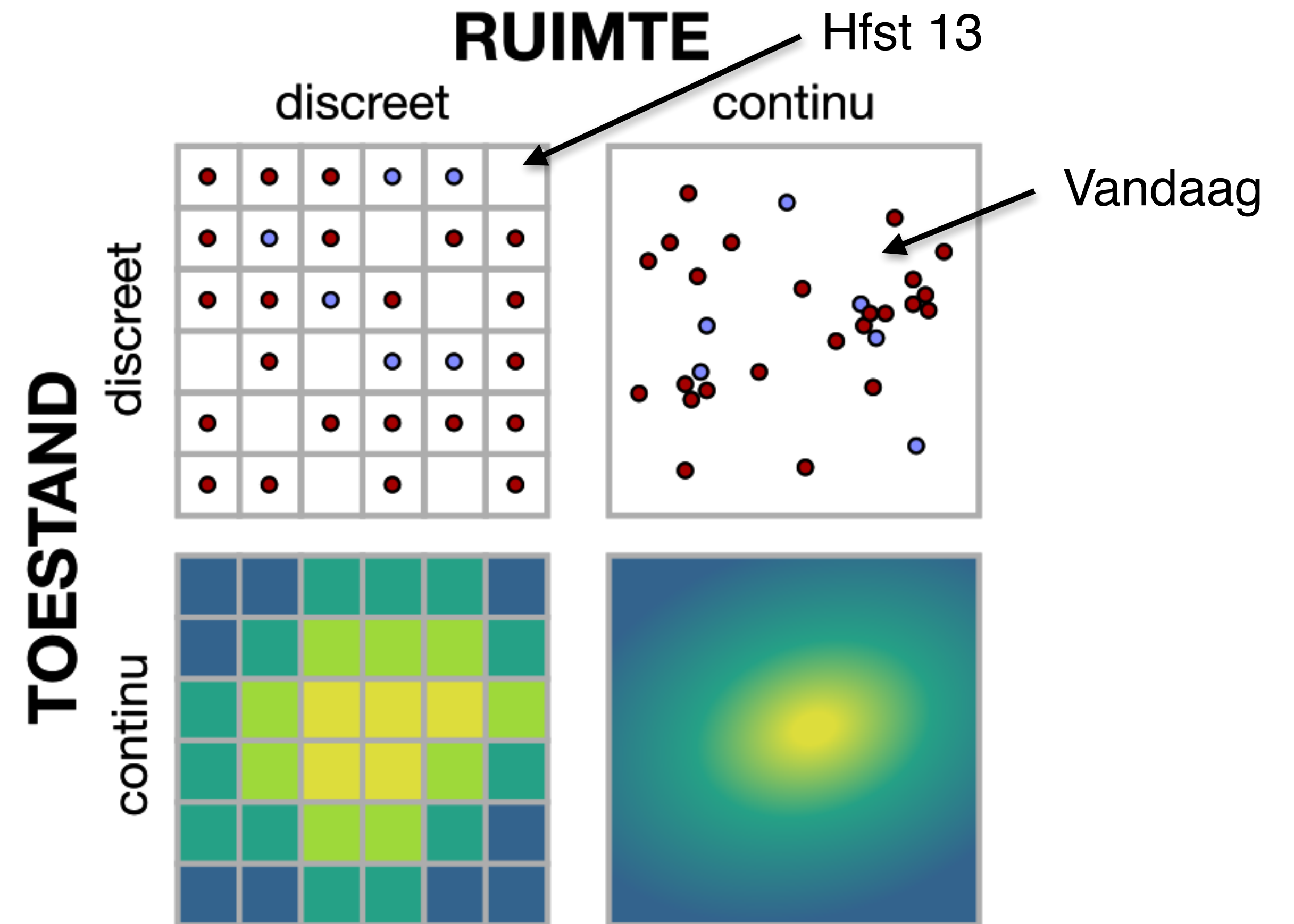
a) Modelleren van veranderingen in de tijd

TIJD



b) Modelleren van veranderingen in de ruimte

RUIMTE



Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

b) Modelleren van veranderingen in de ruimte

TIJD

RUIMTE

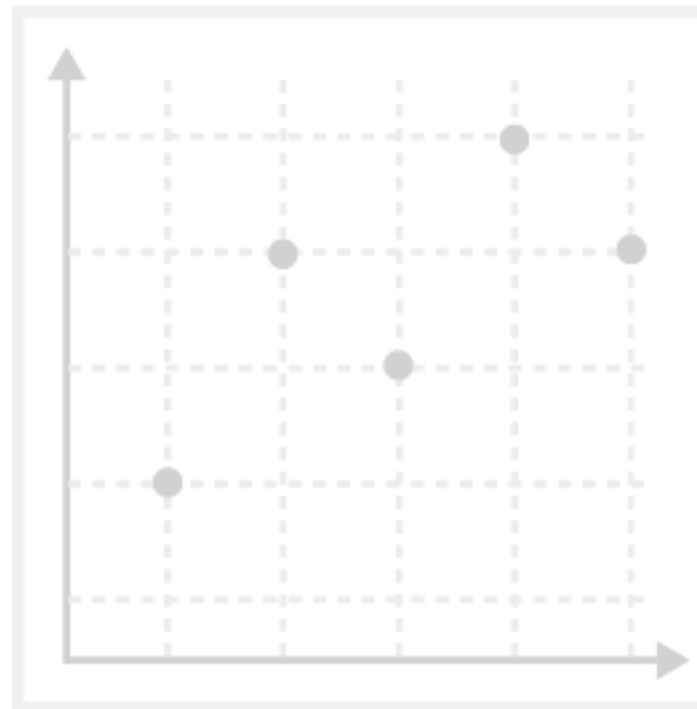
Hfst 13

TOESTAND

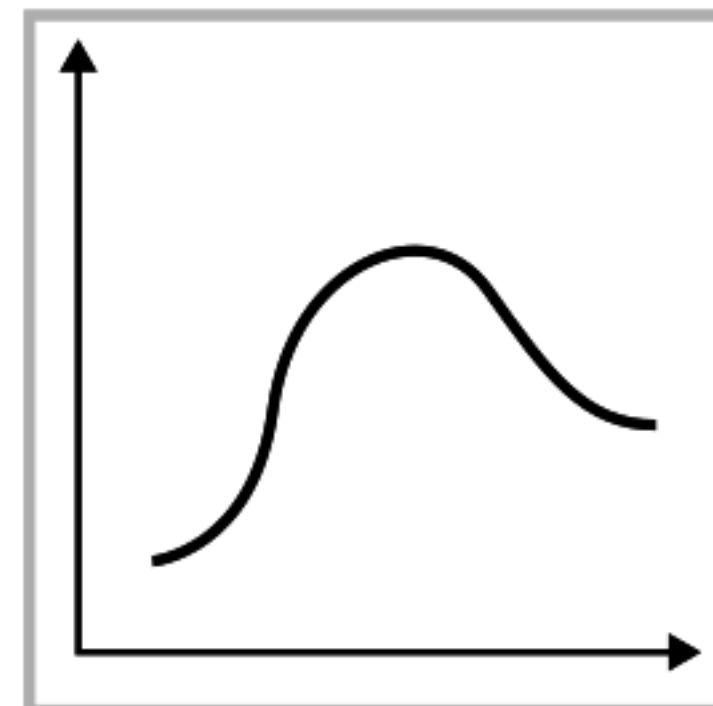
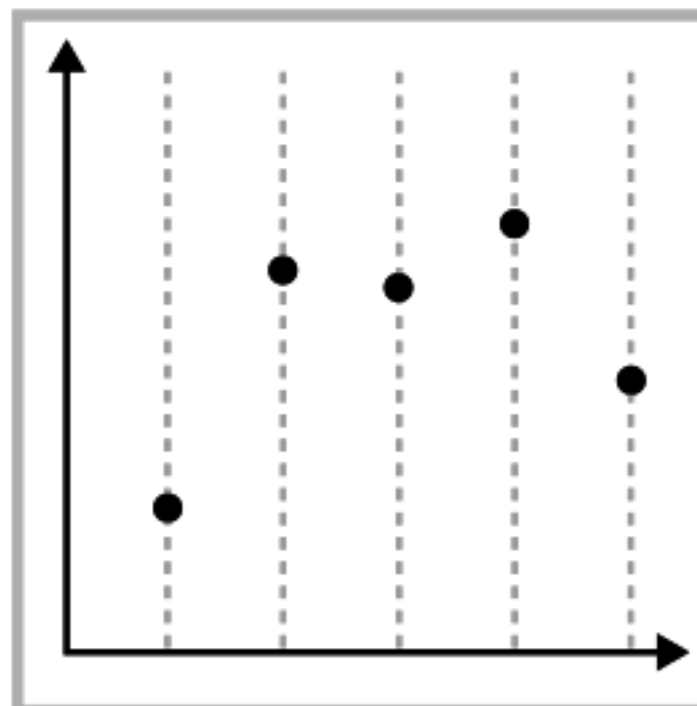
discreet

continu

discreet



continu

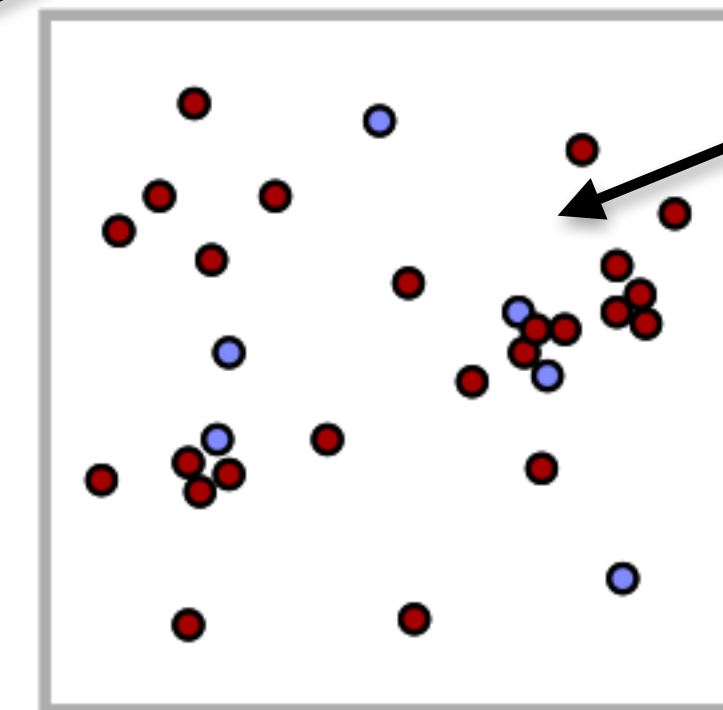
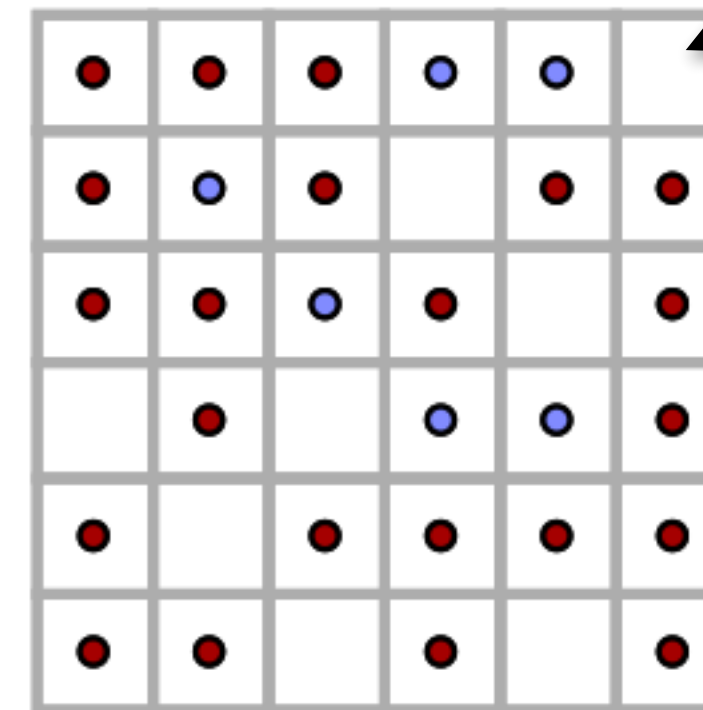


TOESTAND

discreet

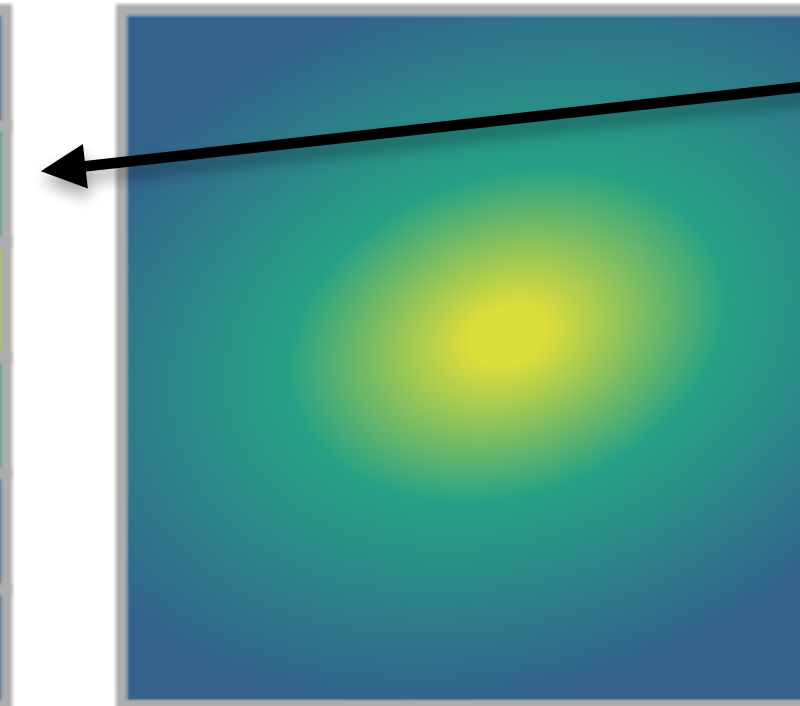
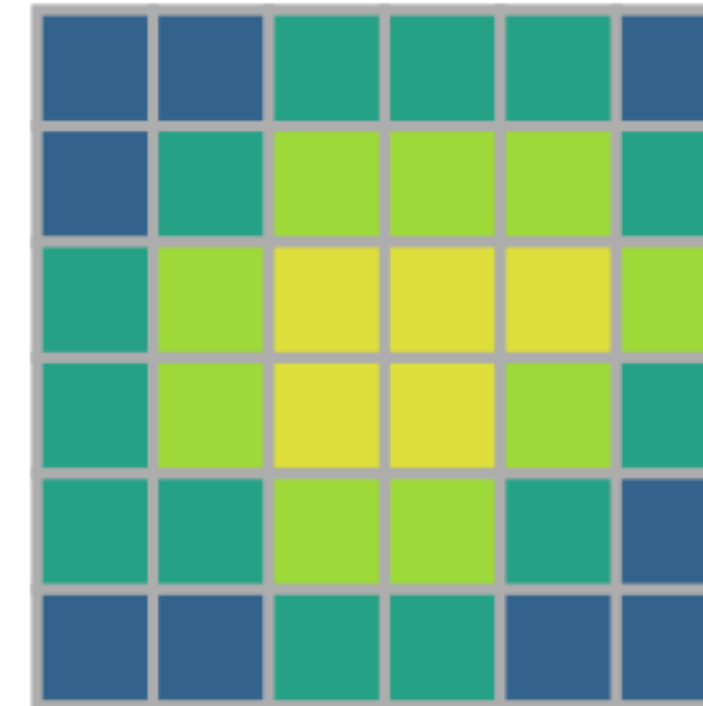
continu

discreet



Vandaag

continu

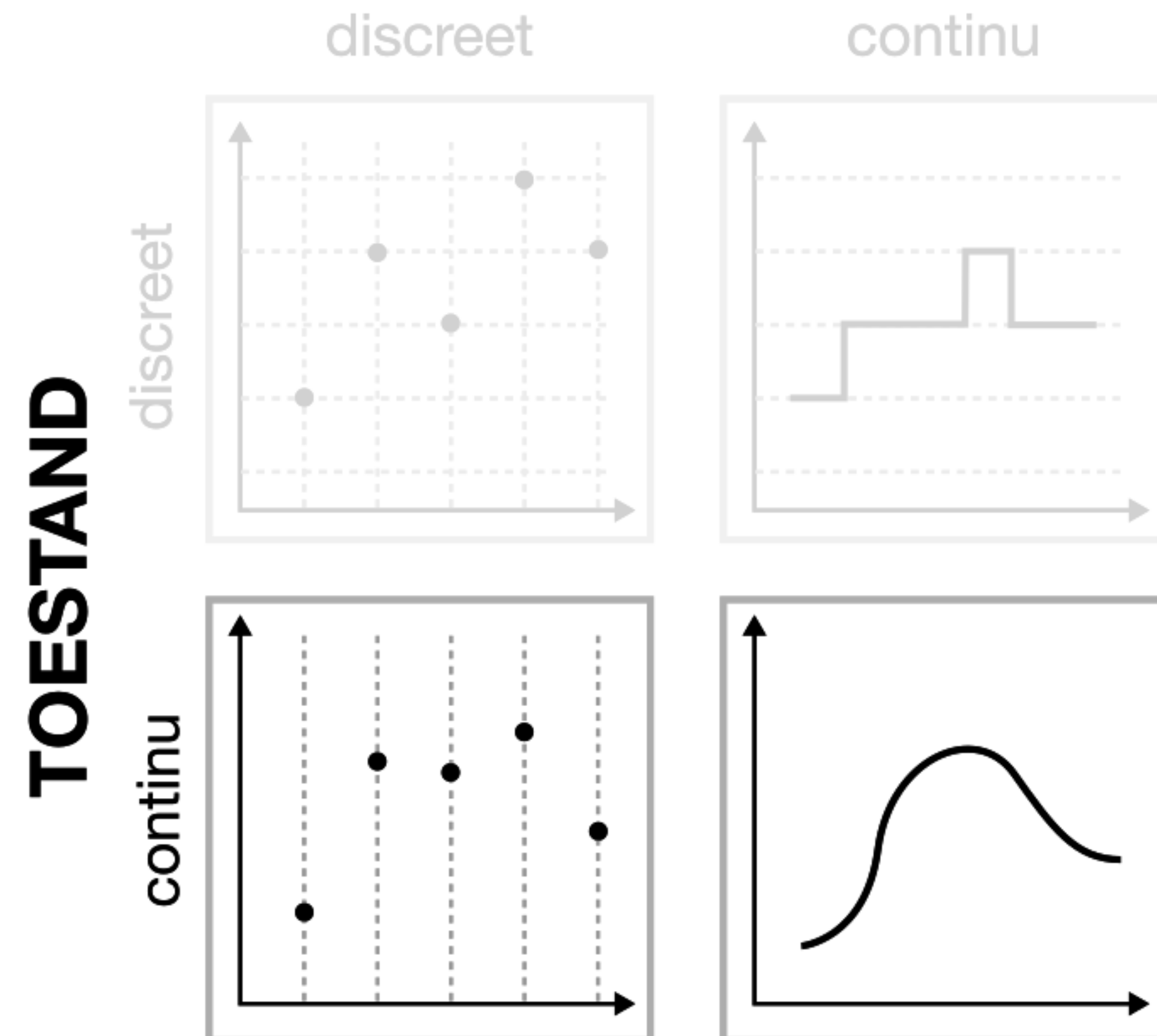


Morgen

Modelkeuzes: continu of discreet?

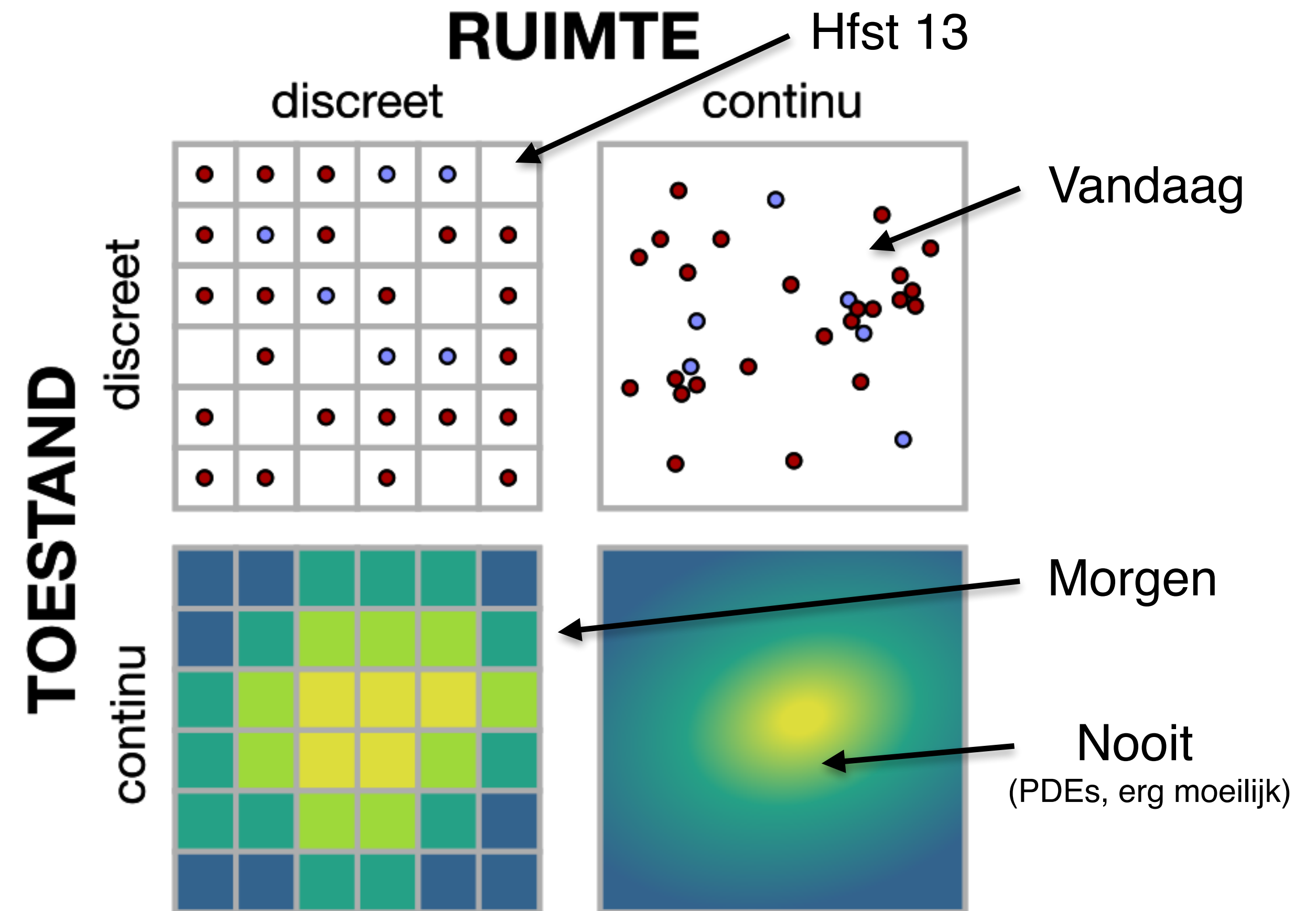
a) Modelleren van veranderingen in de tijd

TIJD



b) Modelleren van veranderingen in de ruimte

RUIMTE



Modelkeuzes: continu of discreet?

a) Modelleren van veranderingen in de tijd

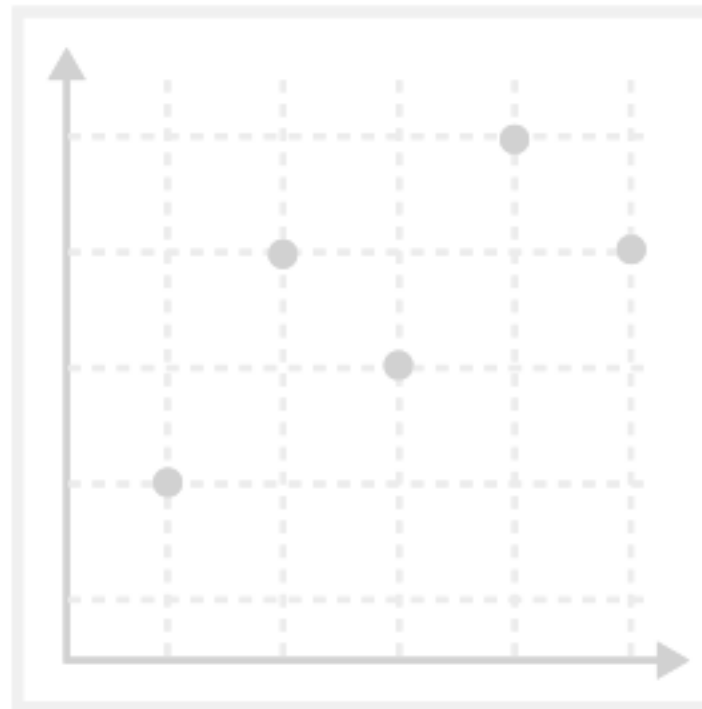
b) Modelleren van veranderingen in de ruimte

TIJD

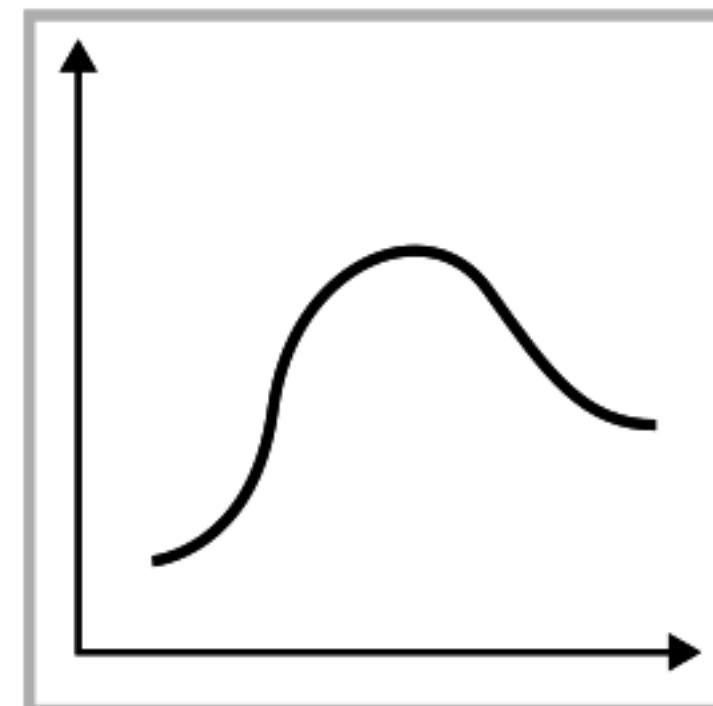
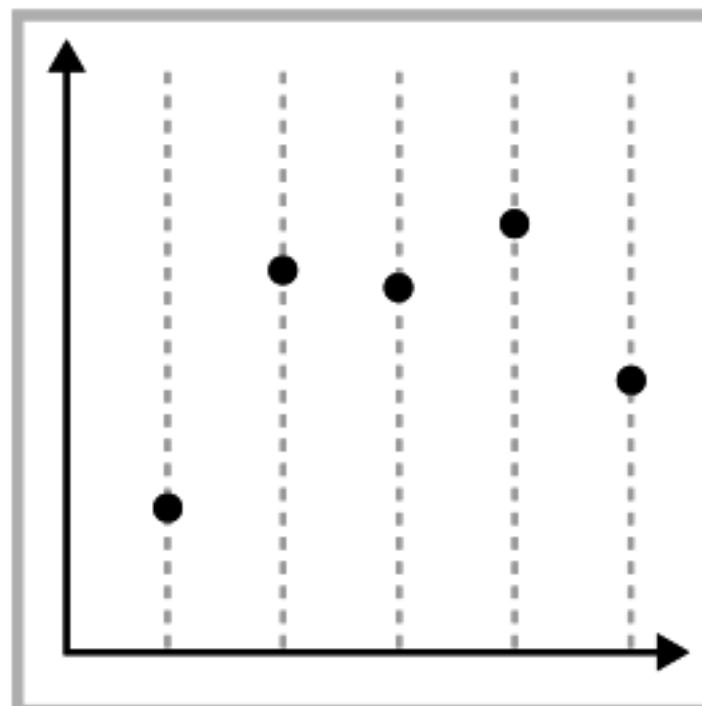
discreet

continu

discreet



continu



TOESTAND

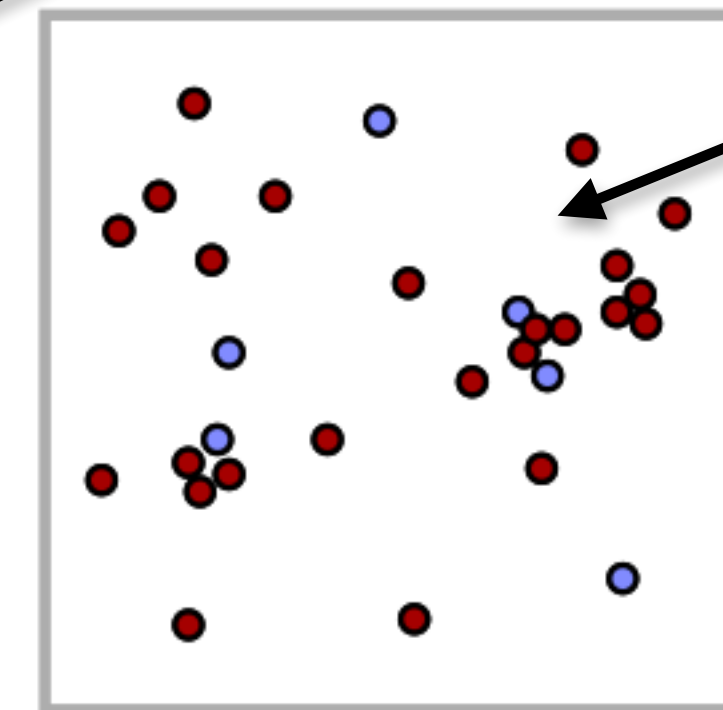
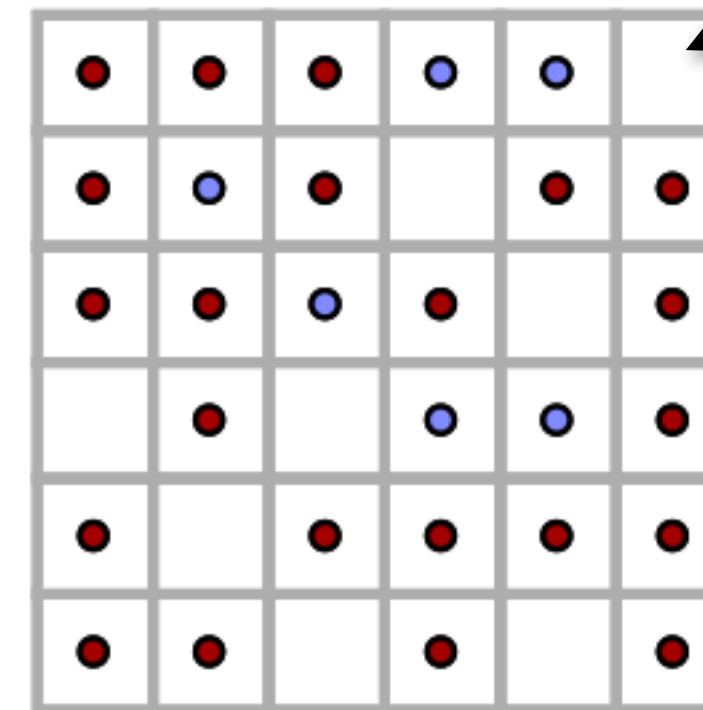
RUIMTE

Hfst 13

discreet

continu

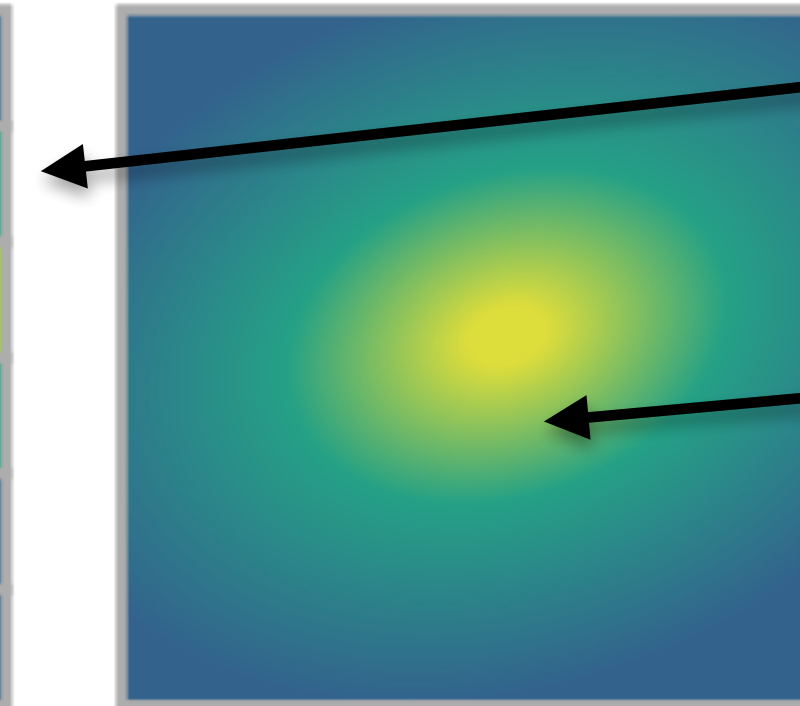
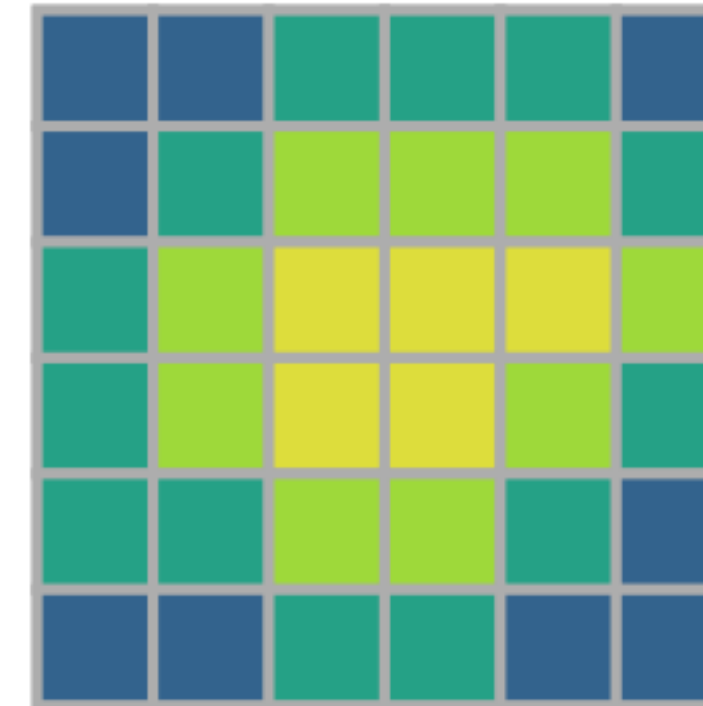
discreet



Vandaag

TOESTAND

continu



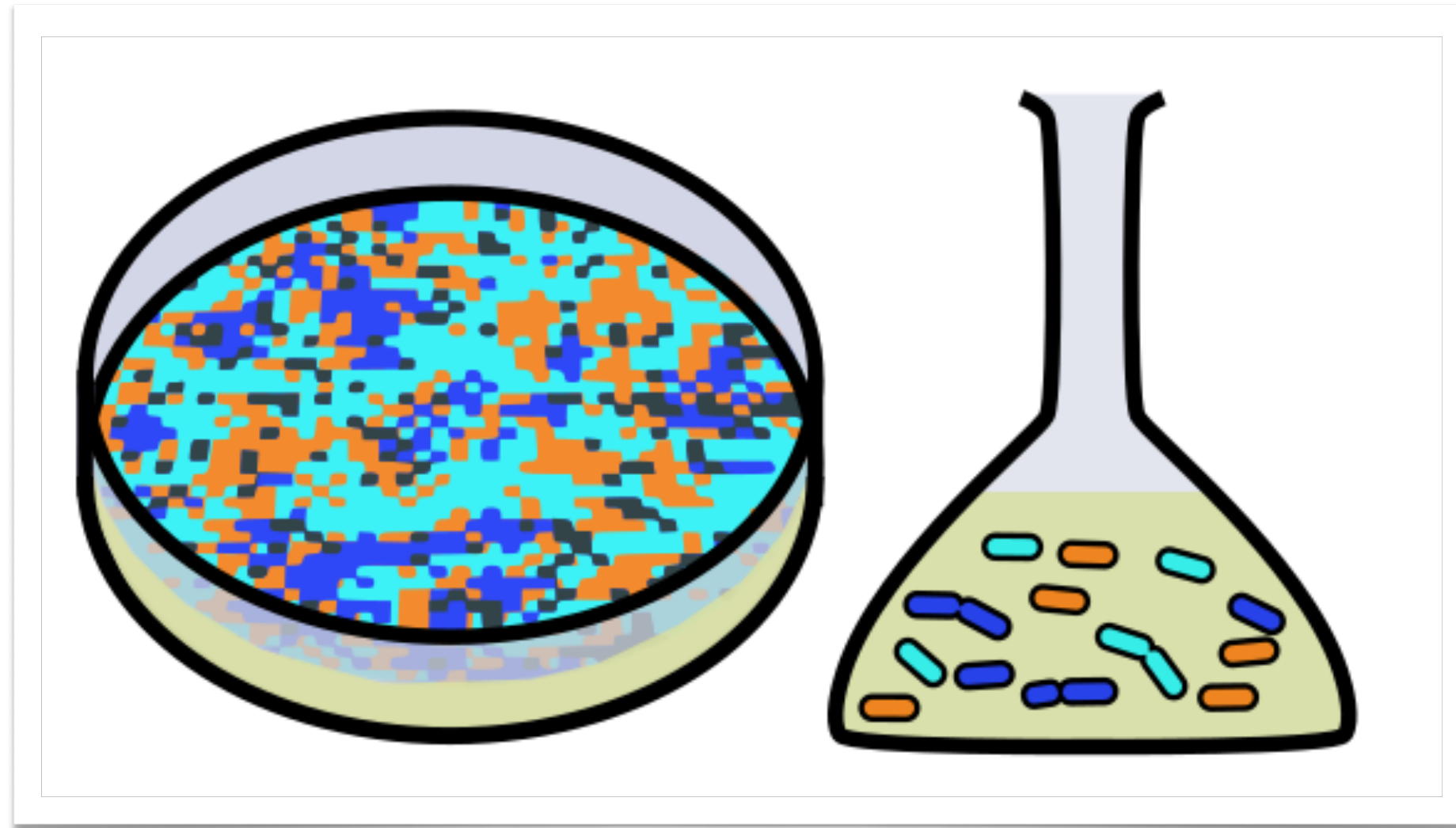
Morgen

Nooit
(PDEs, erg moeilijk)

Numerieke benadering van een PDE

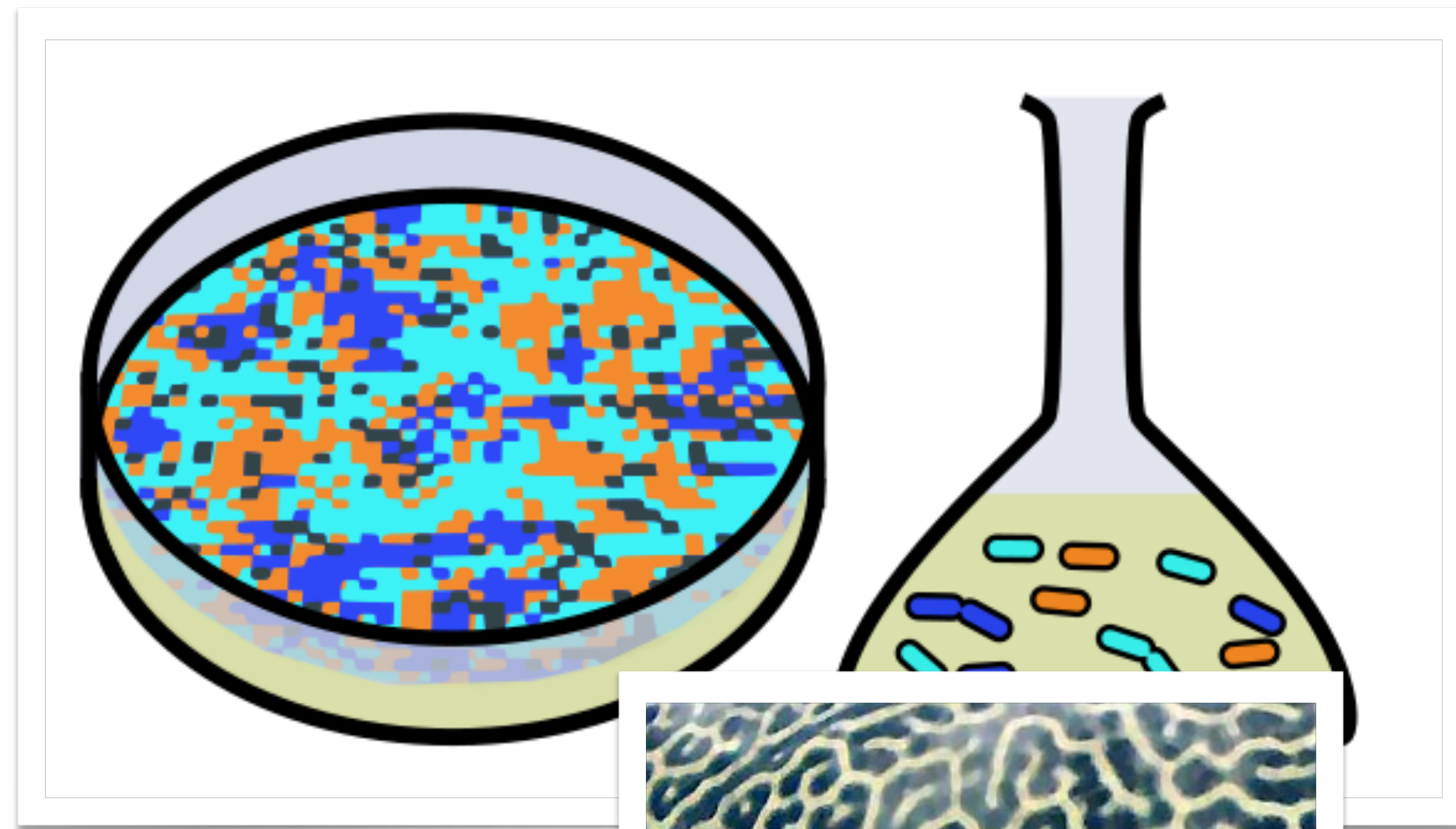
Belangrijk leerdoel: hoe modelleren je verschillende systemen?

Belangrijk leerdoel: hoe modelleren je verschillende systemen?

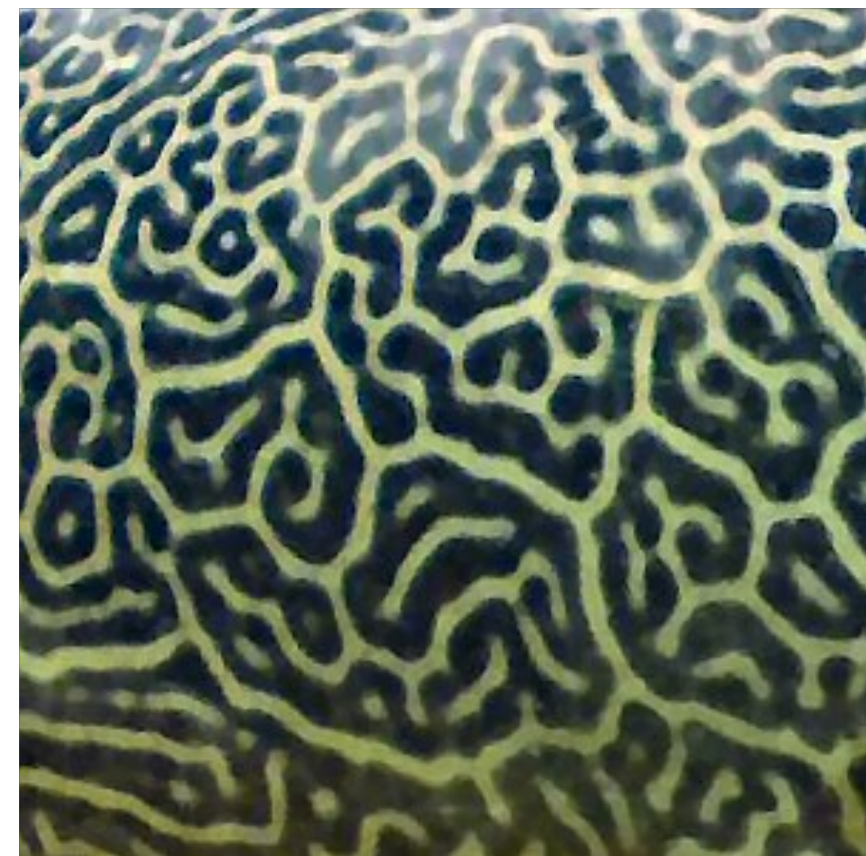


thevirtuallaboratory.com

Belangrijk leerdoel: hoe modelleren je verschillende systemen?

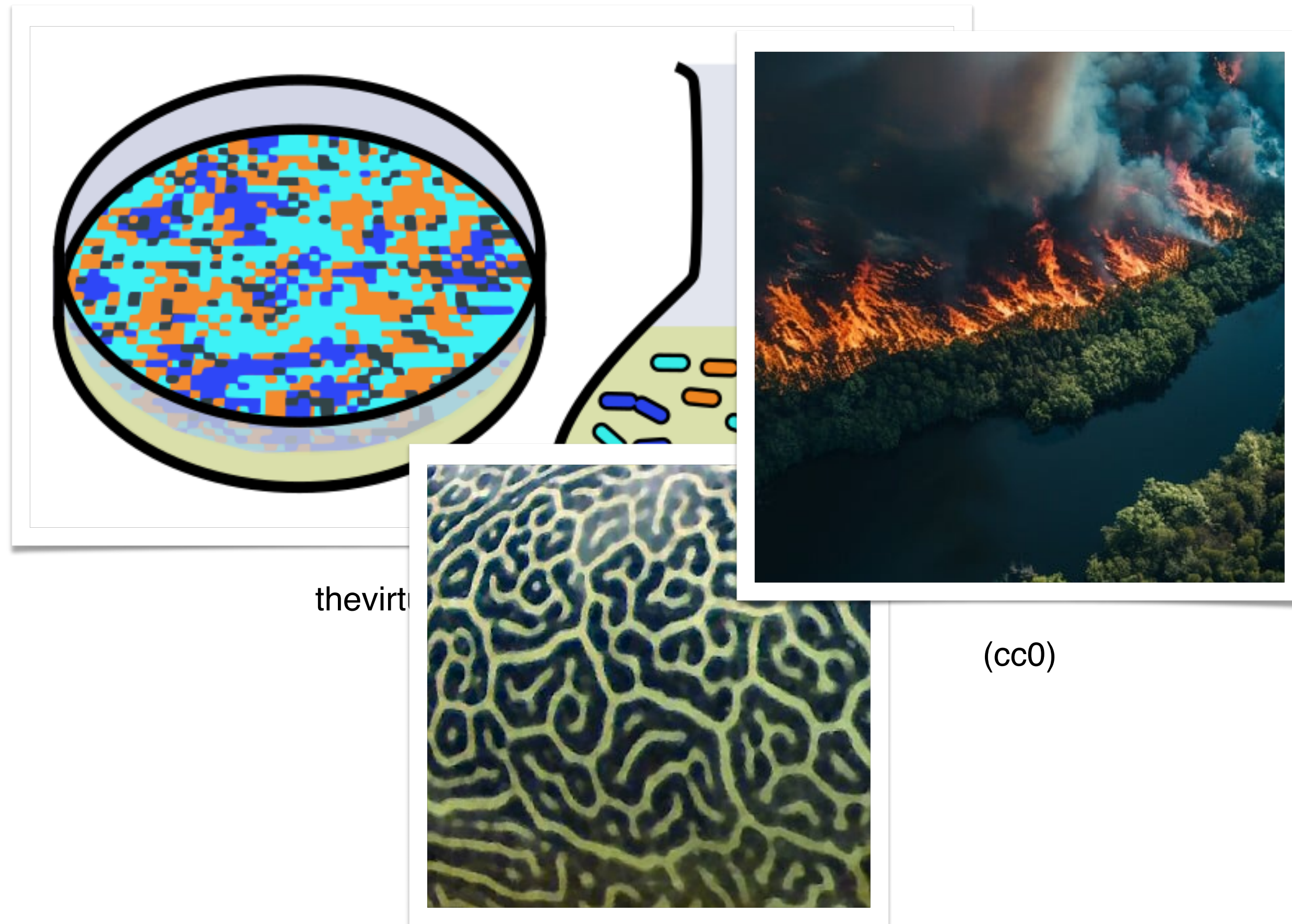


thevirt



Wikimedia commons

Belangrijk leerdoel: hoe modelleren je verschillende systemen?

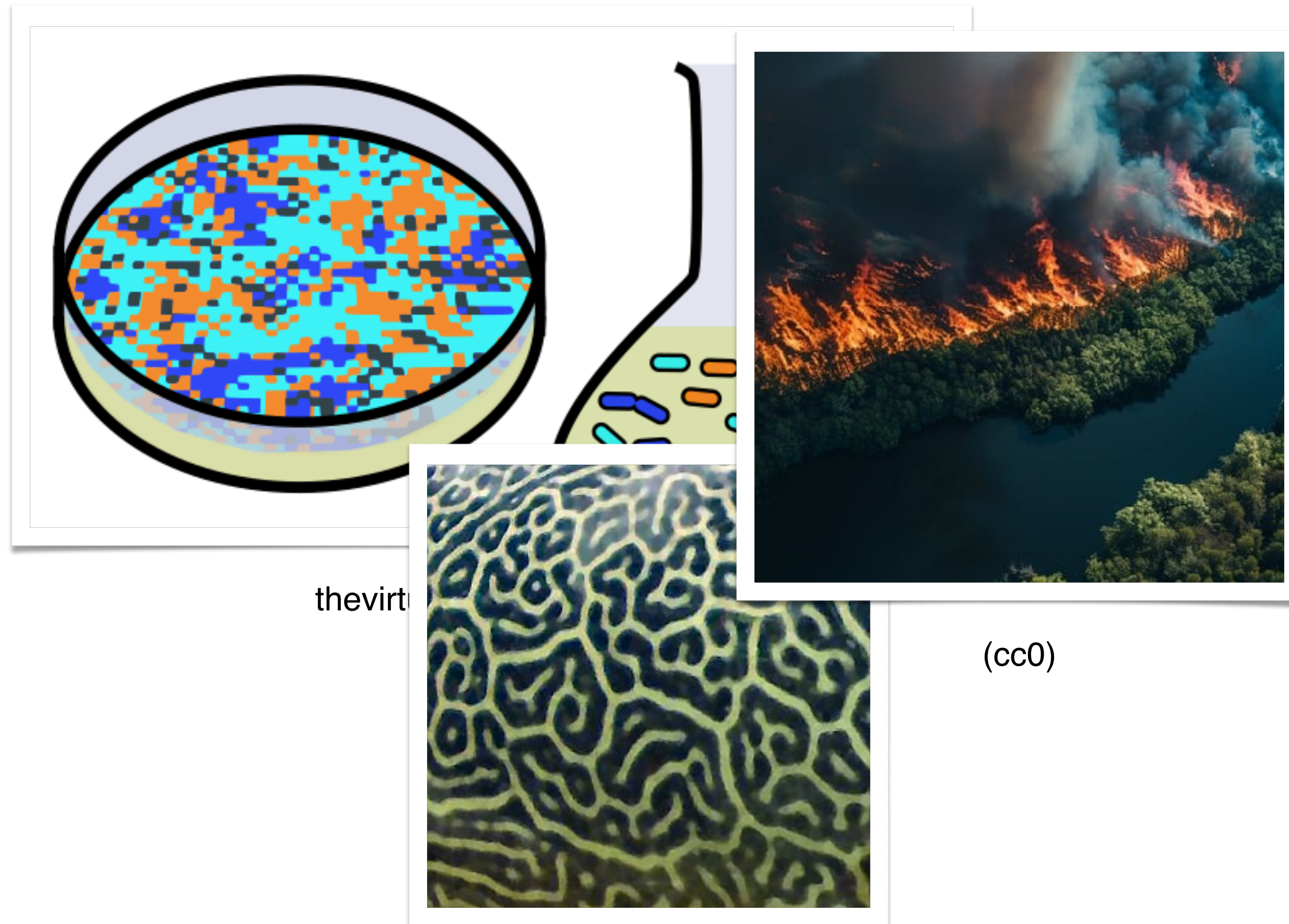


thevirt

(cc0)

Wikimedia commons

Belangrijk leerdoel: hoe modelleren je verschillende systemen?



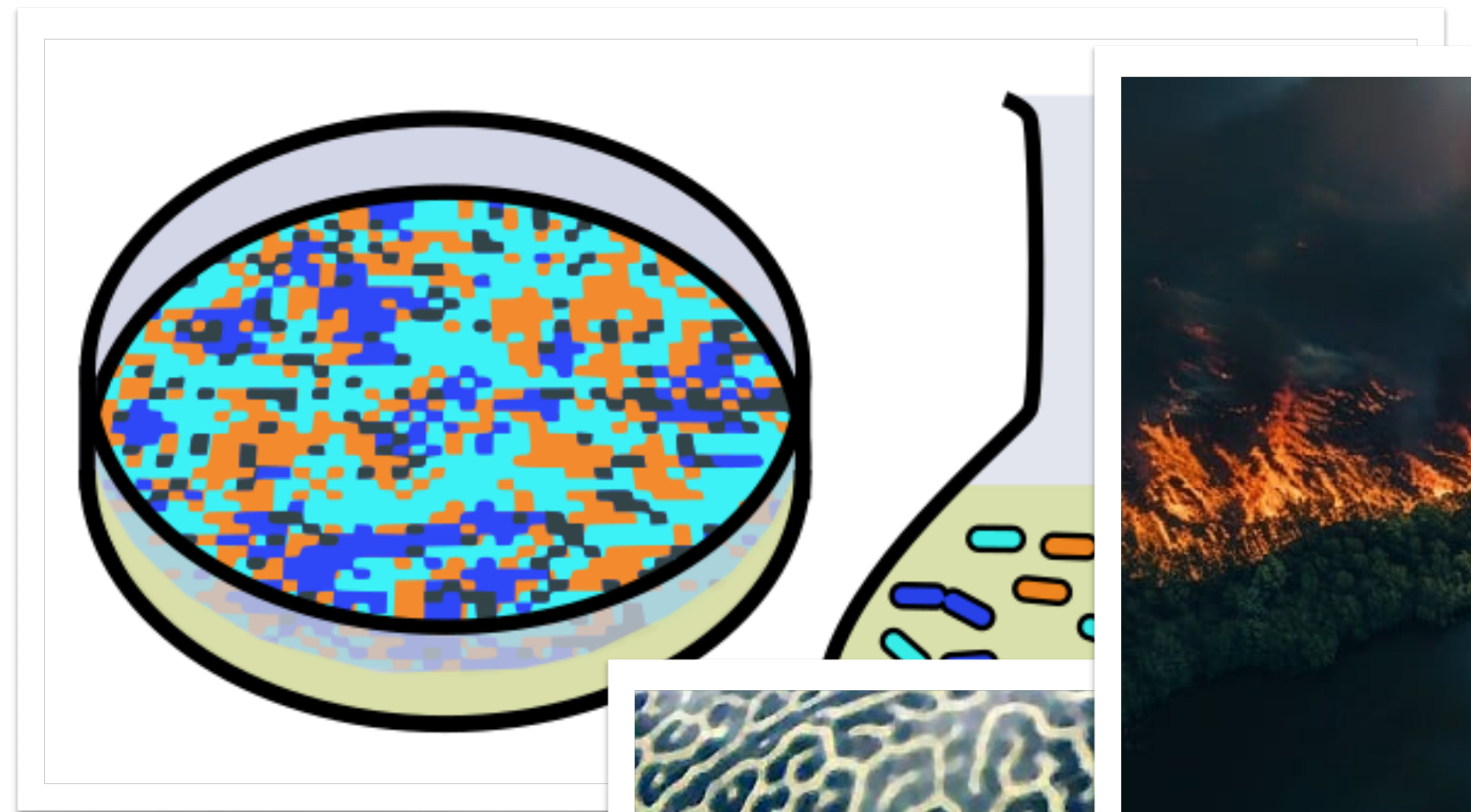
thevirt

(cc0)

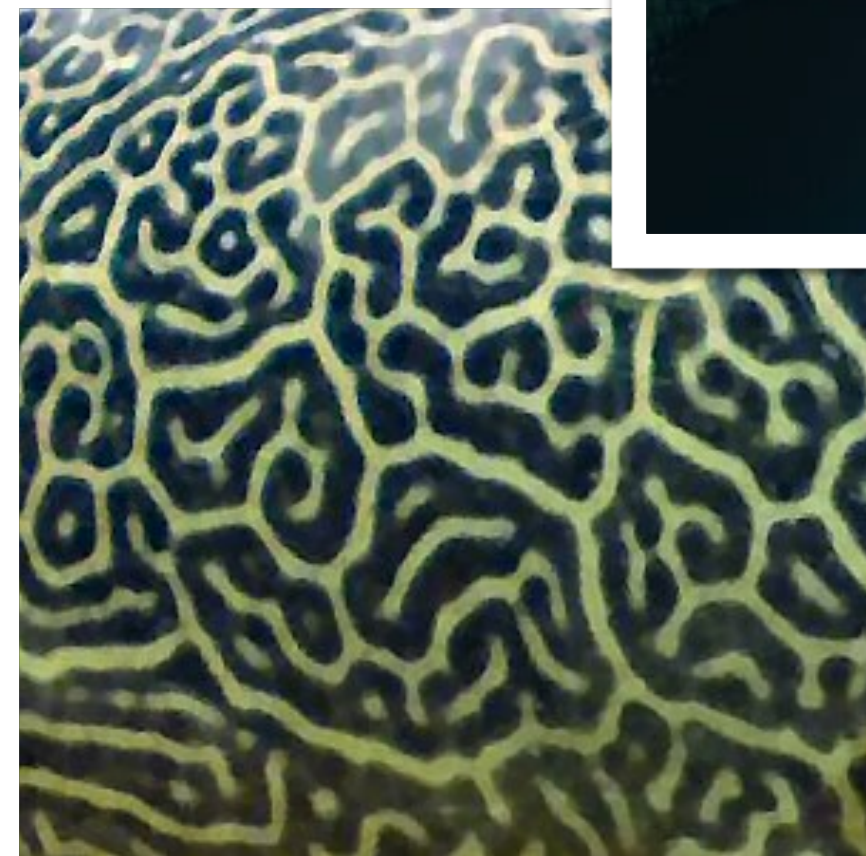
Wikimedia commons

Orca's die op zeehonden jagen?

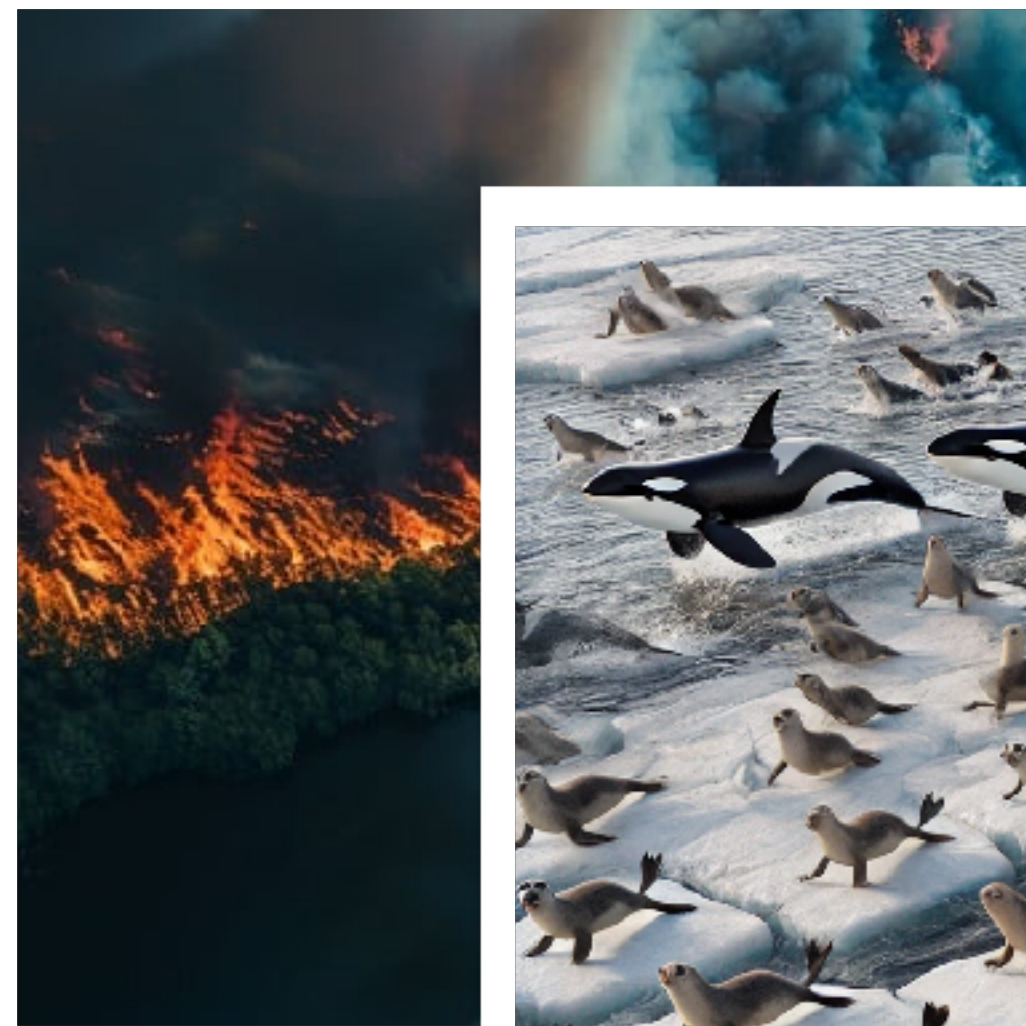
Belangrijk leerdoel: hoe modelleren je verschillende systemen?



thevirt



Wikimedia commons



Orca's die op zeehonden jagen?



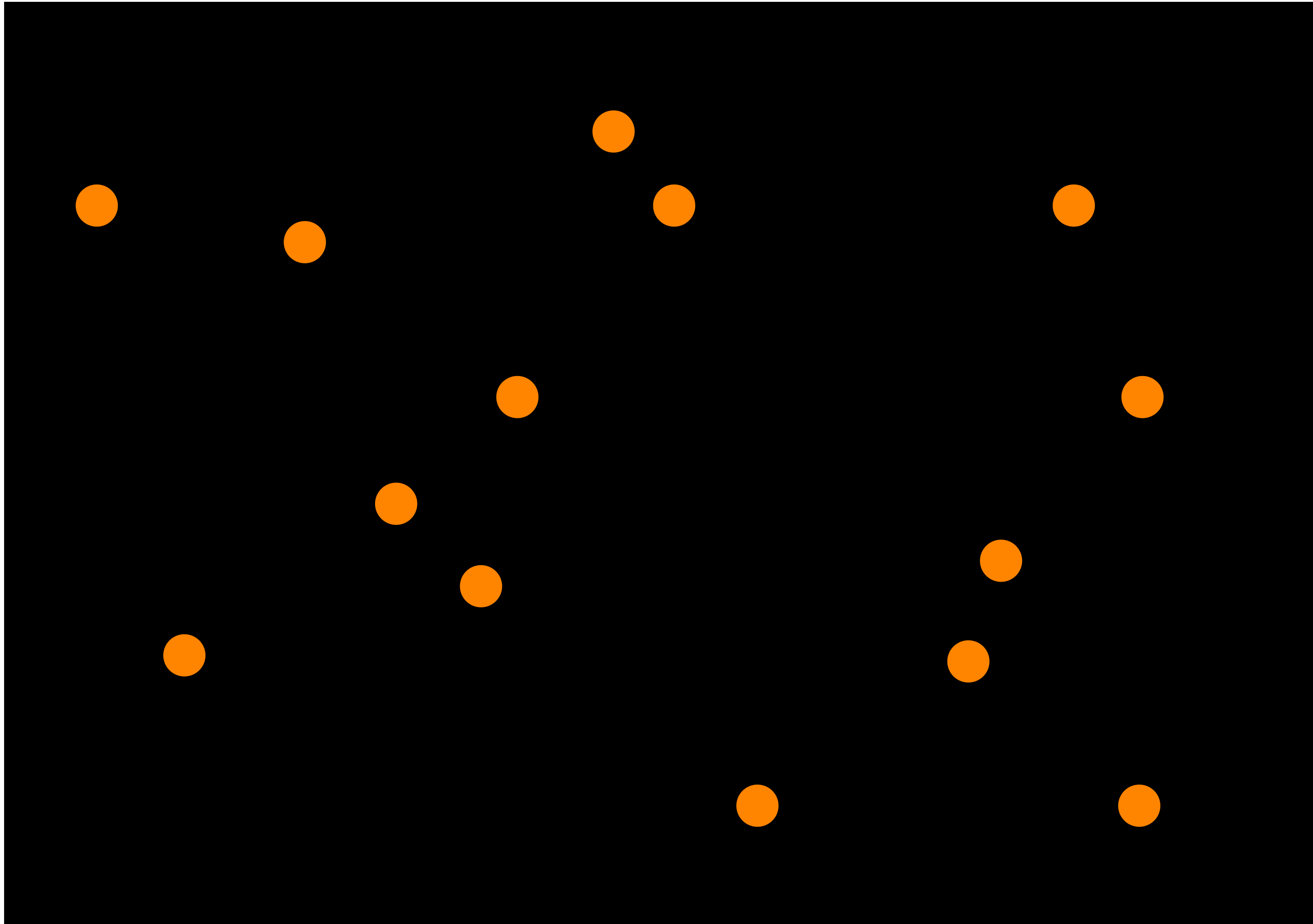
Zeehonden in hokjes?!

Zwermen en foerageren

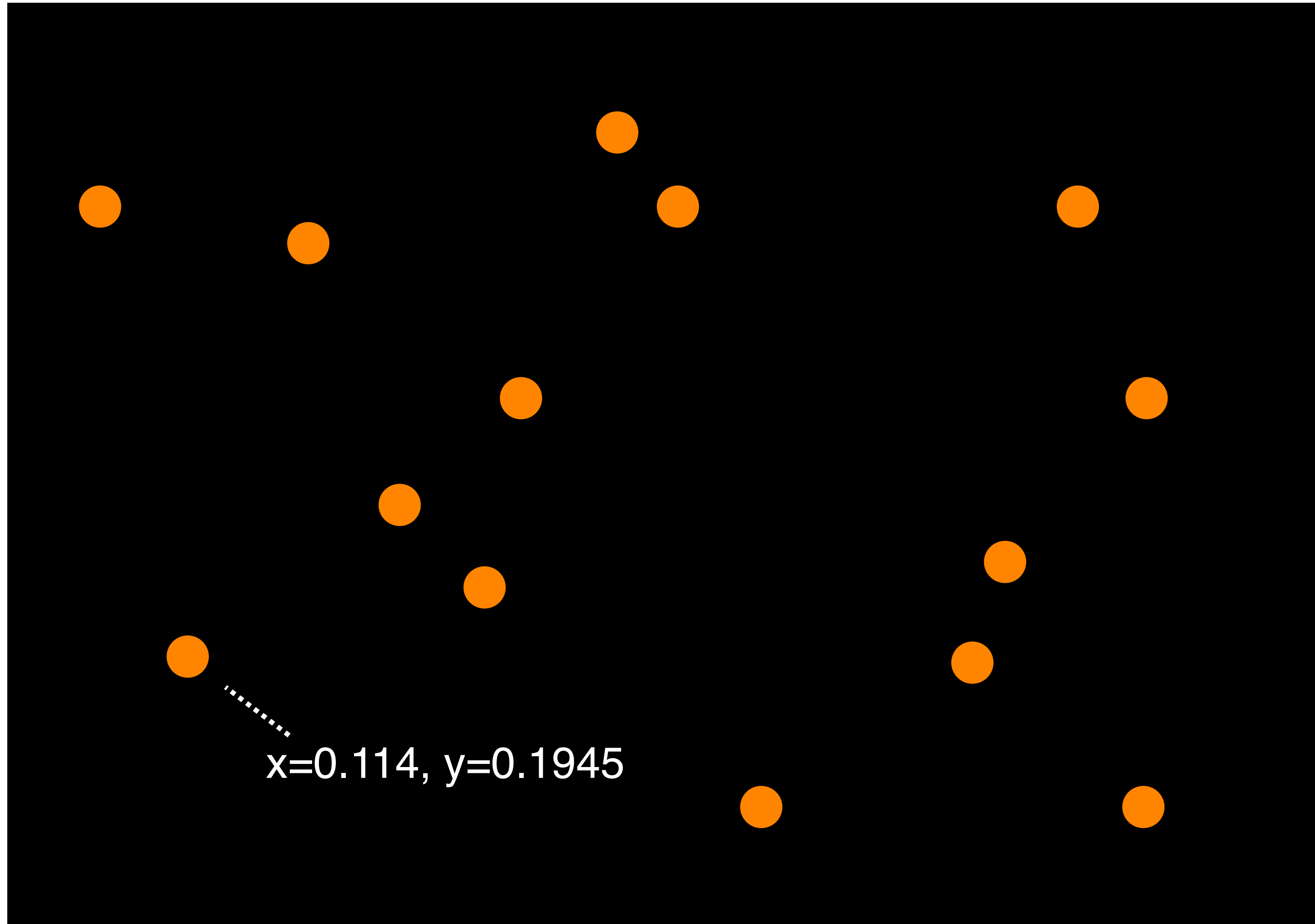
Bram van Dijk (hij/hem)



Oranje stipjes



Oranje stipjes



Oranje stipjes



	x	y
1	0.61589888	0.8549382
2	0.34788971	0.1180934
3	0.48238653	0.4798884
4	0.51093692	0.4255704
5	0.21664242	0.7620400
6	0.67629201	0.8072027
7	0.51102846	0.4826698
8	0.86699595	0.5153525
9	0.67105446	0.8483865
10	0.62001025	0.8274863

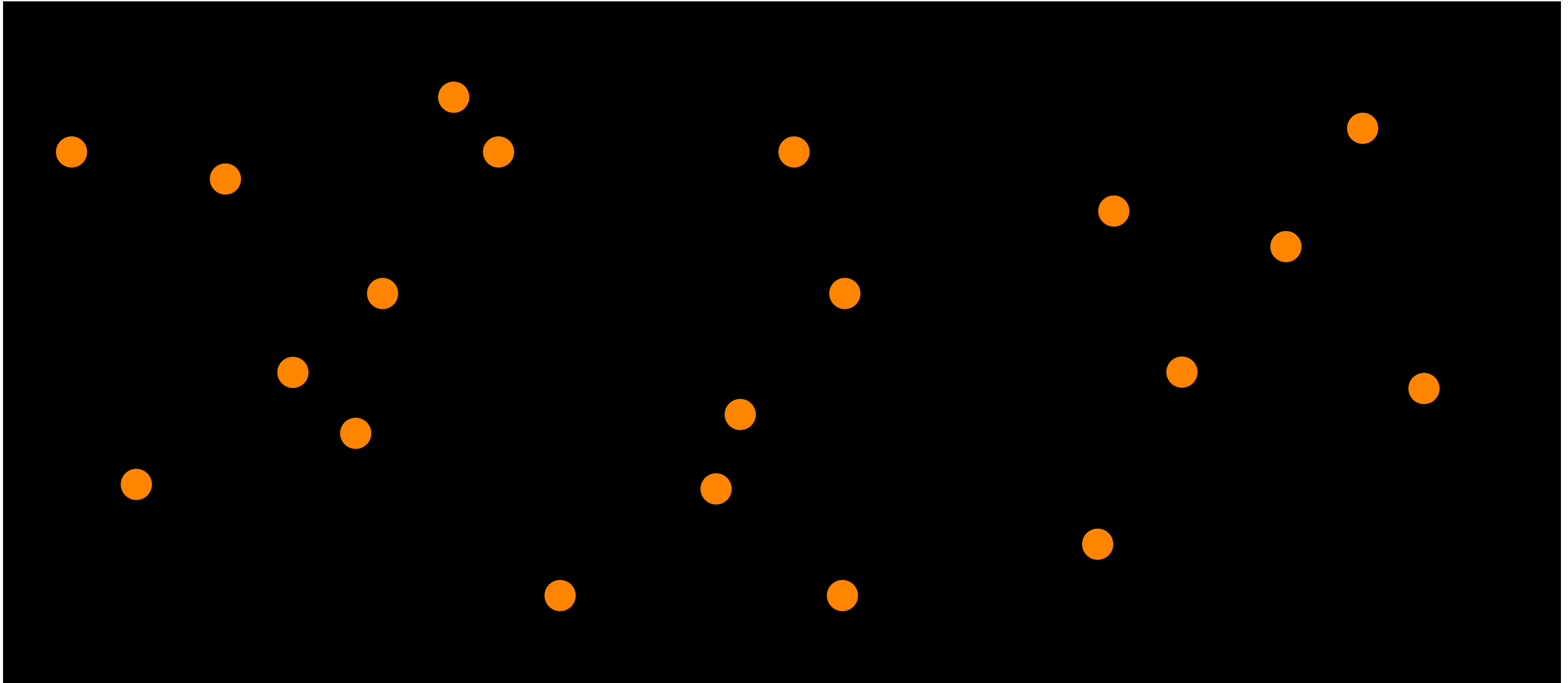
Oranje stipjes



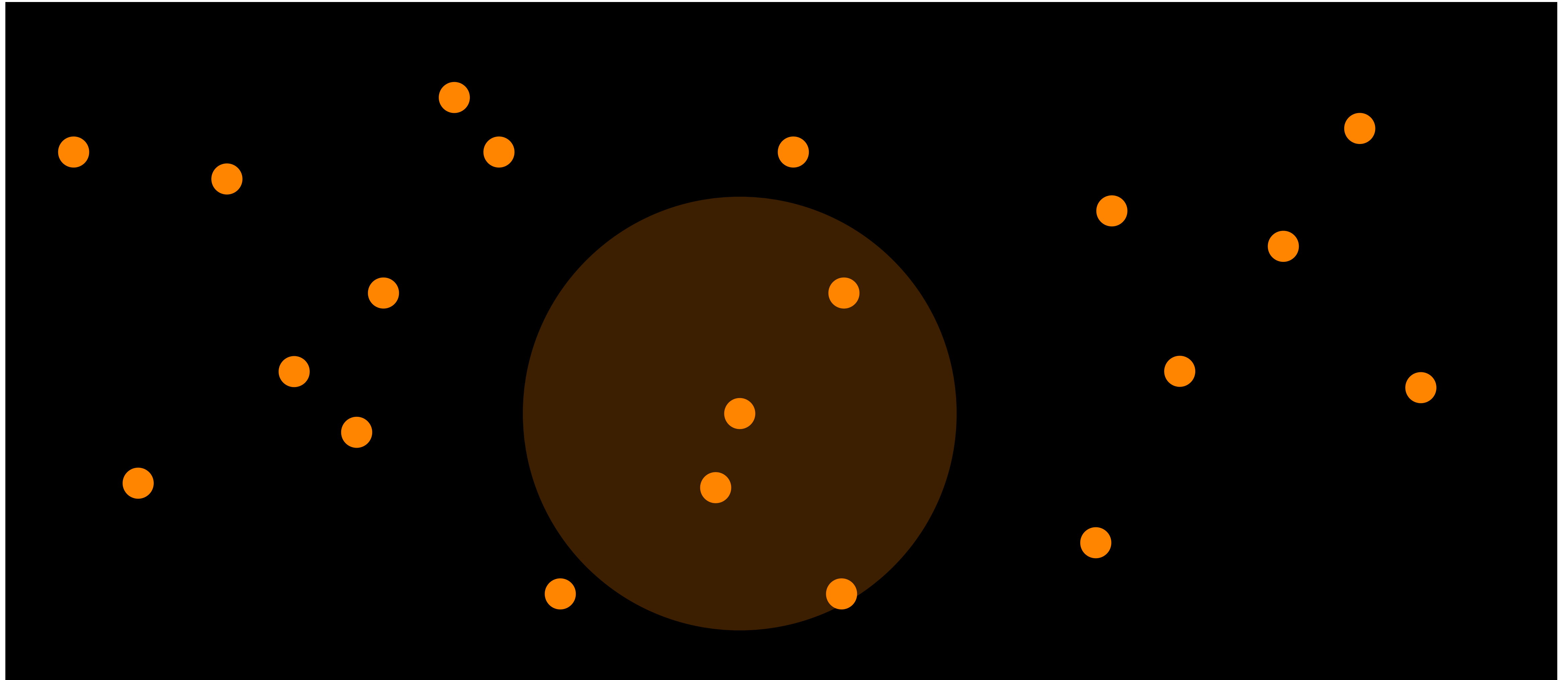
	x	y
1	0.61589888	0.8549382
2	0.34788971	0.1180934
3	0.48238653	0.4798884
4	0.51093692	0.4255704
5	0.21664242	0.7620400
6	0.67629201	0.8072027
7	0.51102846	0.4826698
8	0.86699595	0.5153525
9	0.67105446	0.8483865
10	0.62001025	0.8274863

	x	y
1	0.61589888	0.8549382
2	0.34788971	0.1180934
3	0.48238653	0.4798884
4	0.51093692	0.4255704
5	0.21664242	0.7620400
6	0.67629201	0.8072027
7	0.51102846	0.4826698
8	0.86699595	0.5153525
9	0.67105446	0.8483865
10	0.62001025	0.8274863
11	0.51687489	0.4698570
12	0.22933714	0.7914460
13	0.51483122	0.4577627
14	0.51808691	0.4374739
15	0.08363510	0.4056760
16	0.86550354	0.5225355
17	0.09414549	0.3859189
18	0.26539053	0.7587700
19	0.20225912	0.7540044
20	0.64727161	0.8732101
21	0.21946152	0.7910626
22	0.52143837	0.4215058
23	0.50232072	0.4307189
24	0.09671896	0.4089077
25	0.71732280	0.1790915
26	0.75539406	0.2077507
27	0.08662779	0.3926971
28	0.73232286	0.1932670
29	0.51570869	0.4809419
30	0.66240416	0.8624812

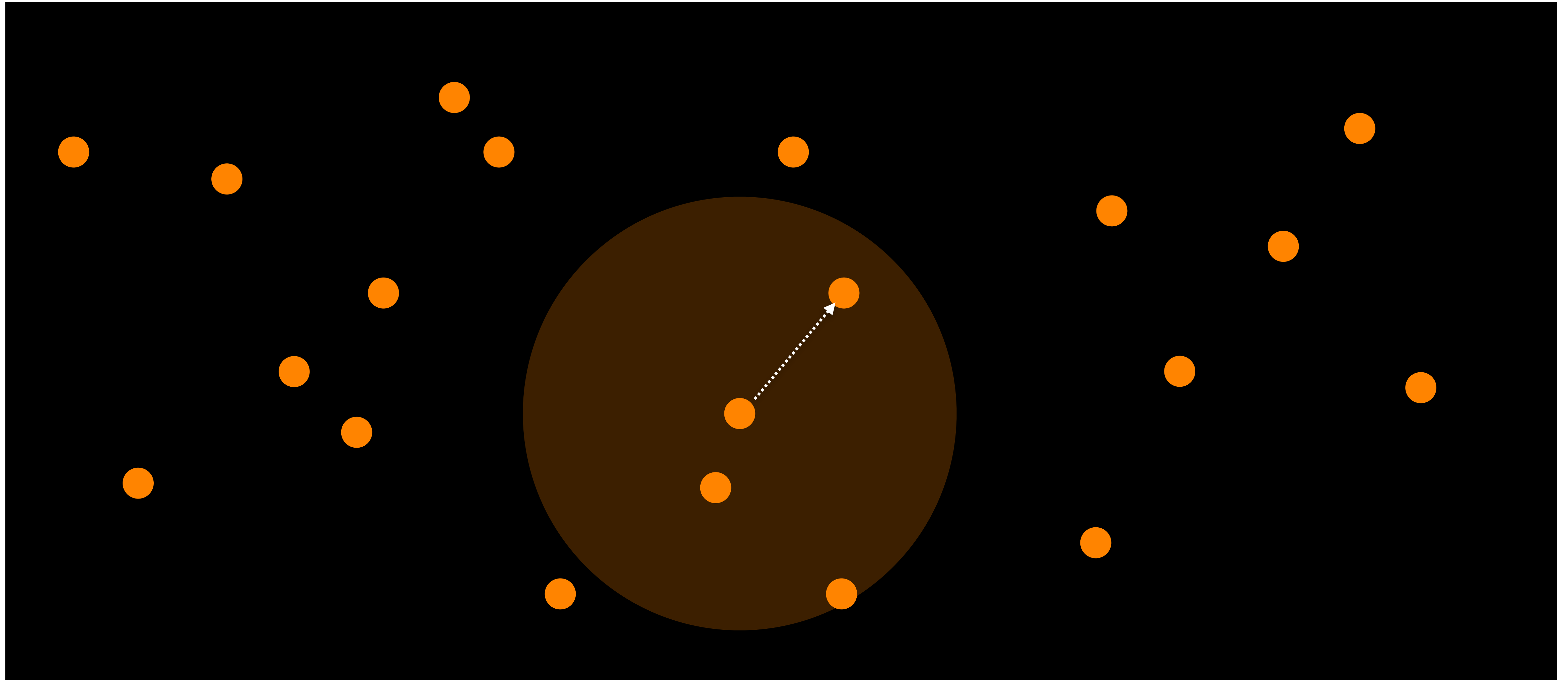
Oranje stipjes



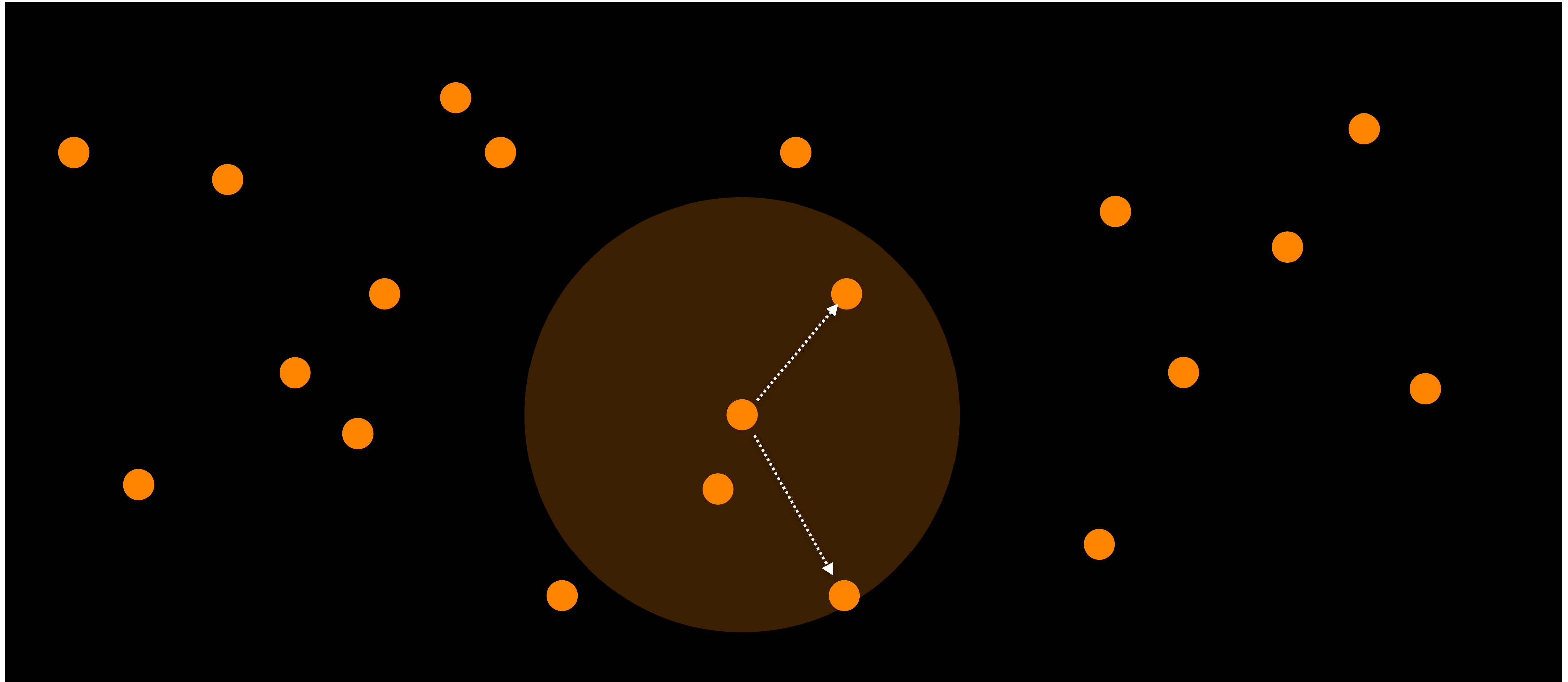
Oranje stipjes



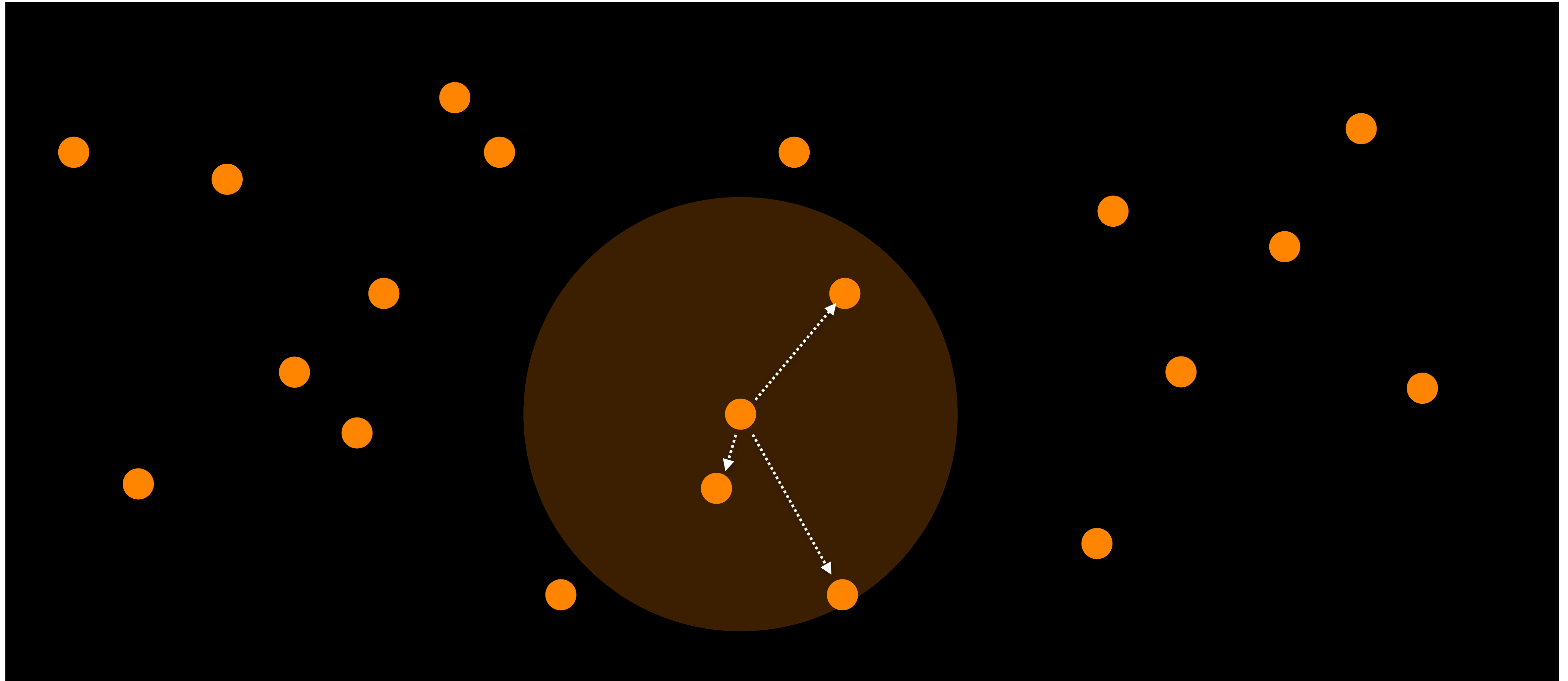
Oranje stipjes



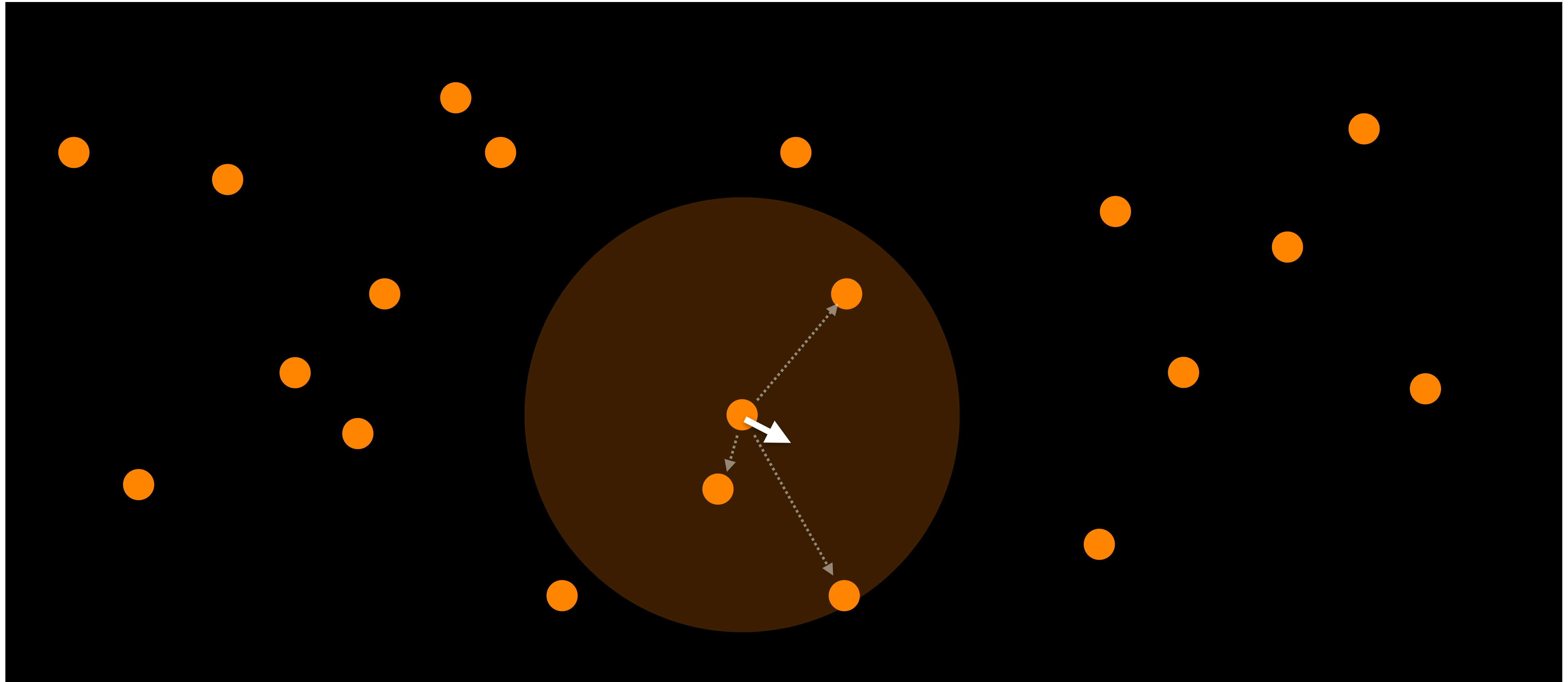
Oranje stipjes



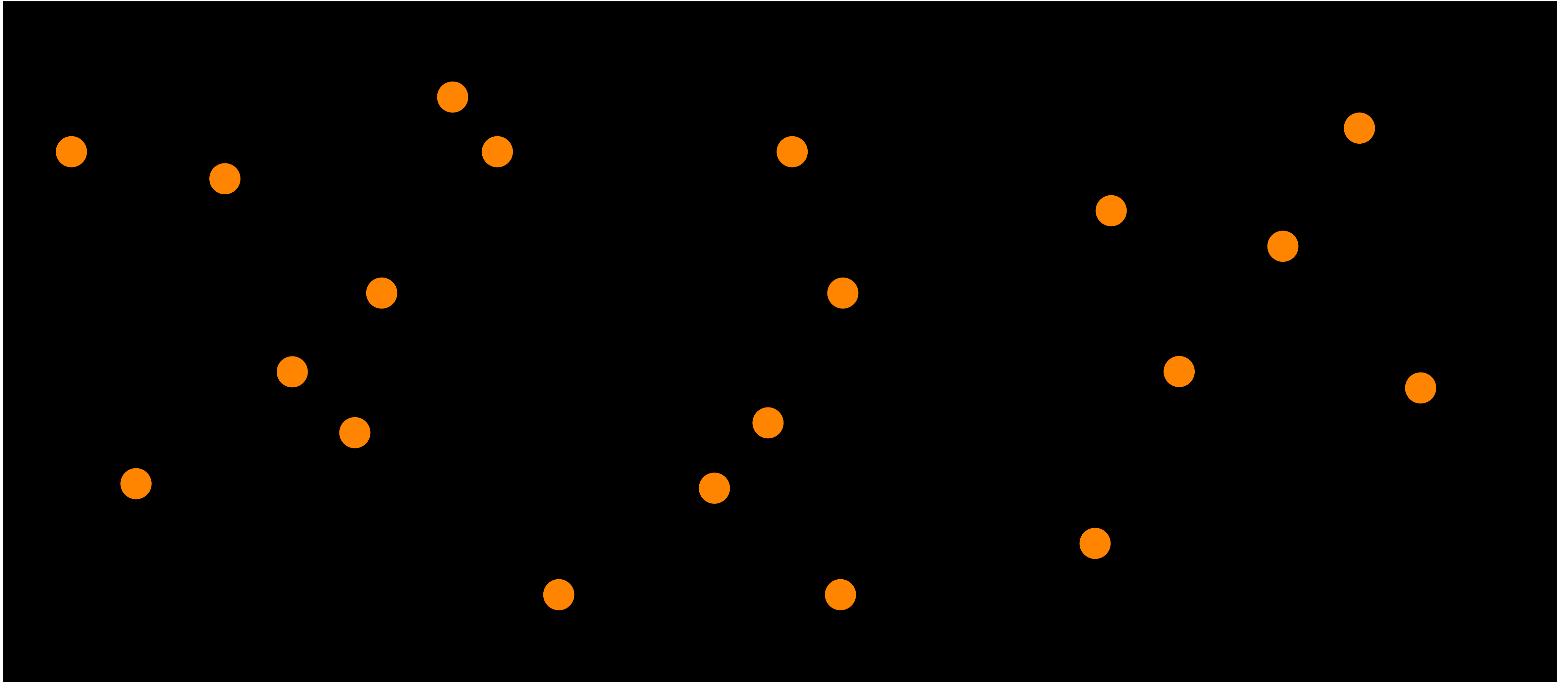
Oranje stipjes



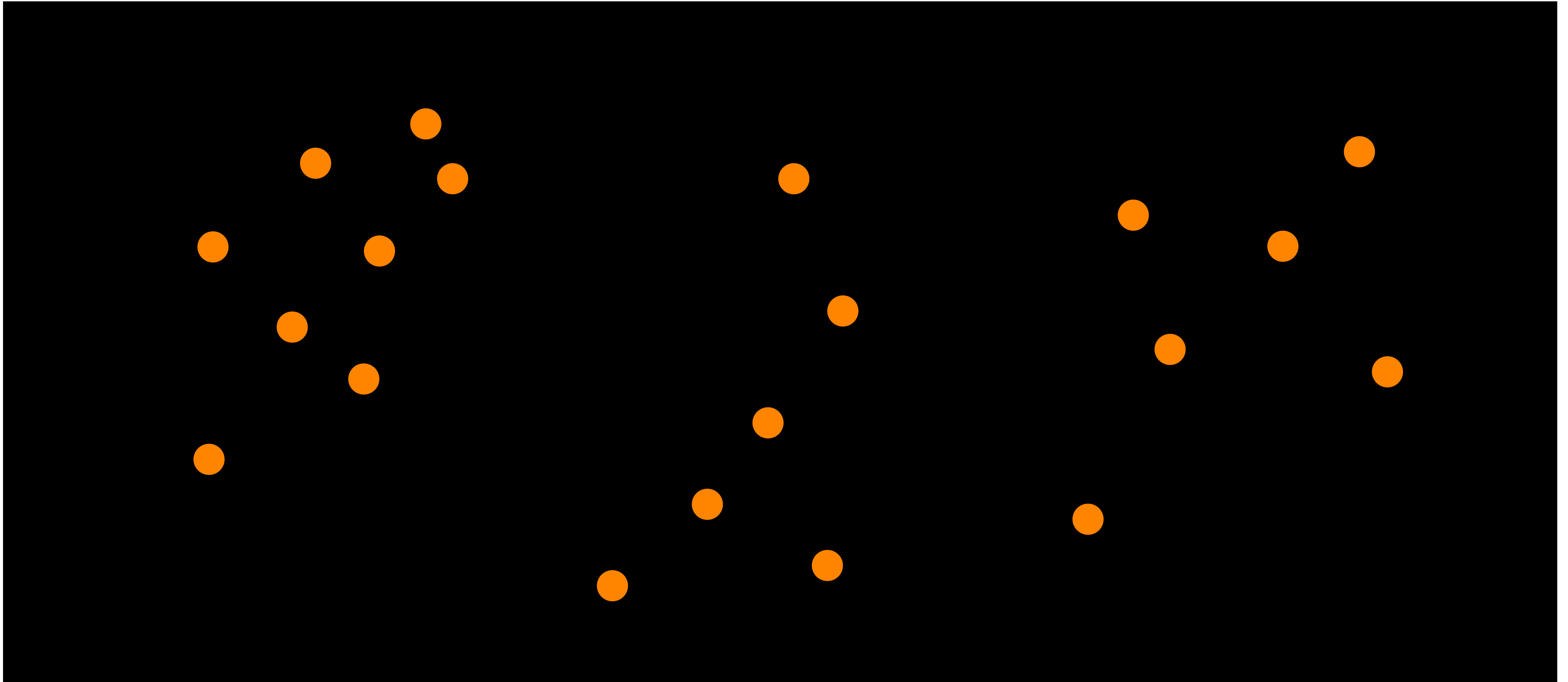
Oranje stipjes



Oranje stipjes



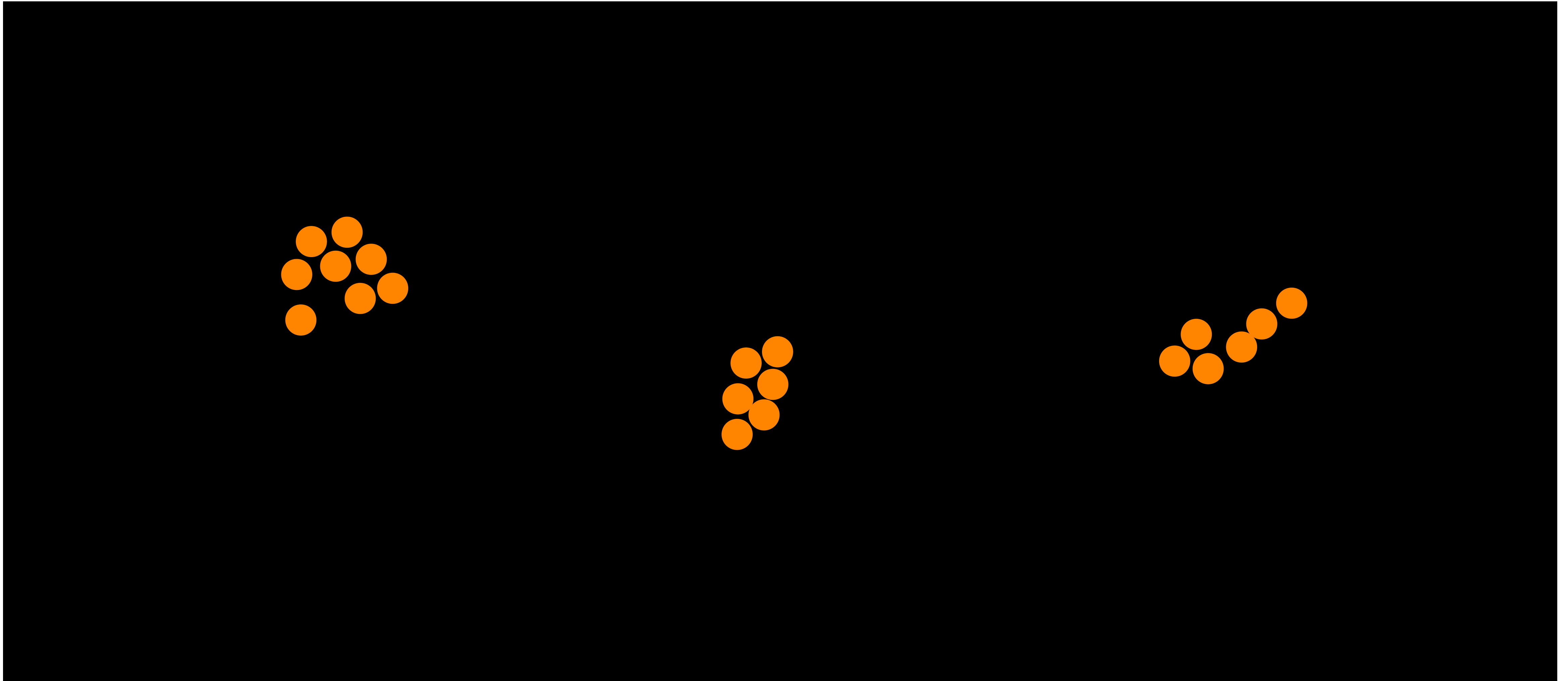
Oranje stipjes



Oranje stipjes



Oranje stipjes



Pseudocode

Pseudocode

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1

Pseudocode

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)

Pseudocode

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.

Pseudocode

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*

Pseudocode

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

Pseudocode

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```

Pseudocode

De initiële conditie

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```

Pseudocode

De initiële conditie

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```


Pseudocode

De initiële conditie

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
- ↓ 2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
- ↓ 3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
- ↓ 4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```


Pseudocode

De initiële conditie

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
- ↓ 2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
- ↓ 3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
- ↓ 4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
- ↓ 5. Ga terug naar stap 2

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```

Pseudocode

De initiële conditie

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```

Pseudocode

De initiële conditie

1. Verspreid 100 punten in een 2D ruimte met willekeurige coördinaten tussen 0 en 1
2. Voor elk punt, bereken de afstand tot alle punten in de buurt, en zet een stapje in hun gemiddelde richting (dus naar het midden van de groep)
3. Wanneer twee punten overlappen, zet juist dan een stapje weg van dit punt.
4. *(elke 10e tijdstap, geef de punten weer in een plot)*
5. Ga terug naar stap 2

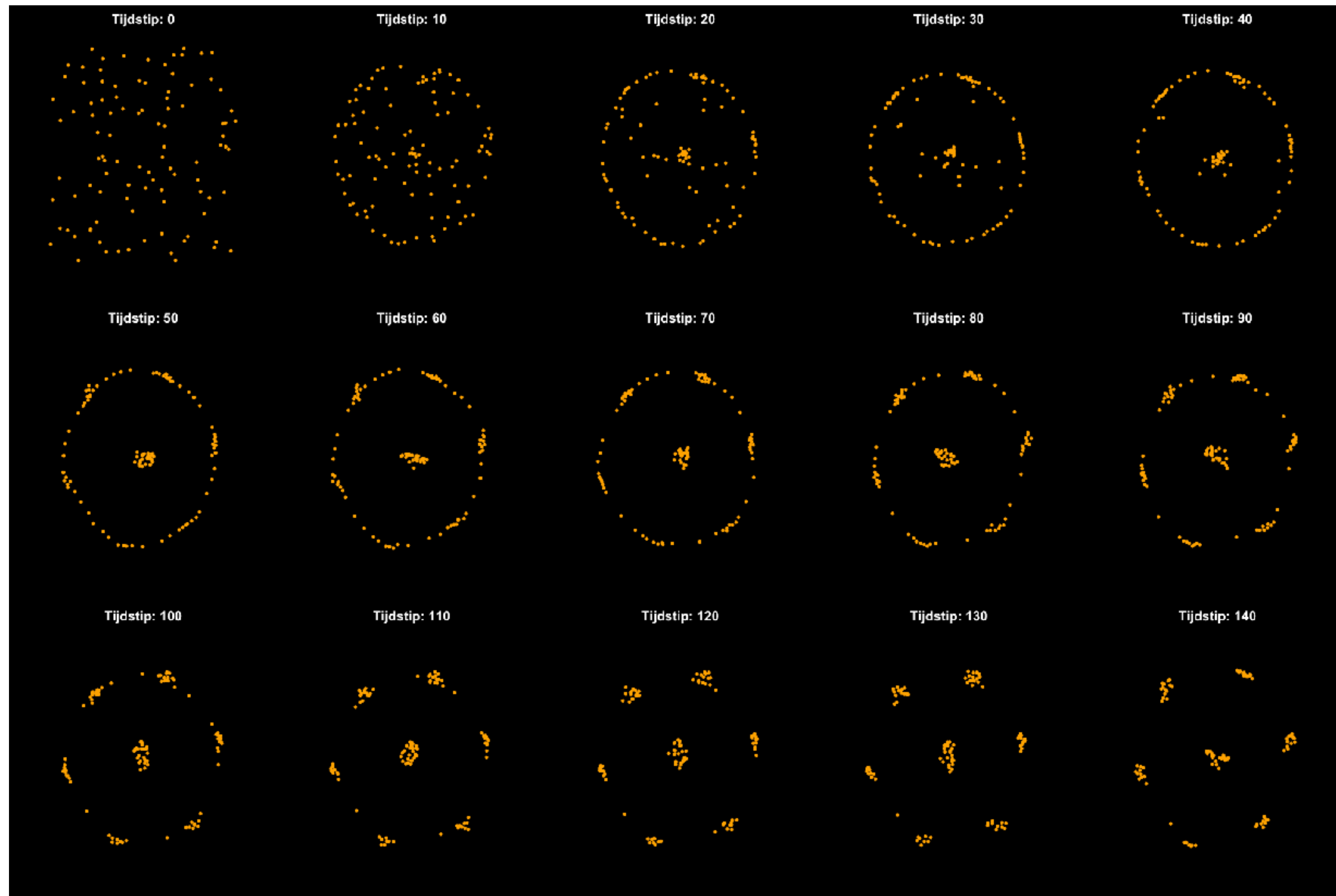
Het herhalende stukje code (for-loop!)

▼ Code voor geïnteresseerde student

```
set.seed(8)
# Aantal tijdstappen
par(mar = rep(2, 4), bg = "black")
aantal_tijdstappen <- 150

# Aantal punten
aantal_punten <- 100
```

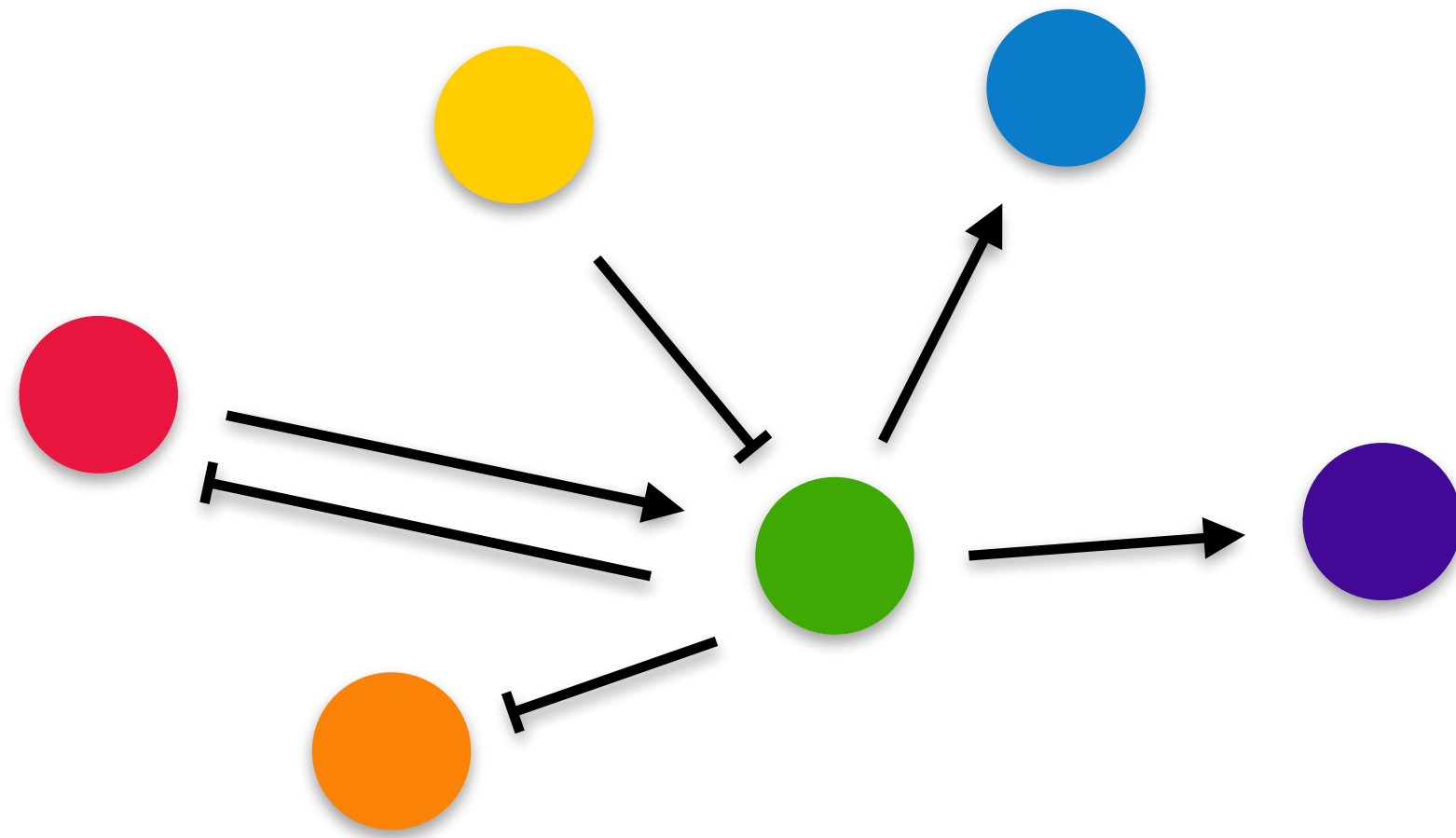

Simpele deeltjes-simulatie in R



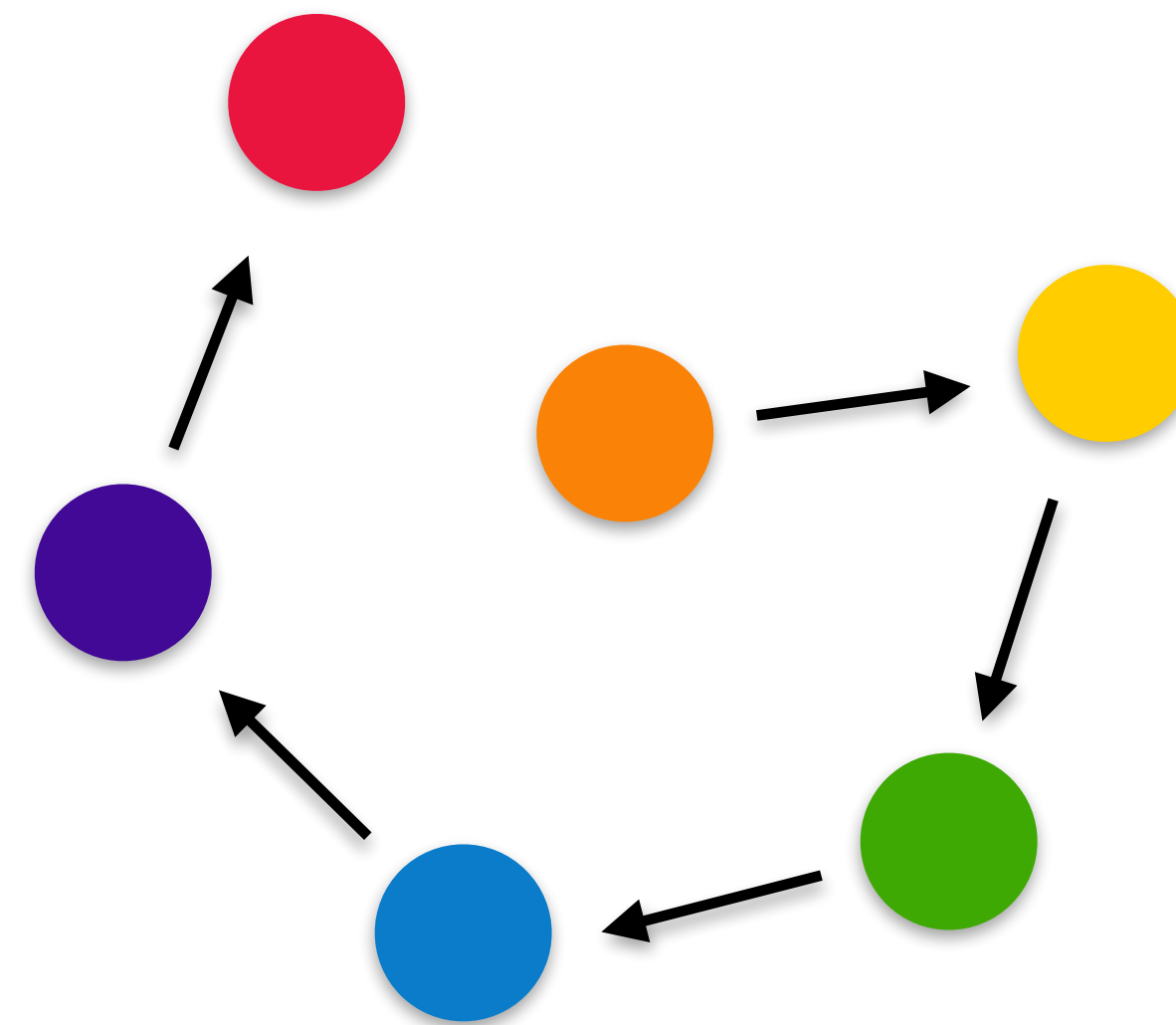
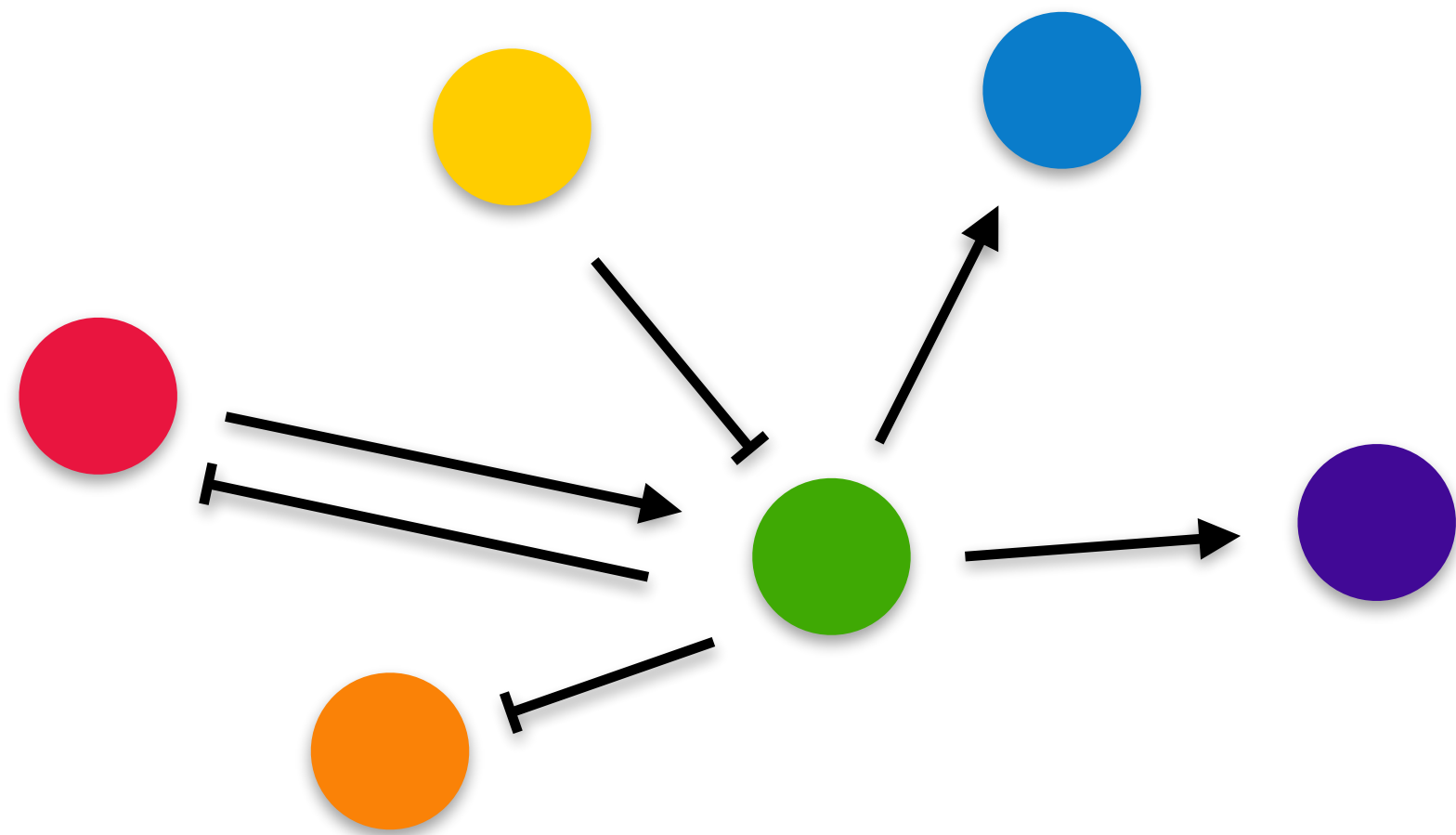


Meer deeltjes?

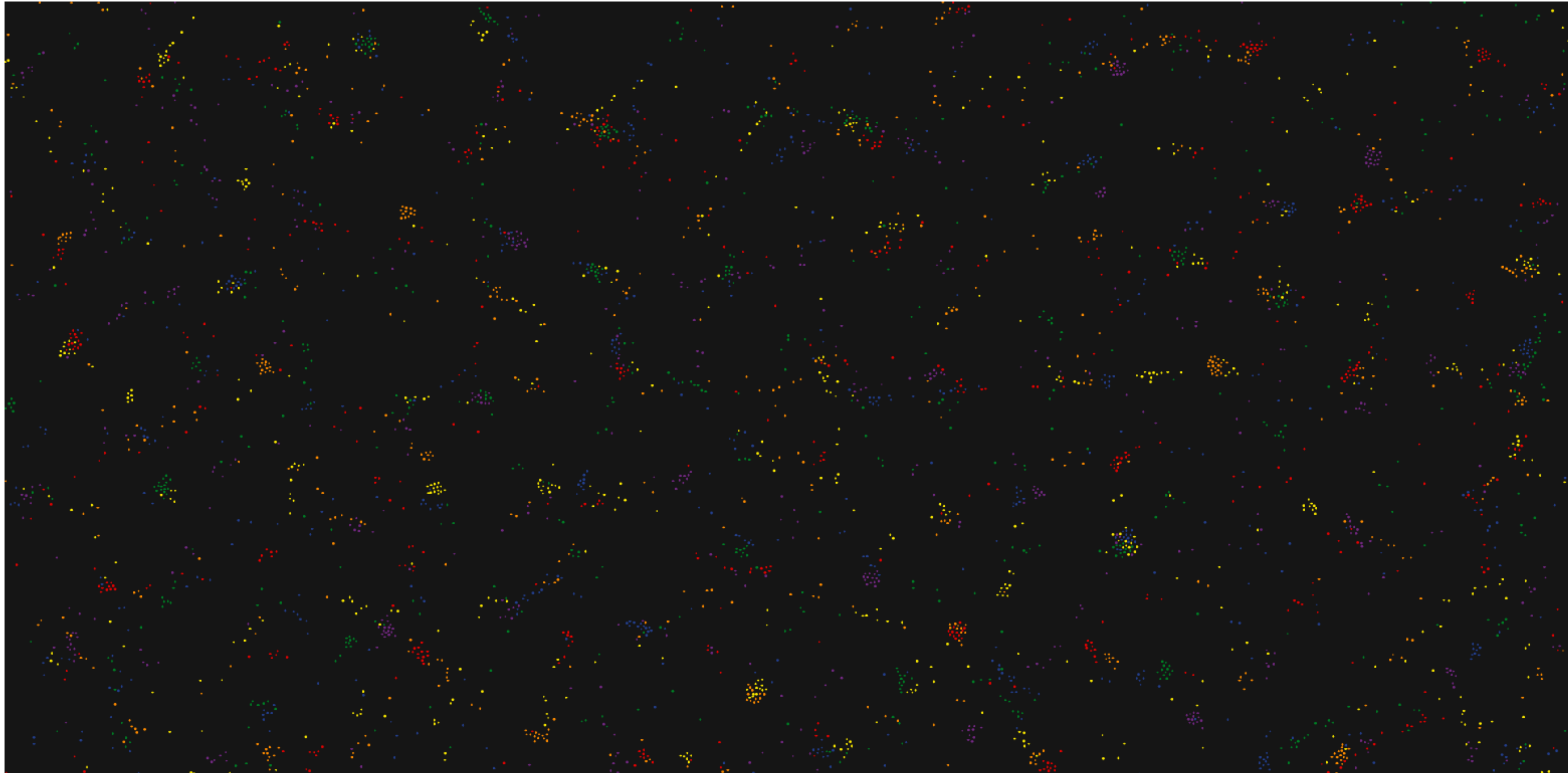
Meer deeltjes?

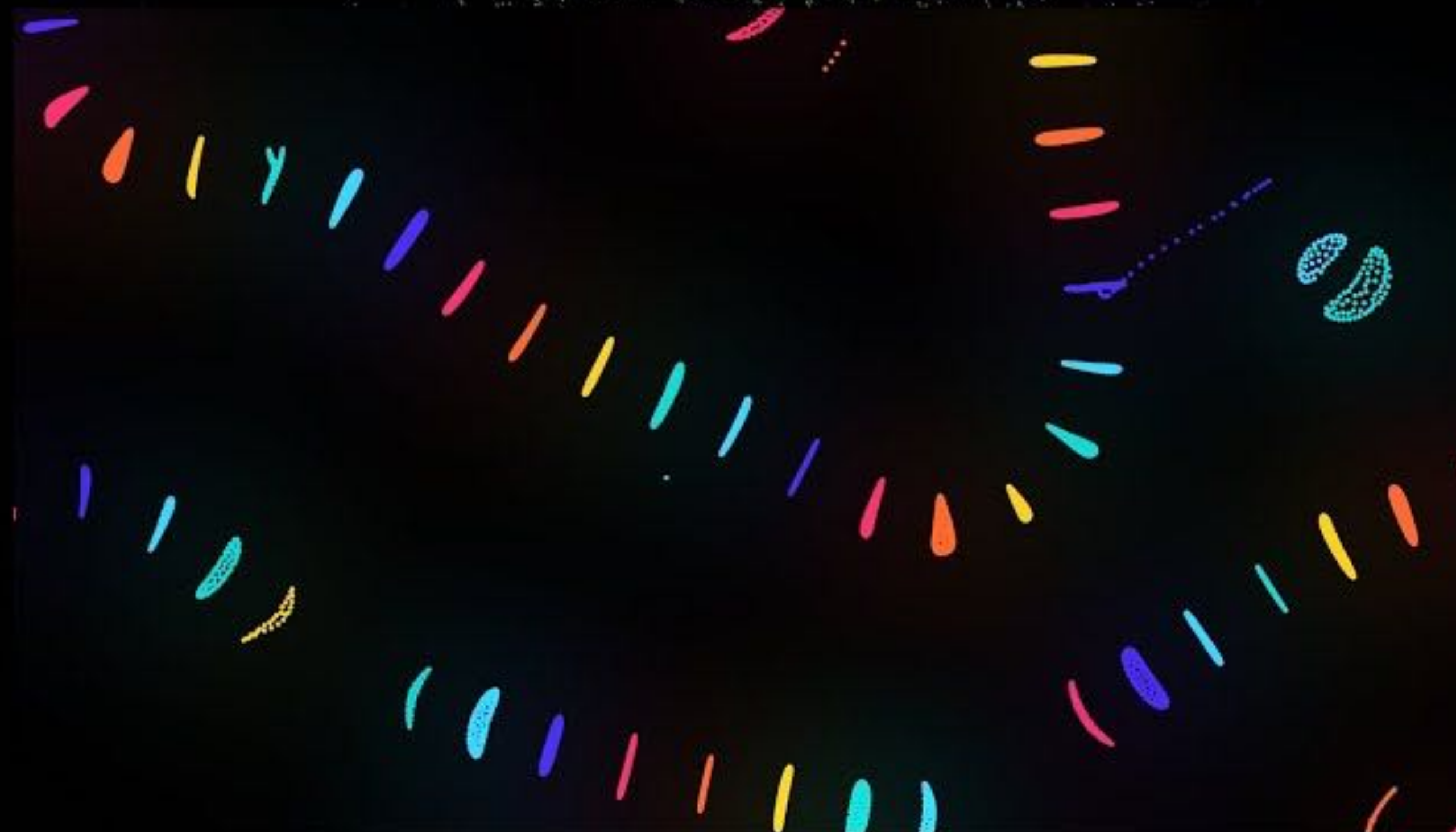
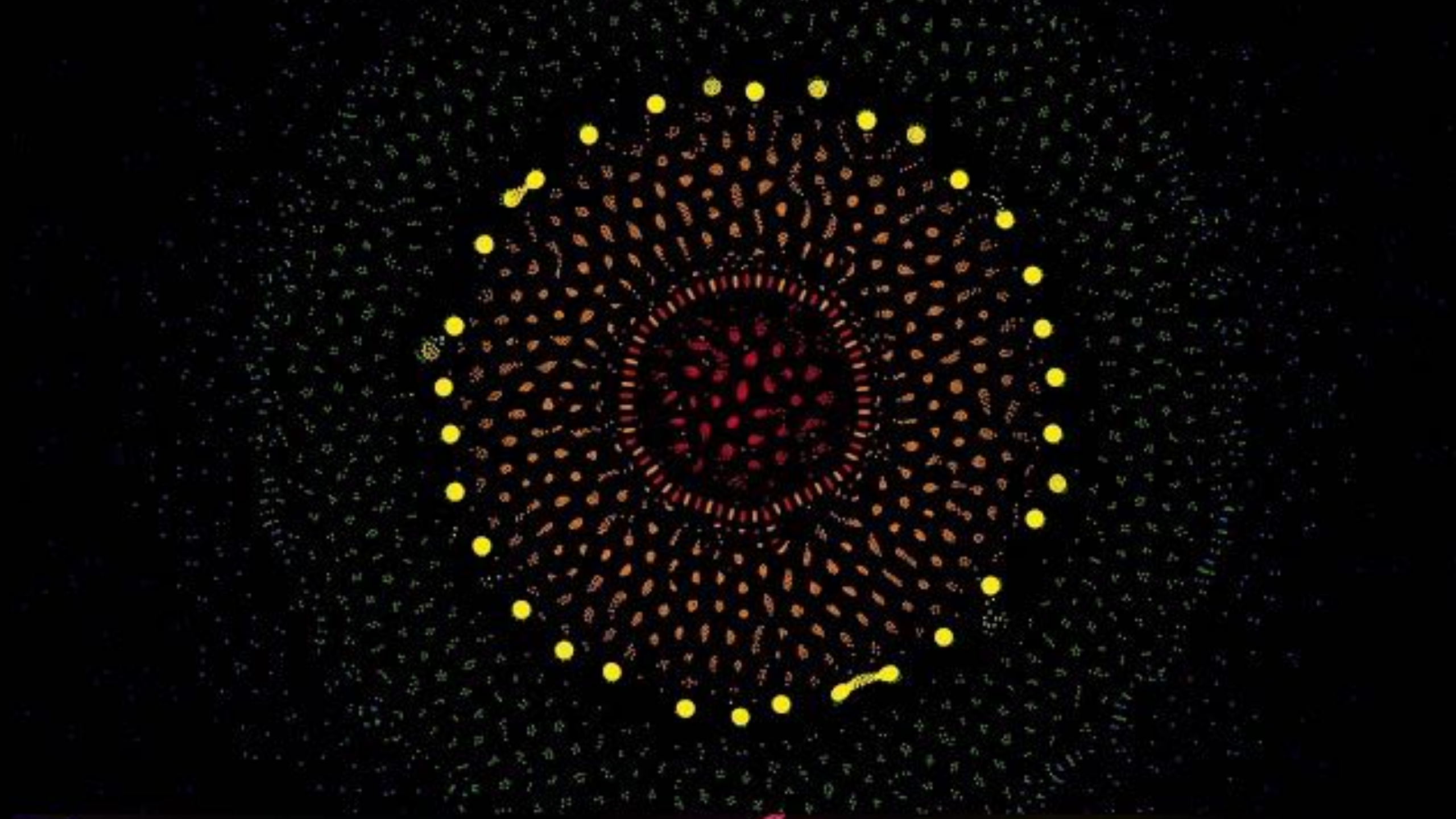


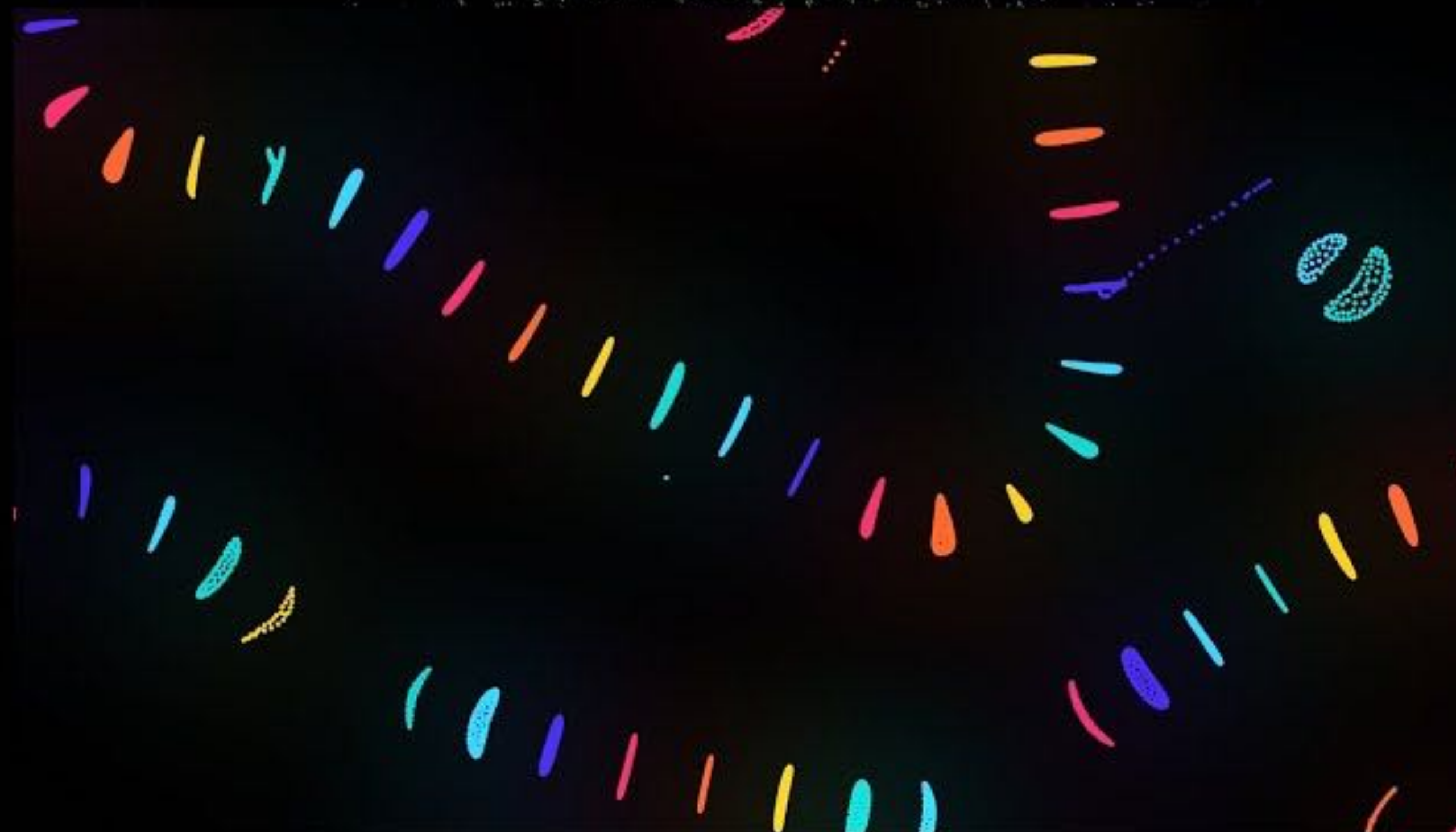
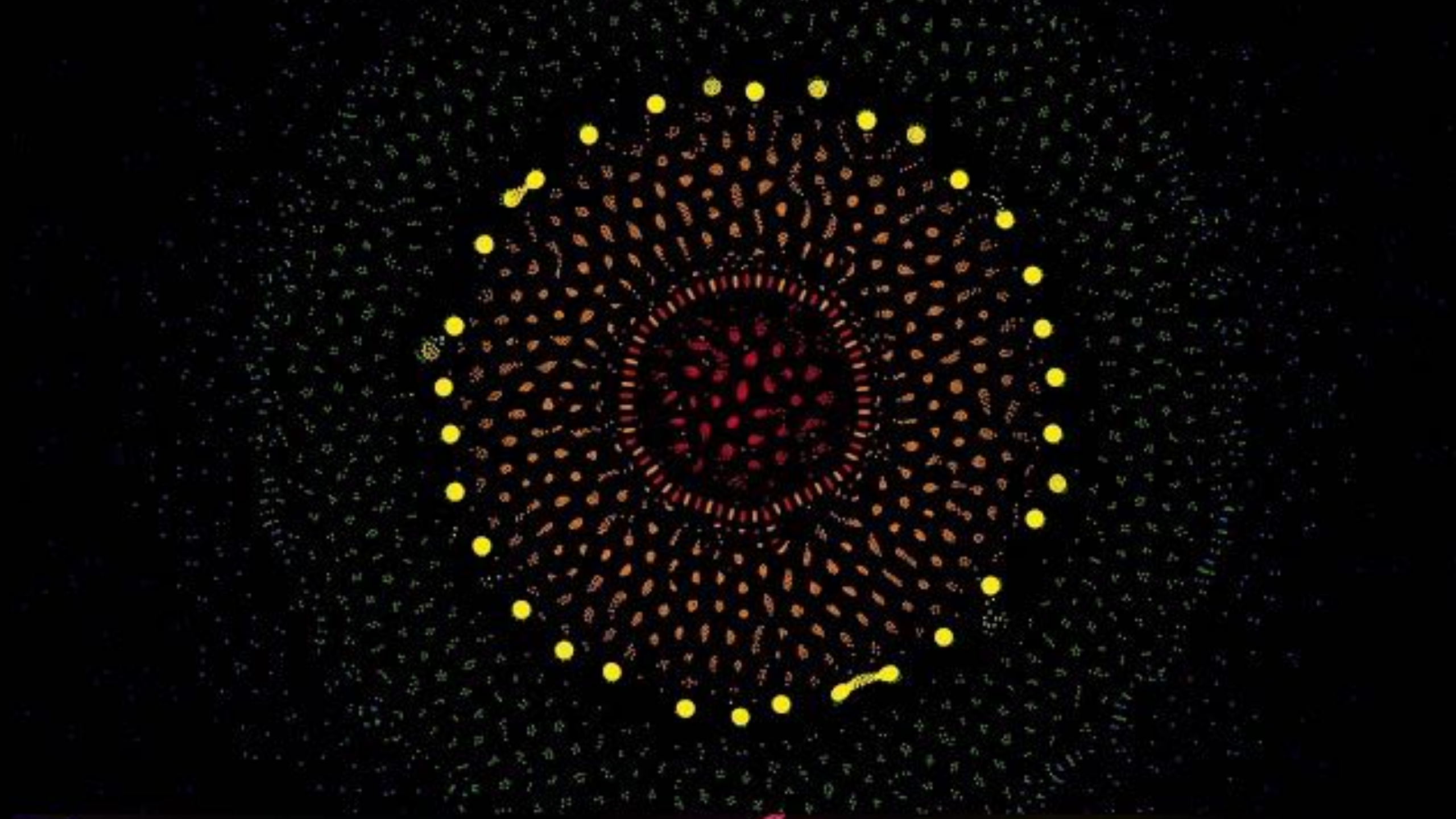
Meer deeltjes?



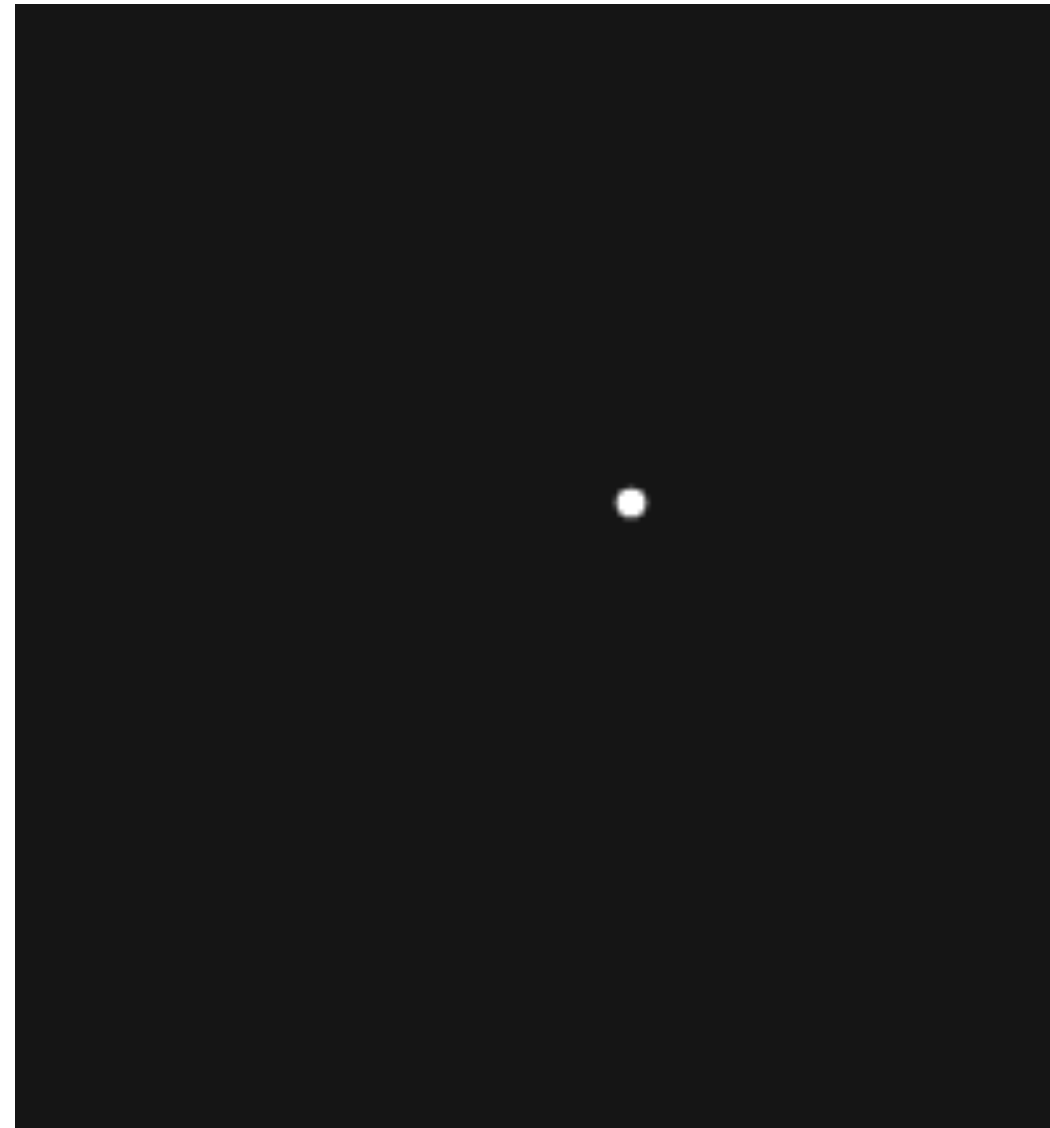
Met meer deeltjes wordt R wat langzaam... → Cacatoo





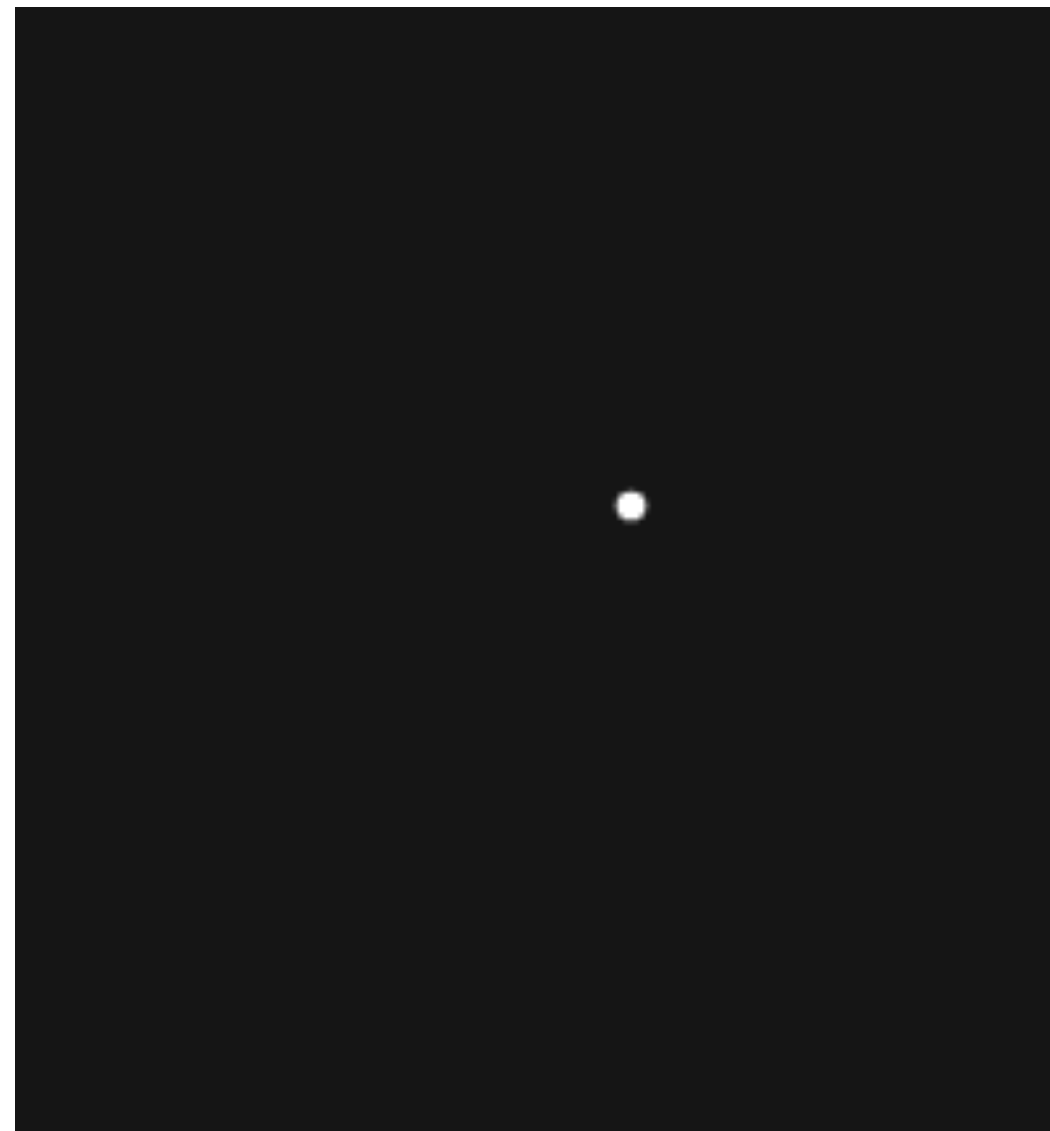


Emergente eigenschappen



<https://tbb.bio.uu.nl/bvd/simulations/strangedot/>

Emergente eigenschappen



<https://tbb.bio.uu.nl/bvd/simulations/strangedot/>

Eigenschappen van een systeem die ontstaan door de interacties tussen de onderdelen, en die niet te verklaren zijn met de losse onderdelen apart.

**Particle life is niet echt een model “van iets”
(zeker niet iets biologisch!)**



Particle life is niet echt een model “van iets” (zeker niet iets biologisch!)



Maar het is een belangrijke illustratie (*proof of principle*) van het volgende:

Particle life is niet echt een model “van iets” (zeker niet iets biologisch!)



Maar het is een belangrijke illustratie (*proof of principle*) van het volgende:

➡ Simpele regels kunnen enorm complexe dynamiek opleveren: **emergente eigenschappen**

Particle life is niet echt een model “van iets” (zeker niet iets biologisch!)



Maar het is een belangrijke illustratie (*proof of principle*) van het volgende:

- ➡ Simpele regels kunnen enorm complexe dynamiek opleveren: **emergente eigenschappen**
- ➡ De programmeur weet daardoor niet altijd wat hun model allemaal **kan** opleveren

Particle life is niet echt een model “van iets” (zeker niet iets biologisch!)



Maar het is een belangrijke illustratie (*proof of principle*) van het volgende:

- ➡ Simpele regels kunnen enorm complexe dynamiek opleveren: **emergente eigenschappen**
- ➡ De programmeur weet daardoor niet altijd wat hun model allemaal **kan** opleveren
- ➡ Simulaties als **belangrijke verkenningsstool**: “wat gebeurt er eigenlijk als?”

Particle life is niet echt een model “van iets” (zeker niet iets biologisch!)



Maar het is een belangrijke illustratie (*proof of principle*) van het volgende:

- ➡ Simpele regels kunnen enorm complexe dynamiek opleveren: **emergente eigenschappen**
- ➡ De programmeur weet daardoor niet altijd wat hun model allemaal **kan** opleveren
- ➡ Simulaties als **belangrijke verkenningsstool**: “wat gebeurt er eigenlijk als?”
- ➡ In plaats van voorspellen, zoeken we met deze modellen naar **begrip**

Biologie zit vol met emergente patronen!

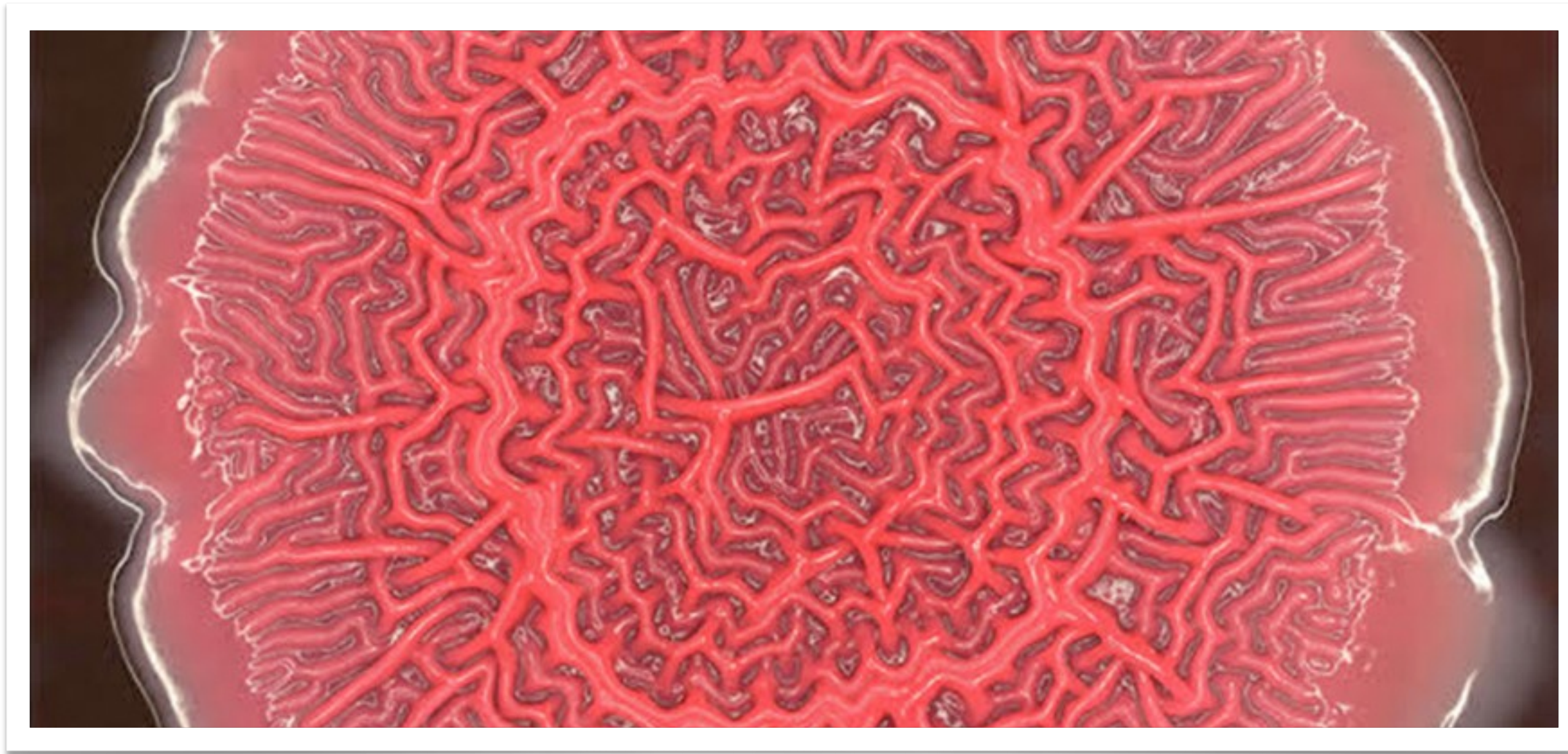


Foto van Lars Dietrich (Colombia University)

Biologie zit vol met emergente patronen!

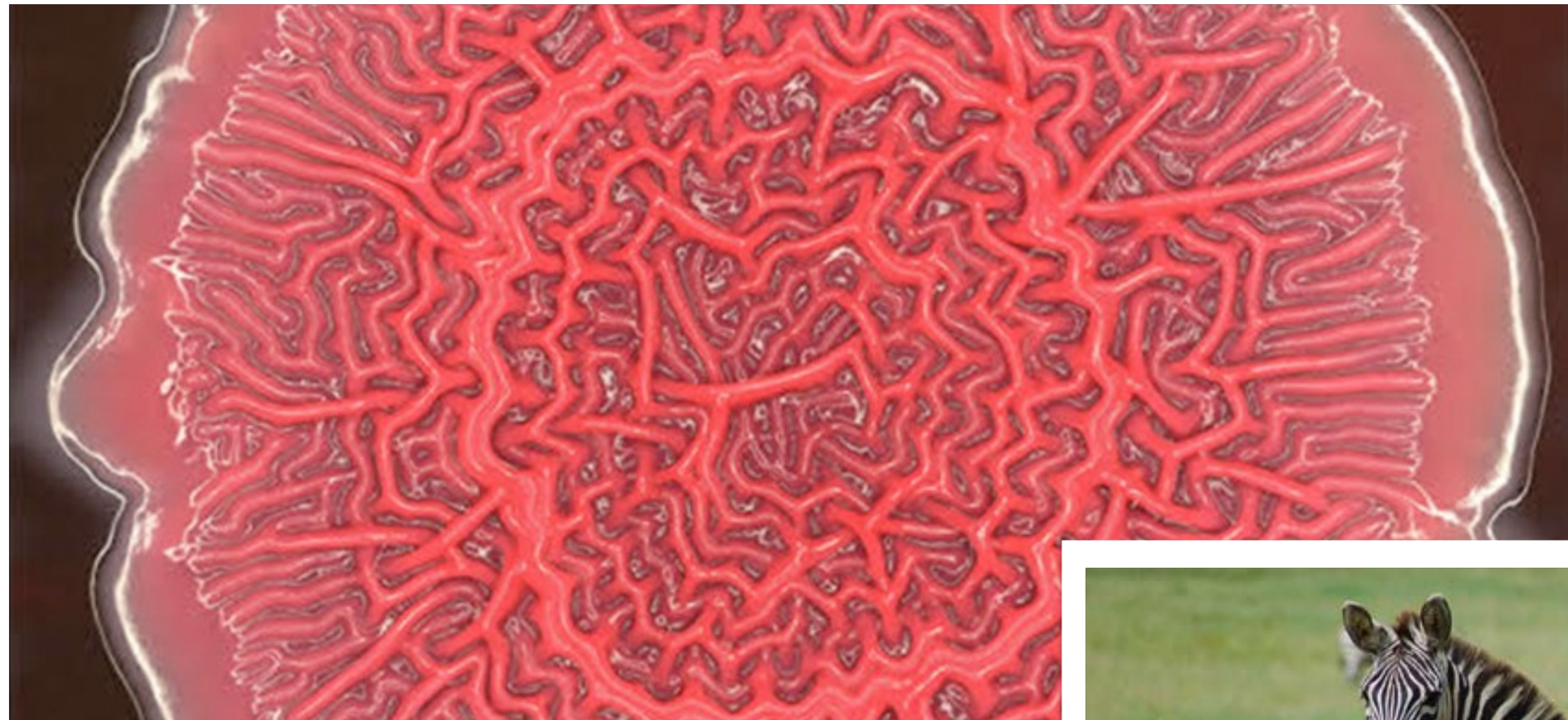


Foto van Lars Dietrich (Colombia University)



Foto van Joachim Huber

Biologie zit vol met emergente patronen!



Foto van Joachim Huber

Biologie zit vol met emergente patronen!

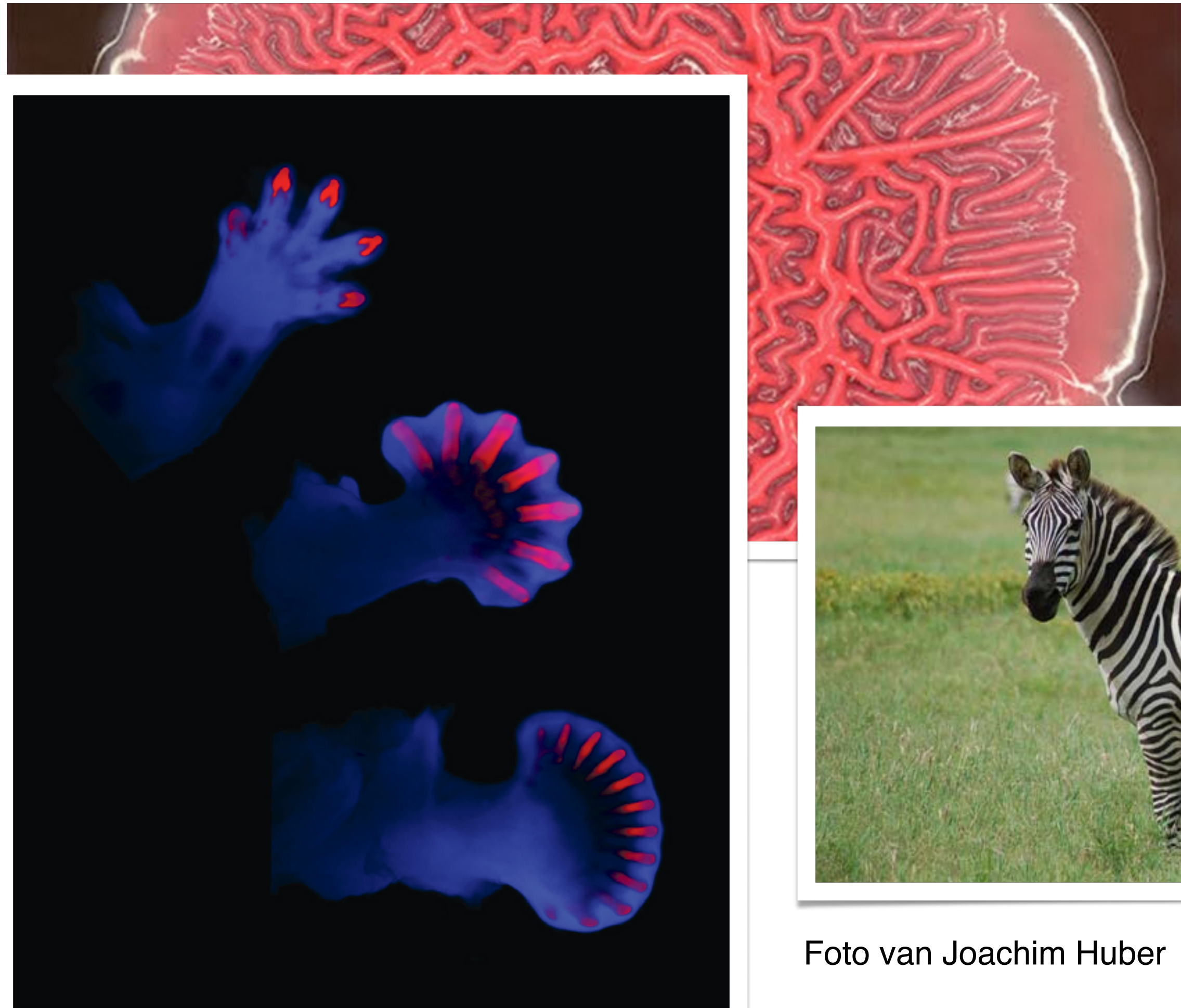
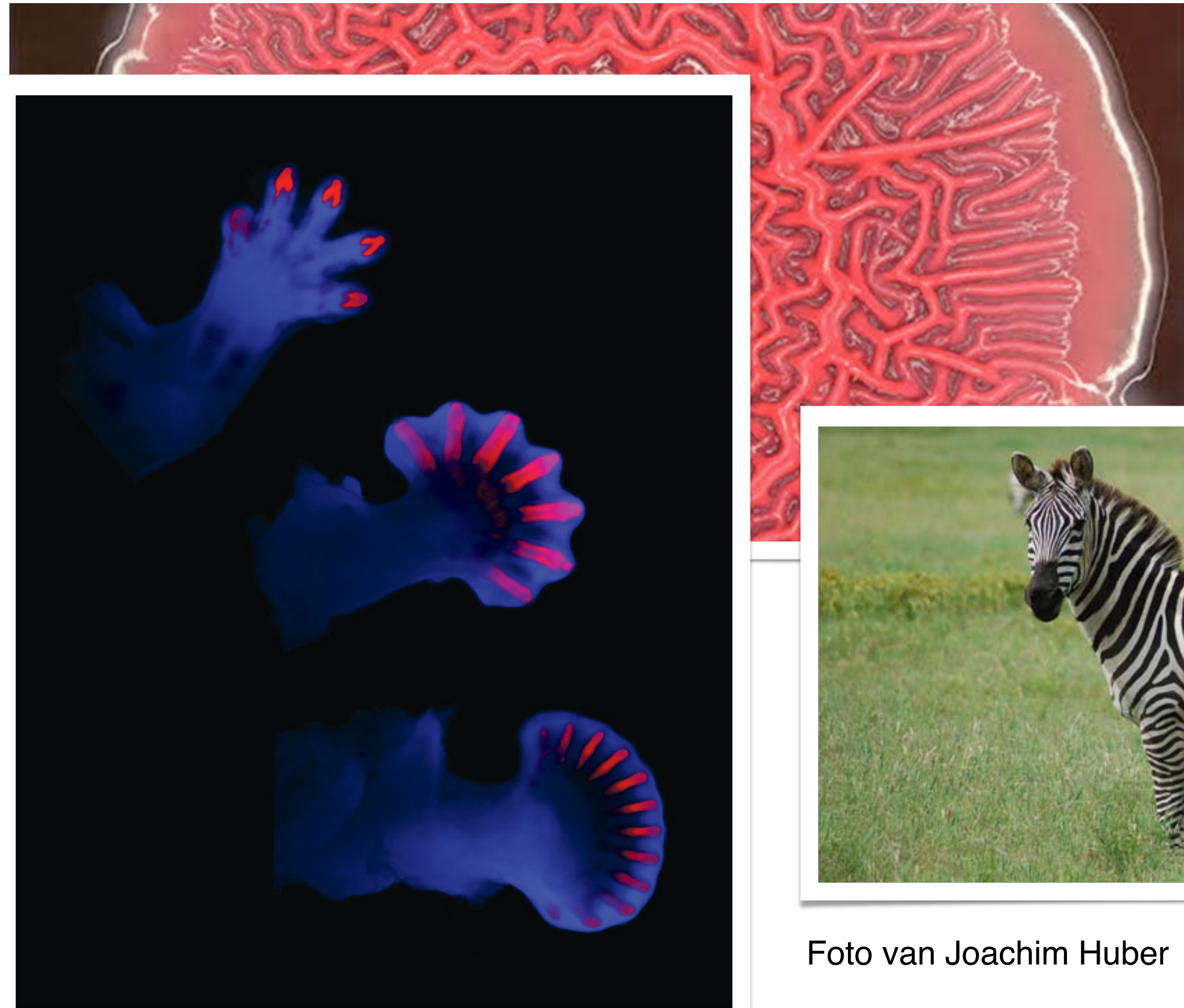


Foto van Joachim Huber



Alan Turing (1912 – 1954)

Biologie zit vol met emergente patronen!



Vogel *et al*, 2012

Ja hallo daar ben ik weer en
machines still *“take me by
surprise with great frequency”*

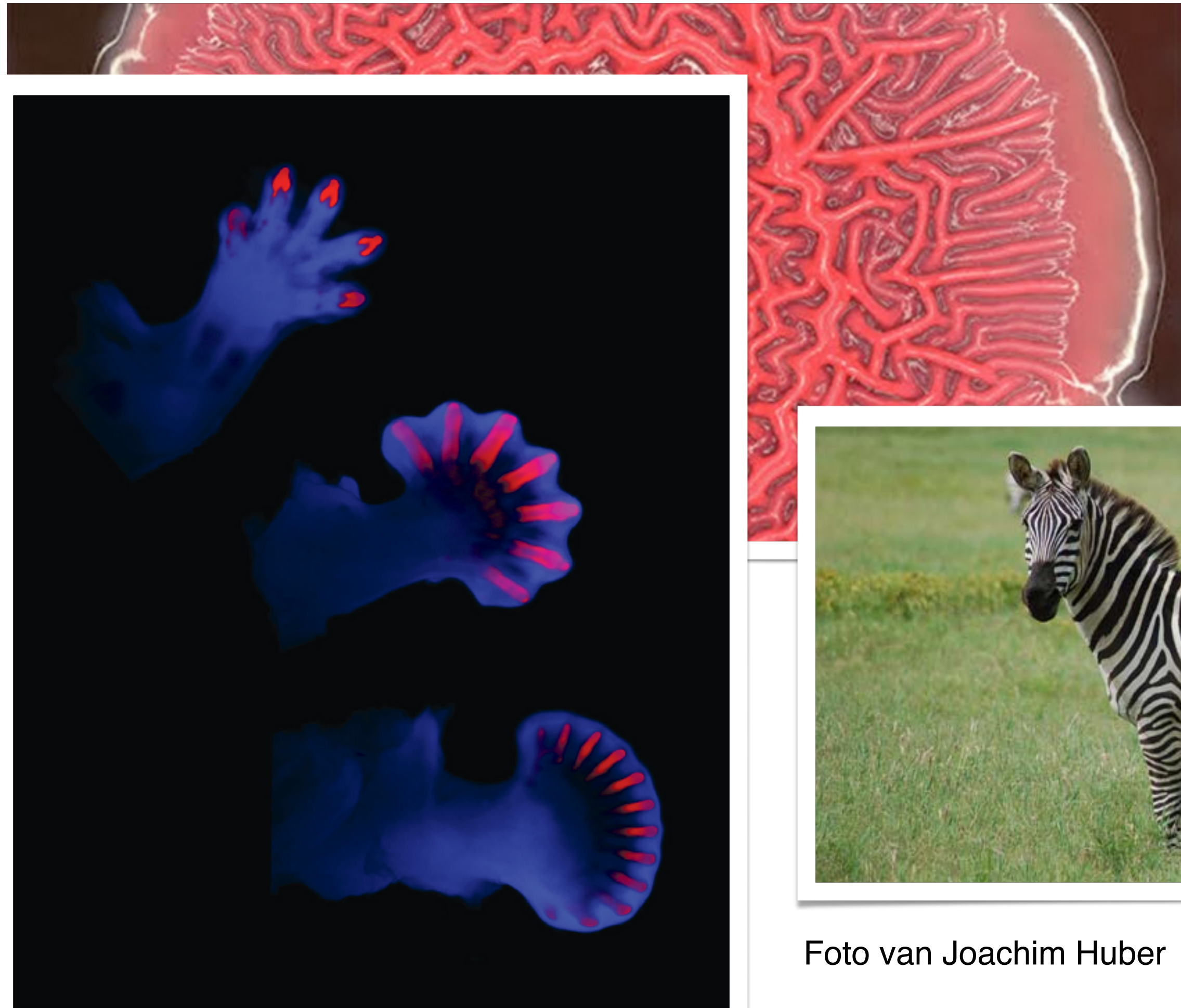


Foto van Joachim Huber



Alan Turing (1912 – 1954)

Biologie zit vol met emergente patronen!



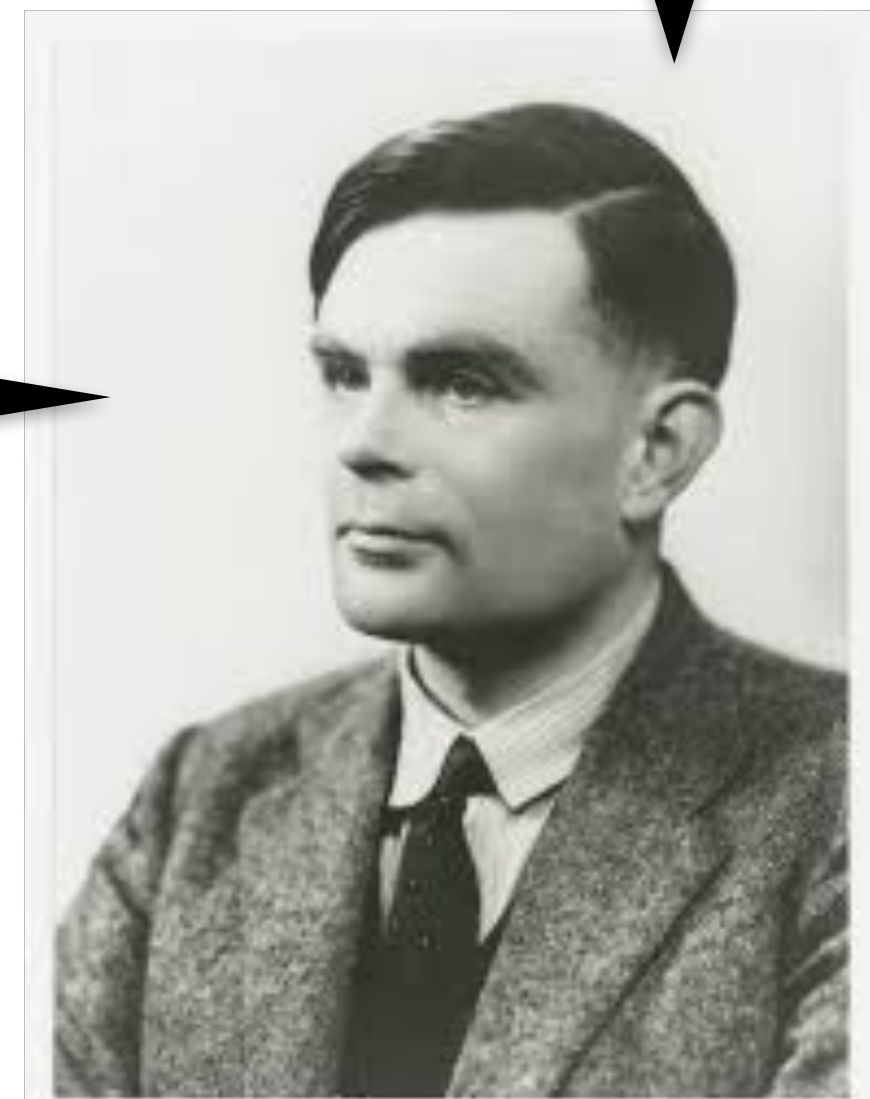
Vogel *et al*, 2012

Ja hallo daar ben ik weer en
machines still *“take me by
surprise with great frequency”*



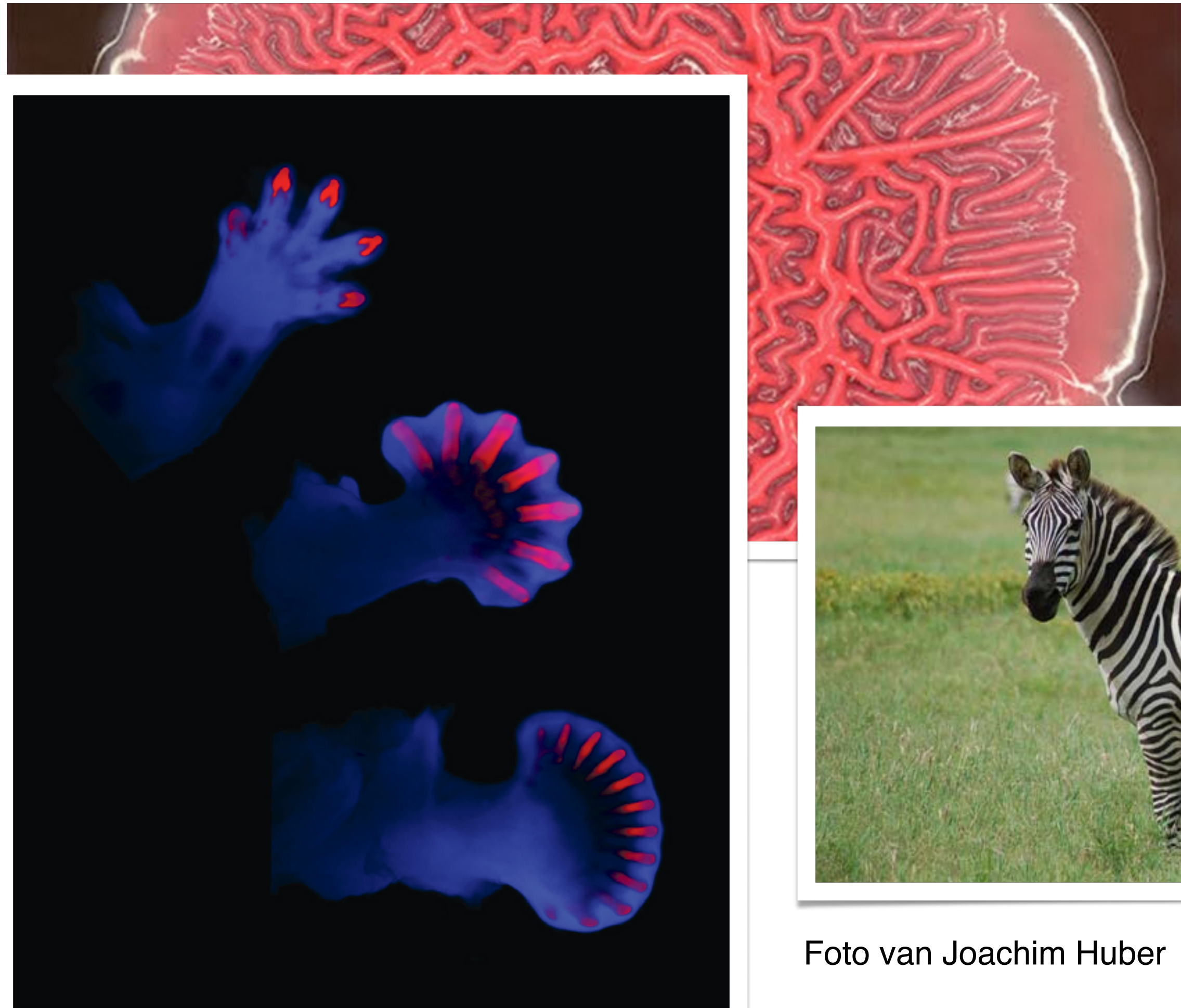
Foto van Joachim Huber

Oh oke is goed,
joejoe!



Alan Turing (1912 – 1954)

Biologie zit vol met emergente patronen!



Vogel *et al*, 2012

Ja hallo daar ben ik weer en
machines still *“take me by
surprise with great frequency”*



Foto van Joachim Huber

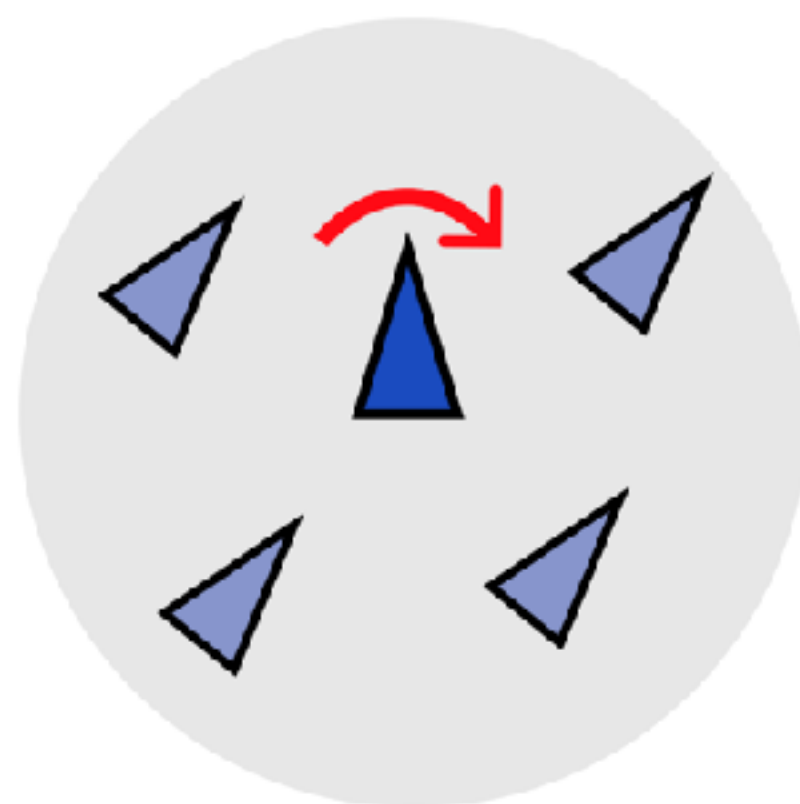
Oh oke is goed,
joejoe!

Dahag.

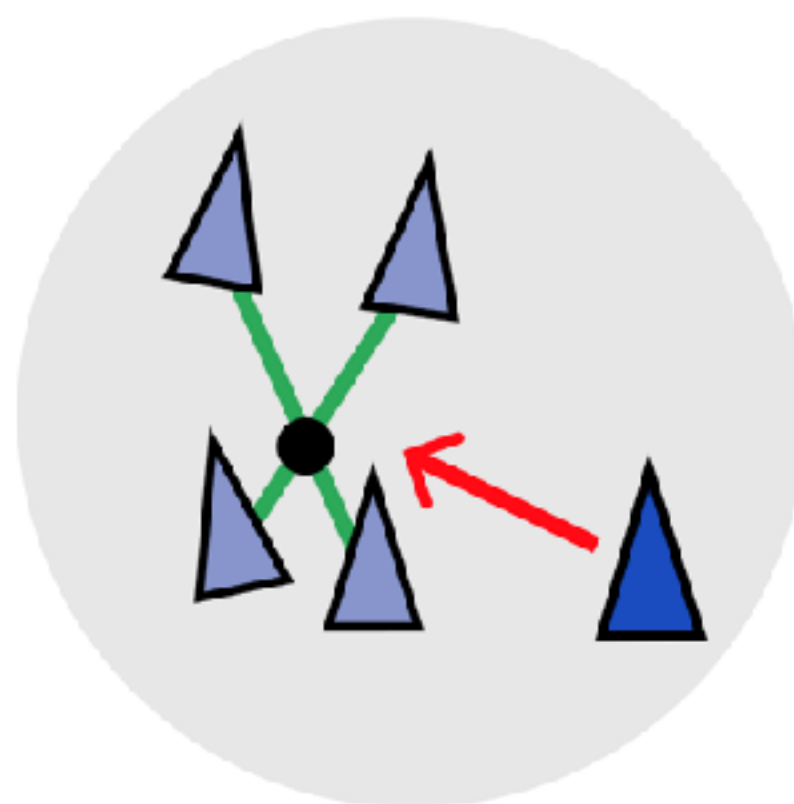


Alan Turing (1912 – 1954)

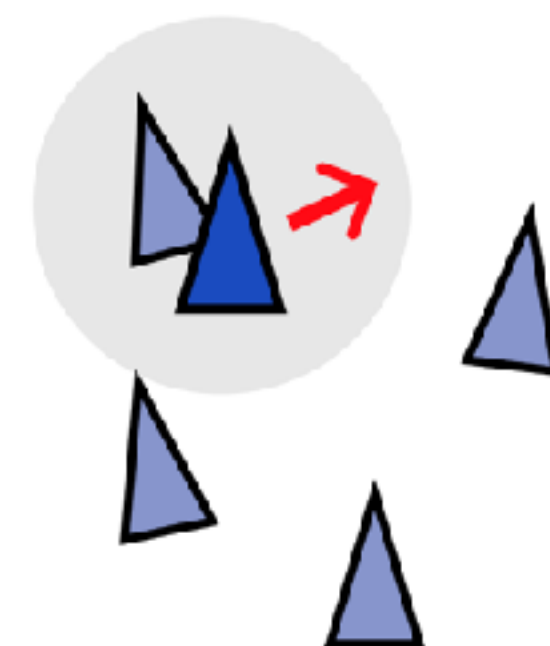
Boids (hoe New Yorkers “birds” uitspreken)



a) Group alignment

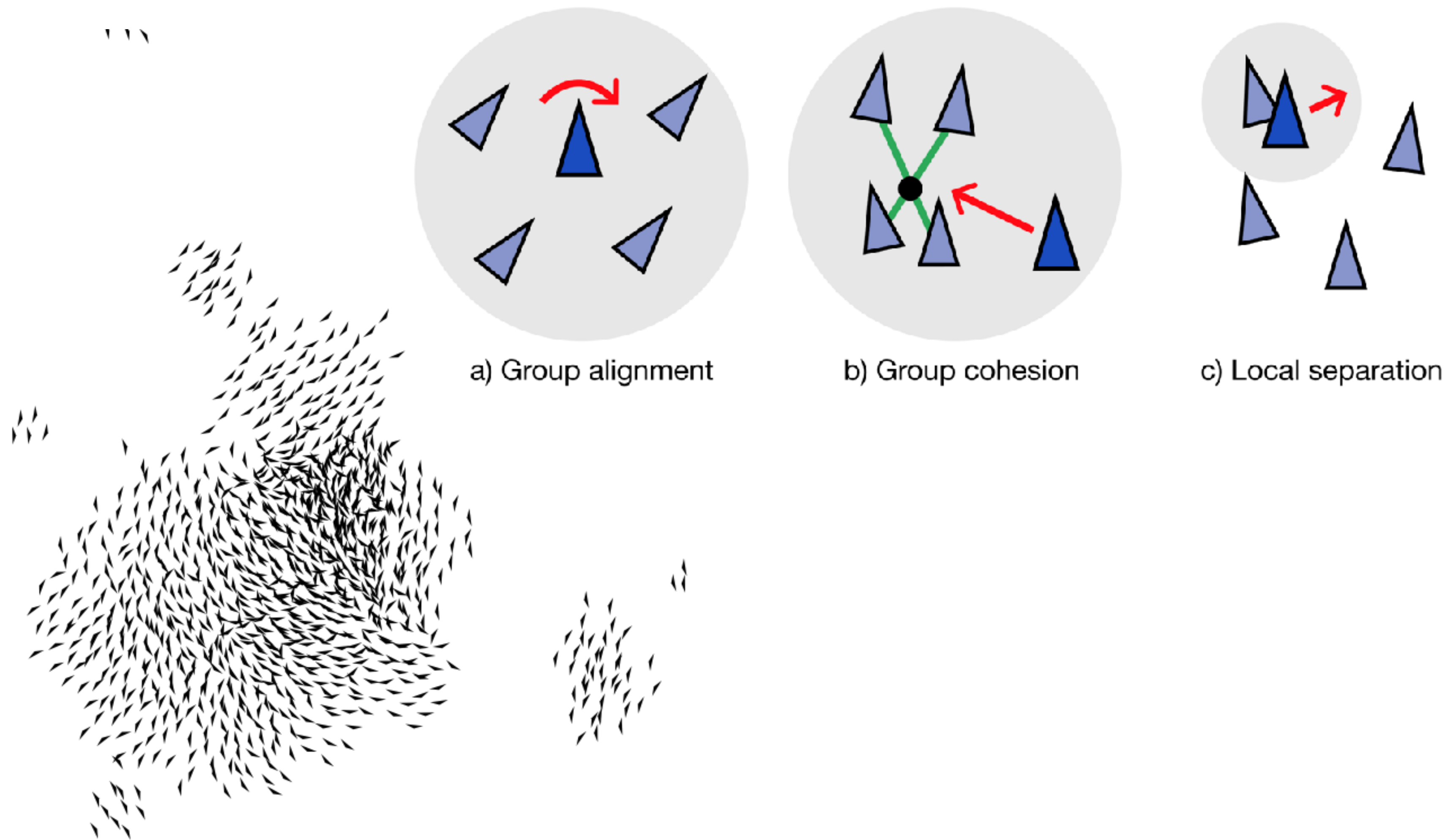


b) Group cohesion

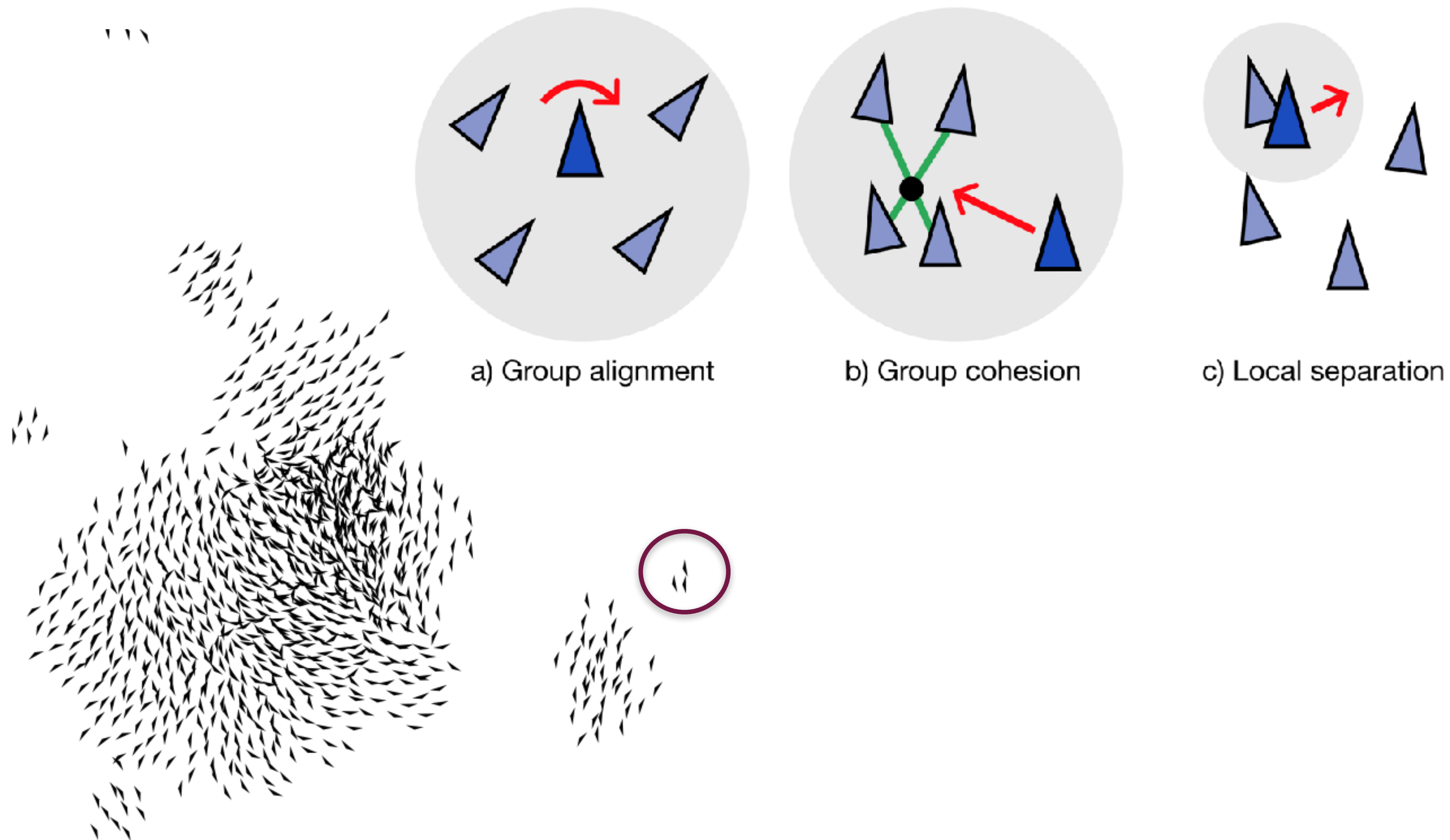


c) Local separation

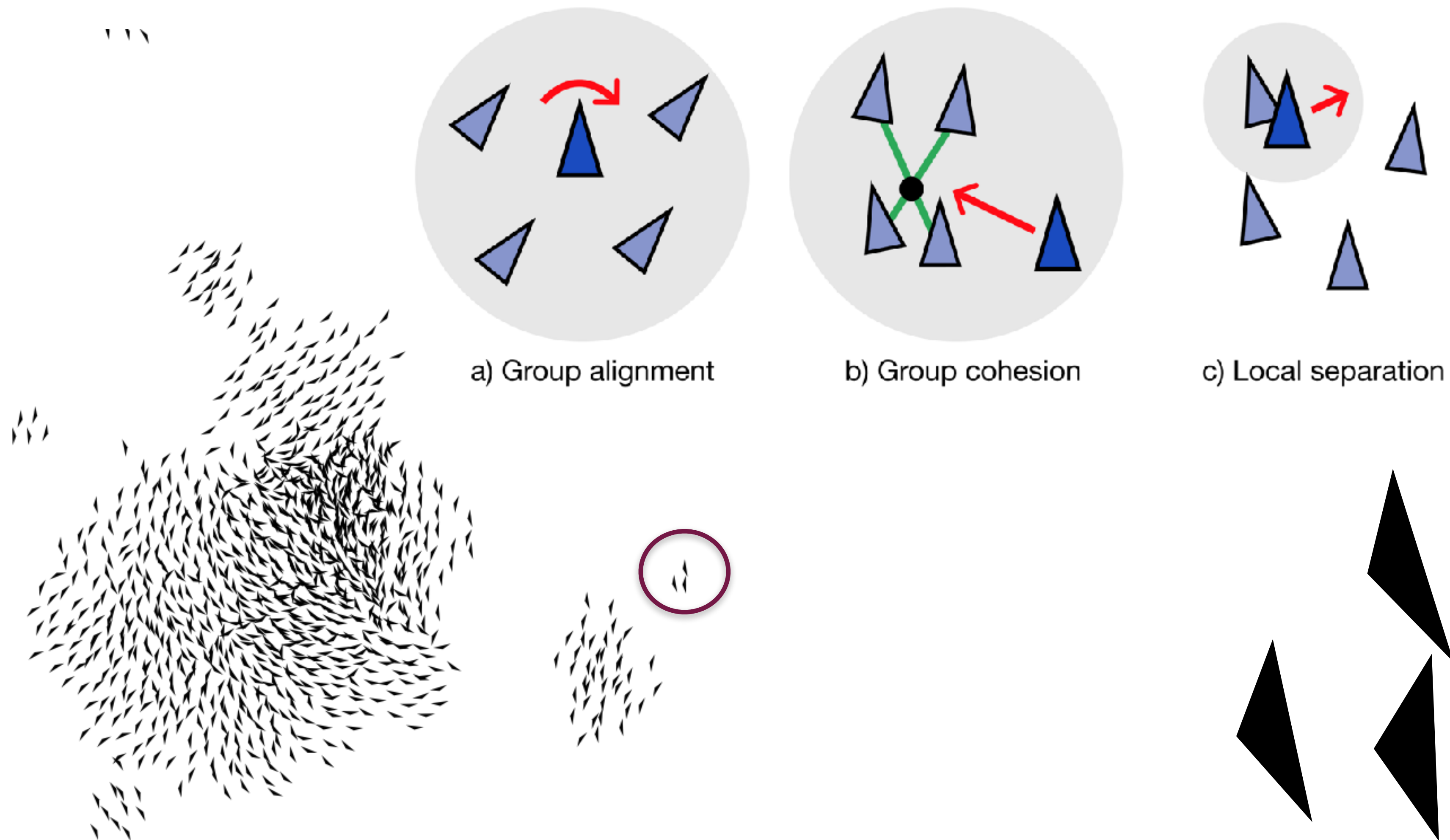
Boids (hoe New Yorkers “birds” uitspreken)



Boids (hoe New Yorkers “birds” uitspreken)



Boids (hoe New Yorkers “birds” uitspreken)



Onderzoek van Charlotte Hemelrijk



Onderzoek van Charlotte Hemelrijk

- Hoe reageert de zwerm op predatie door valken?



Onderzoek van Charlotte Hemelrijk

- Hoe reageert de zwerm op predatie door valken?
- Hoe bepaalt individueel gedrag (bijvoorbeeld hoe snel spreeuwen kunnen kantellen) de vorm van de zwerm?



Onderzoek van Charlotte Hemelrijk

- Hoe reageert de zwerm op predatie door valken?
- Hoe bepaalt individueel gedrag (bijvoorbeeld hoe snel spreeuwen kunnen kantellen) de vorm van de zwerm?
- Je kan niet alles aan een video zien...



Dingen toevoegen is vanaf dit punt best makkelijk!

Dingen toevoegen is vanaf dit punt best makkelijk!

- De spreeuwen hebben verschillende voorkeuren

Dingen toevoegen is vanaf dit punt best makkelijk!

- De spreeuwen hebben verschillende voorkeuren
- De spreeuwen zijn niet allemaal even bang voor de havik

Dingen toevoegen is vanaf dit punt best makkelijk!

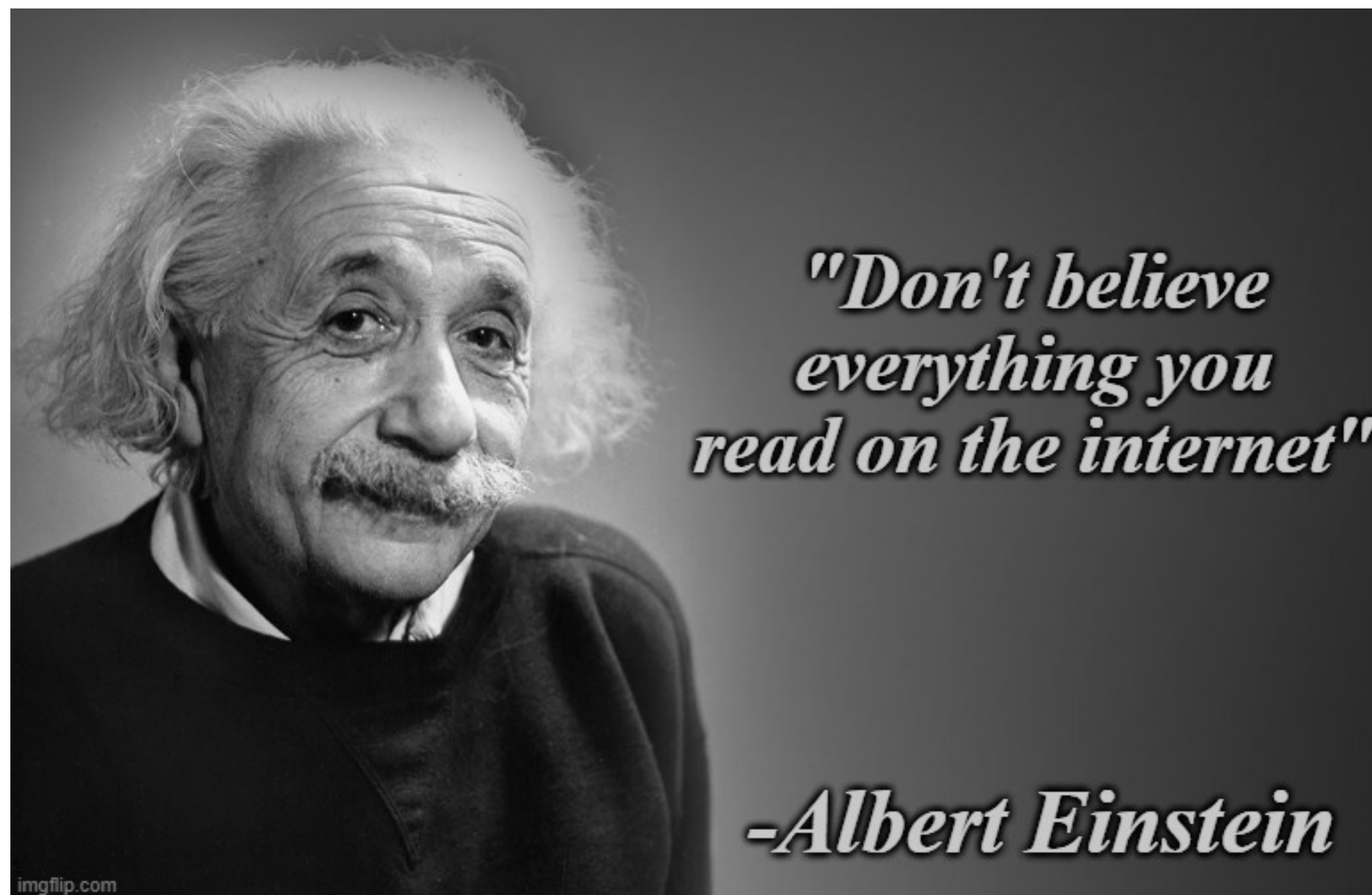
- De spreeuwen hebben verschillende voorkeuren
- De spreeuwen zijn niet allemaal even bang voor de havik
- De spreeuwen blijven het liefst bij bepaalde individuen in de buurt

Dingen toevoegen is vanaf dit punt best makkelijk!

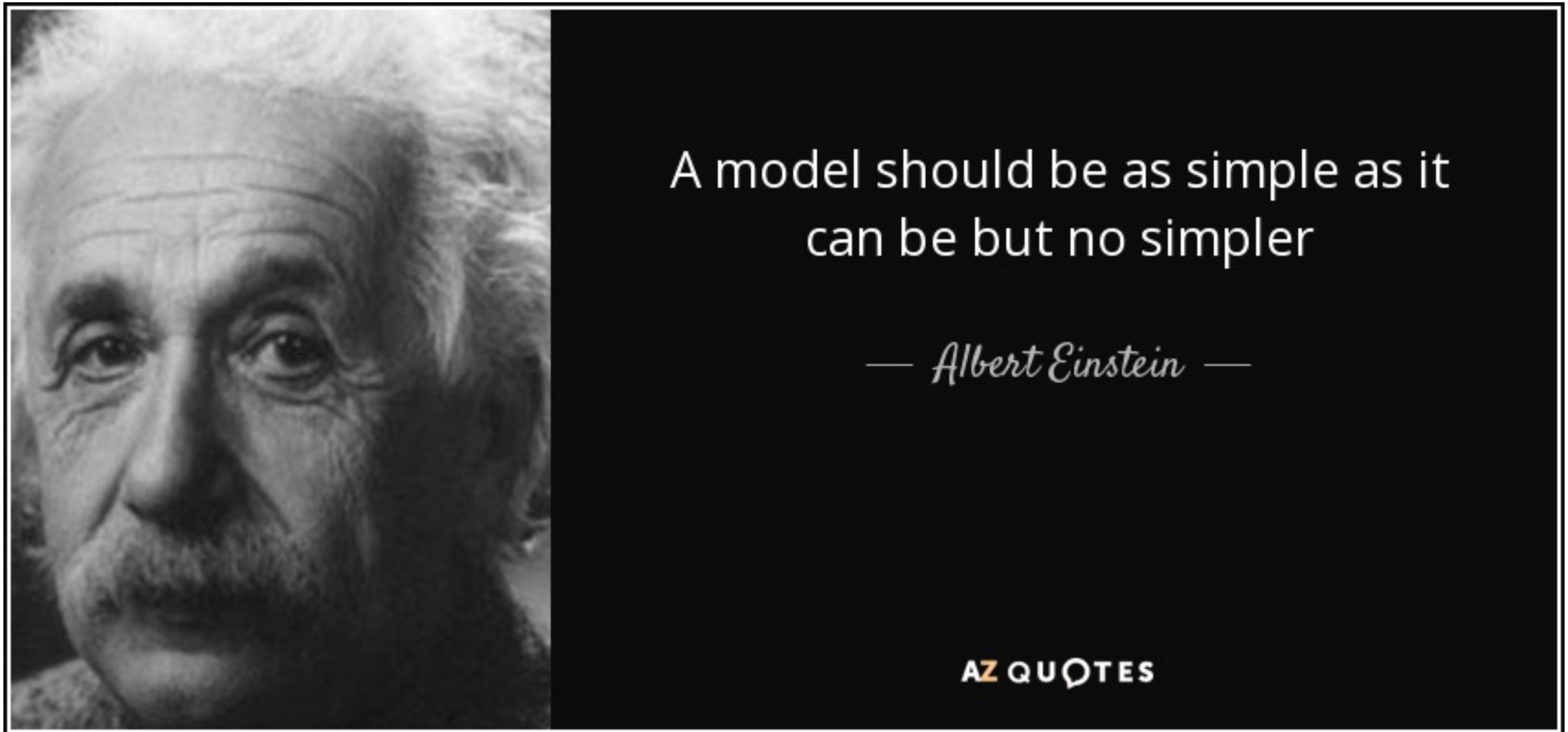
- De spreeuwen hebben verschillende voorkeuren
- De spreeuwen zijn niet allemaal even bang voor de havik
- De spreeuwen blijven het liefst bij bepaalde individuen in de buurt
- De spreeuwen ...

De niet-bestaande wijze woorden van Einstein

De niet-bestaande wijze woorden van Einstein

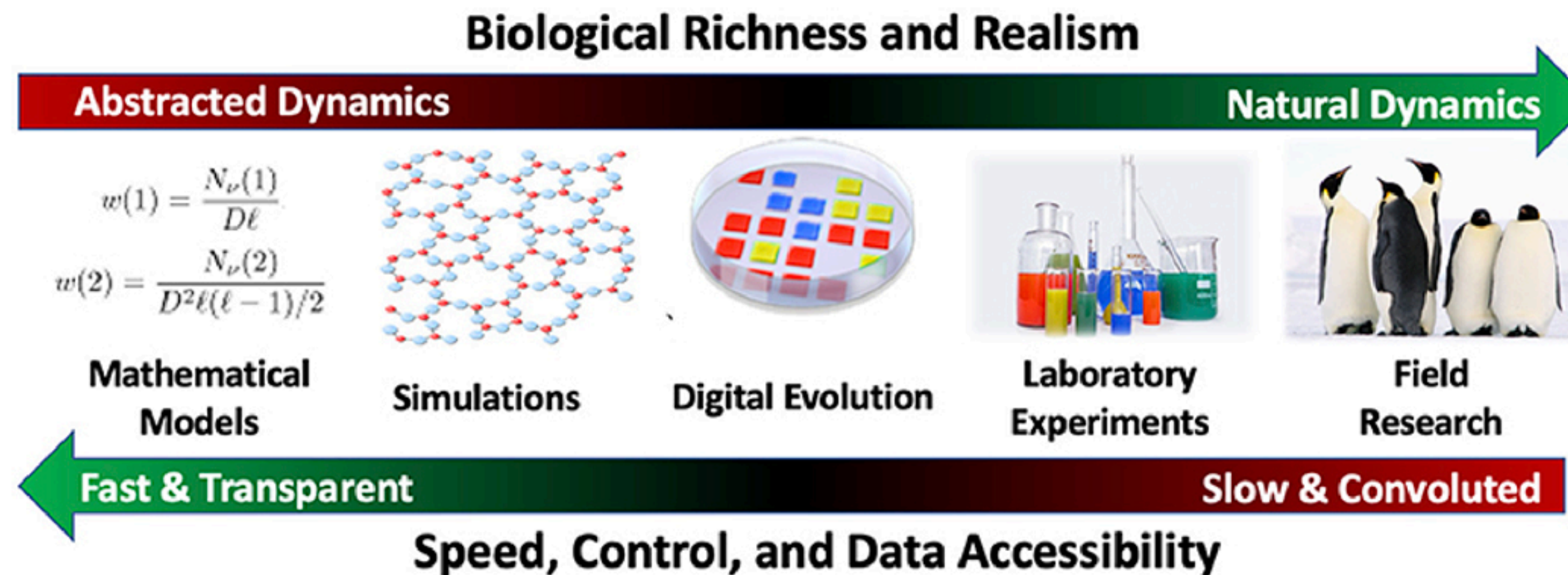


De niet-bestaande wijze woorden van Einstein

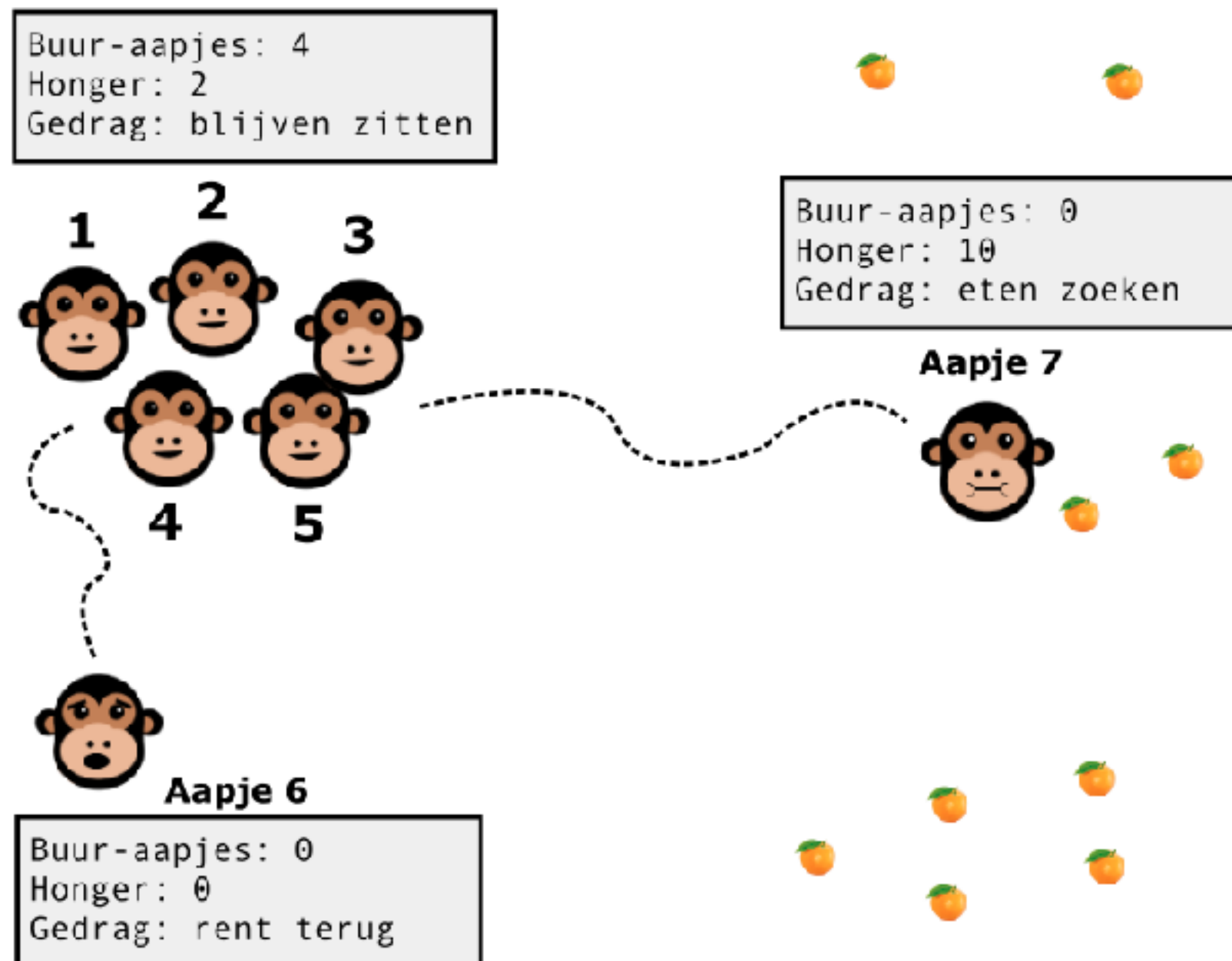


Wanneer is het dan “no simpler”?

Wanneer is het dan “no simpler”?



Aapjes!

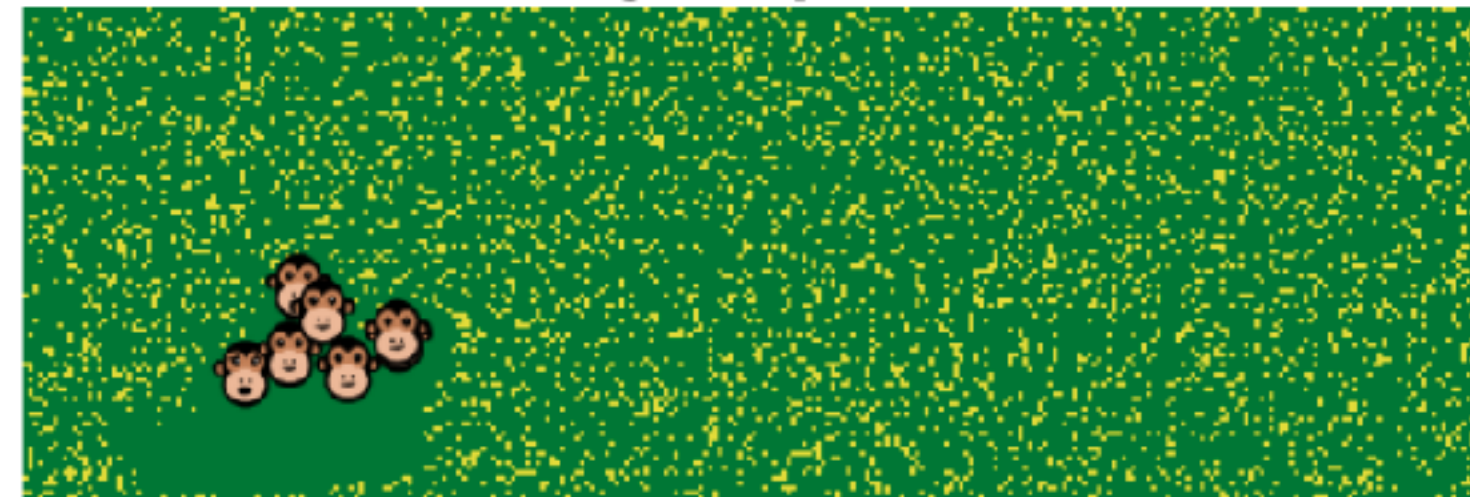


Pseudo-code:

```

For tijdstap 1:1000:
  For aap in alle_aapjes:
    beweeg een stukje een kant op
    bekijk je omgeving
    if(honger<5 && burens<3) beweeg terug naar groep
    else() zoek naar eten
  
```

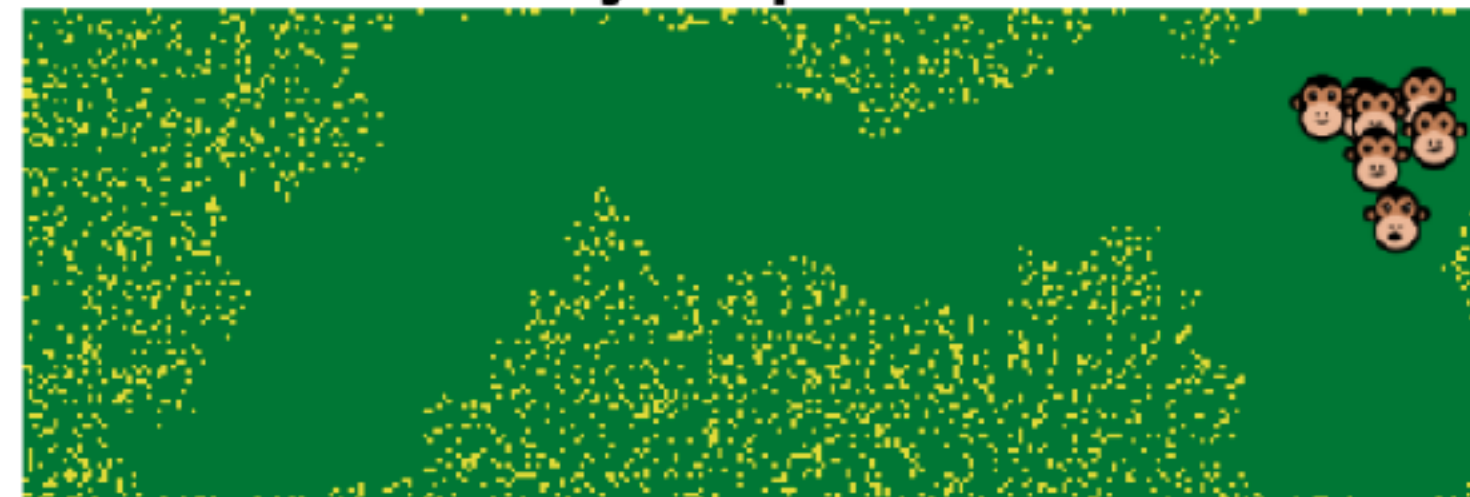
tijdstap 10



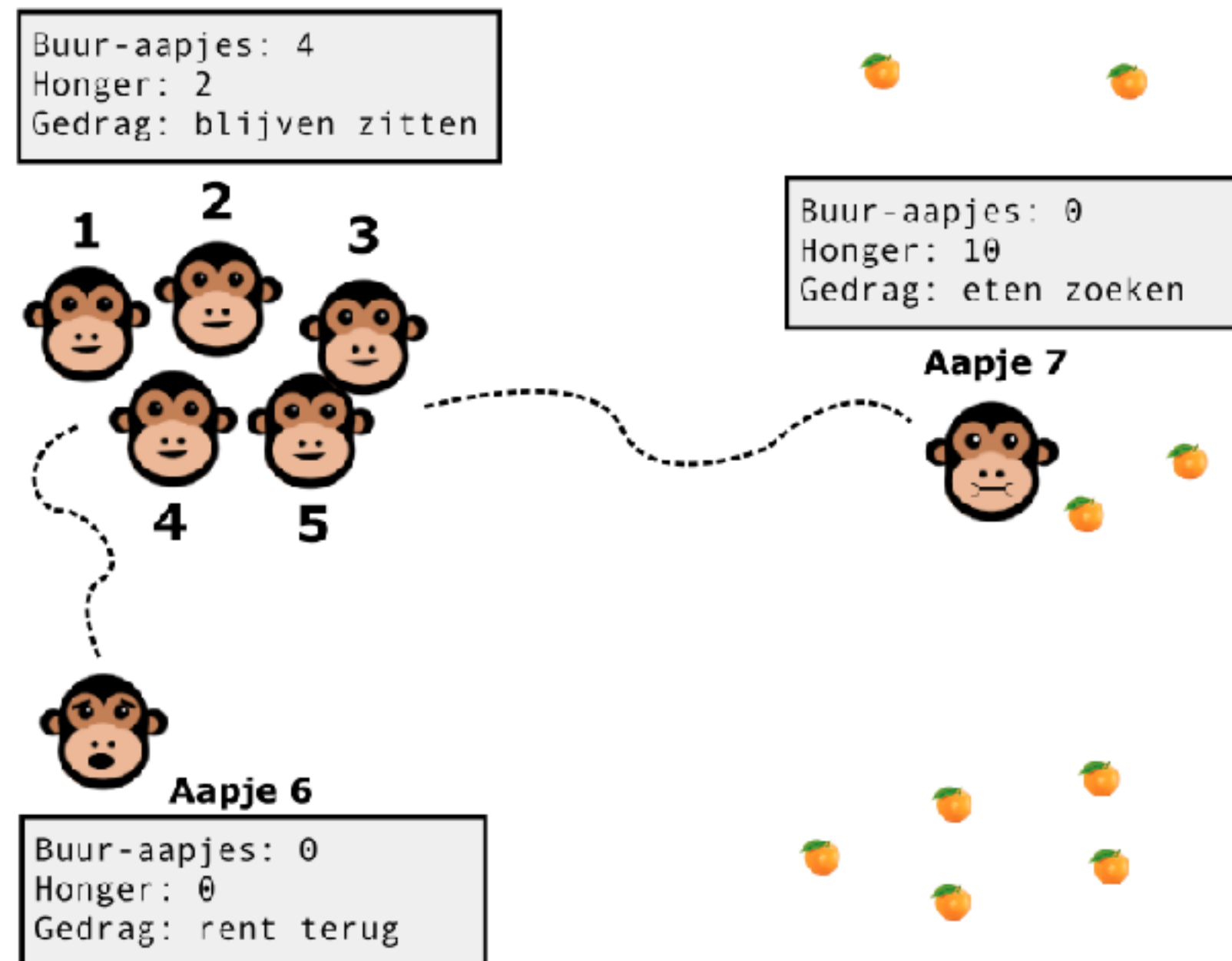
tijdstap 100



tijdstap 200



Aapjes!

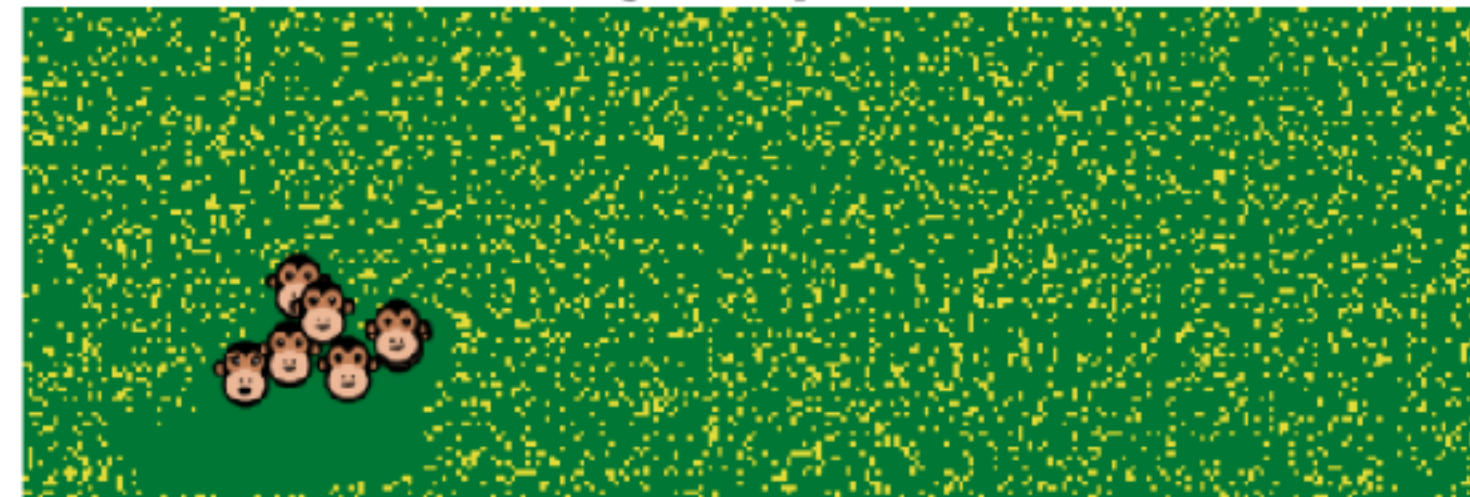


Pseudo-code:

```

For tijdstap 1:1000:
  For aap in alle_aapjes:
    beweeg een stukje een kant op
    bekijk je omgeving
    if(honger<5 && buren<3) beweeg terug naar groep
    else() zoek naar eten
  
```

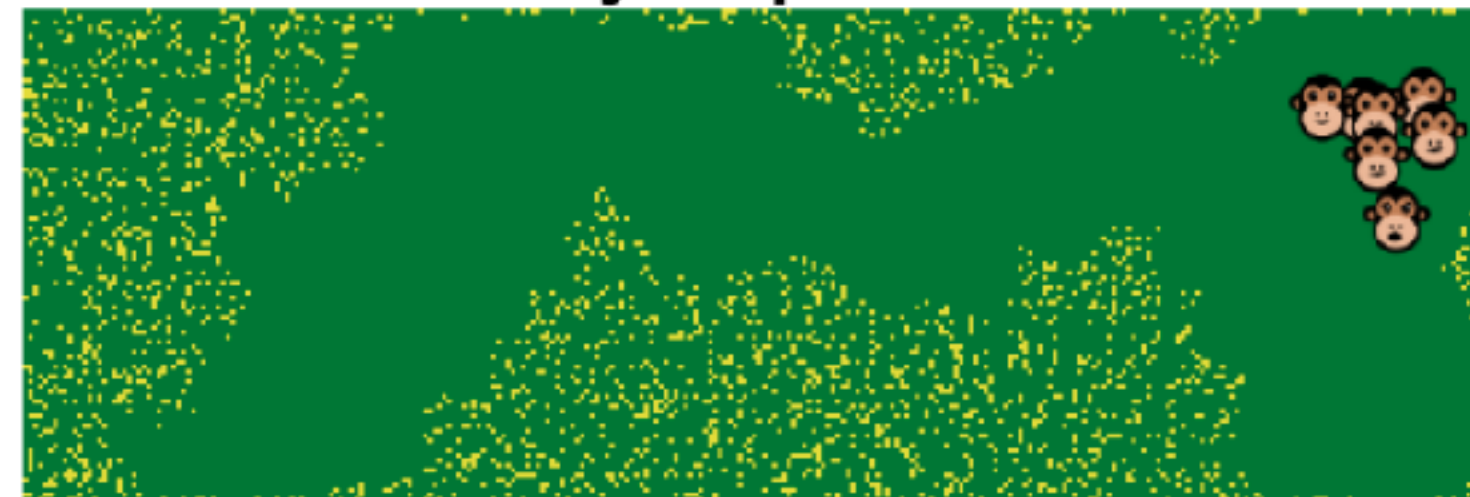
tijdstap 10



tijdstap 100

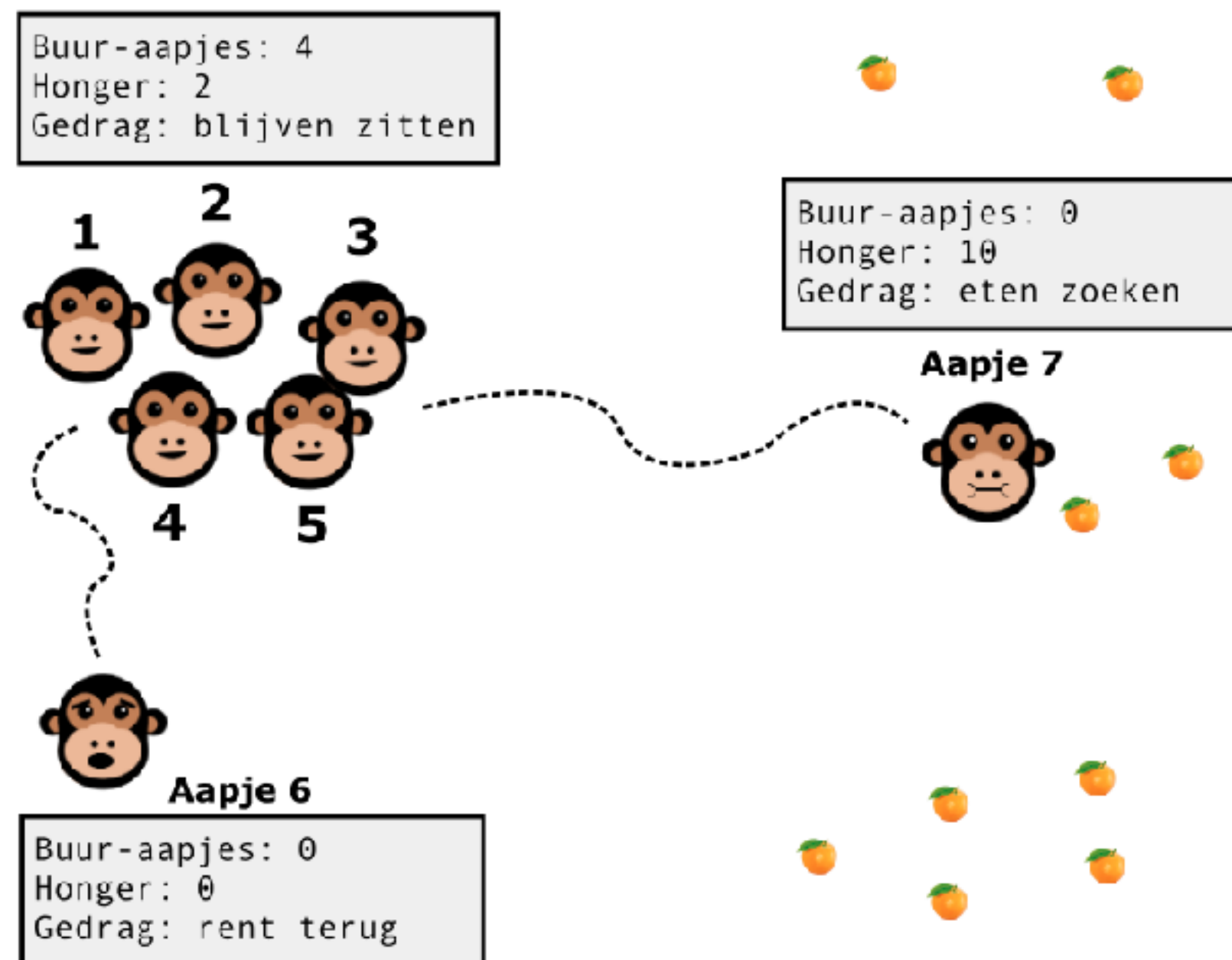


tijdstap 200



PSEUDOCODE:

Aapjes!

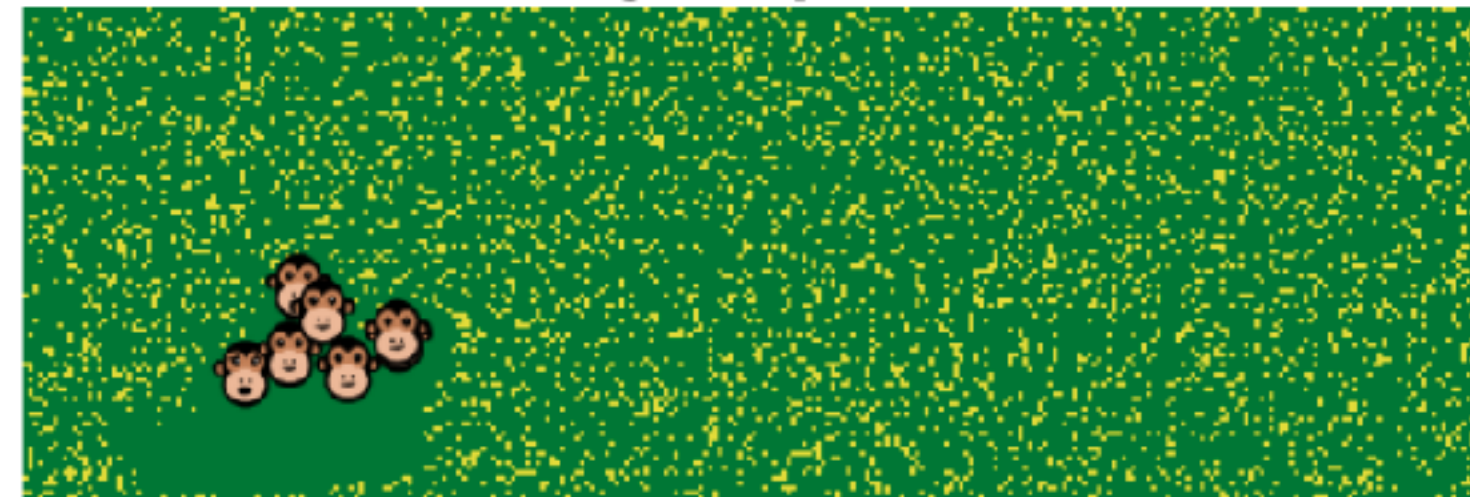


Pseudo-code:

```

For tijdstap 1:1000:
  For aap in alle_aapjes:
    beweeg een stukje een kant op
    bekijk je omgeving
    if(honger<5 && buur-aapjes<3) beweeg terug naar groep
    else() zoek naar eten
  
```

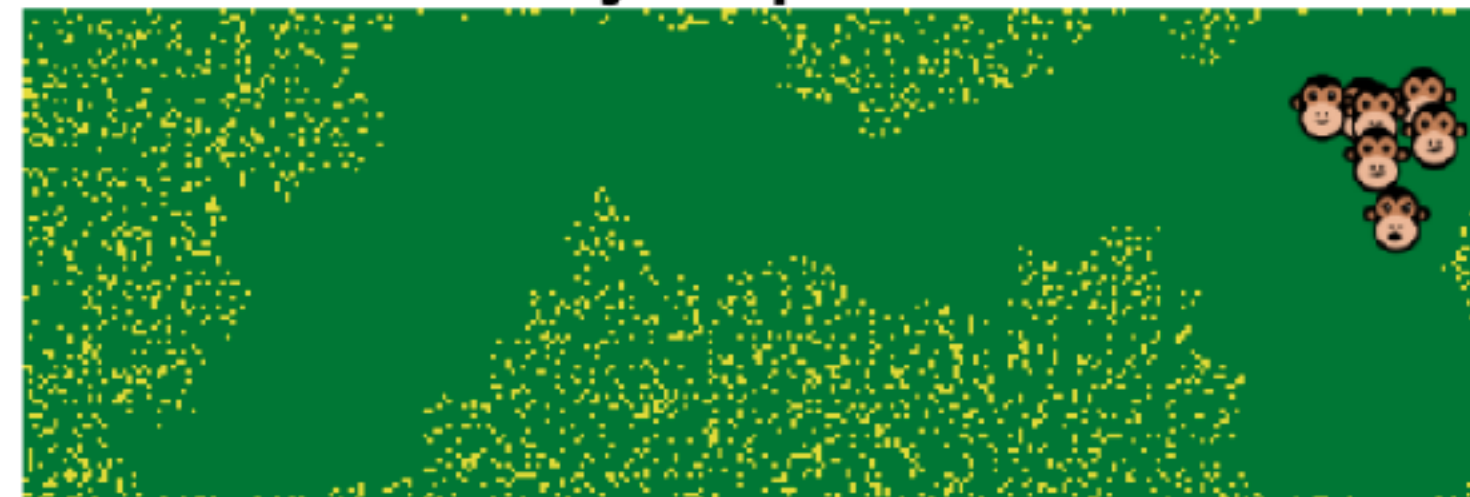
tijdstap 10



tijdstap 100



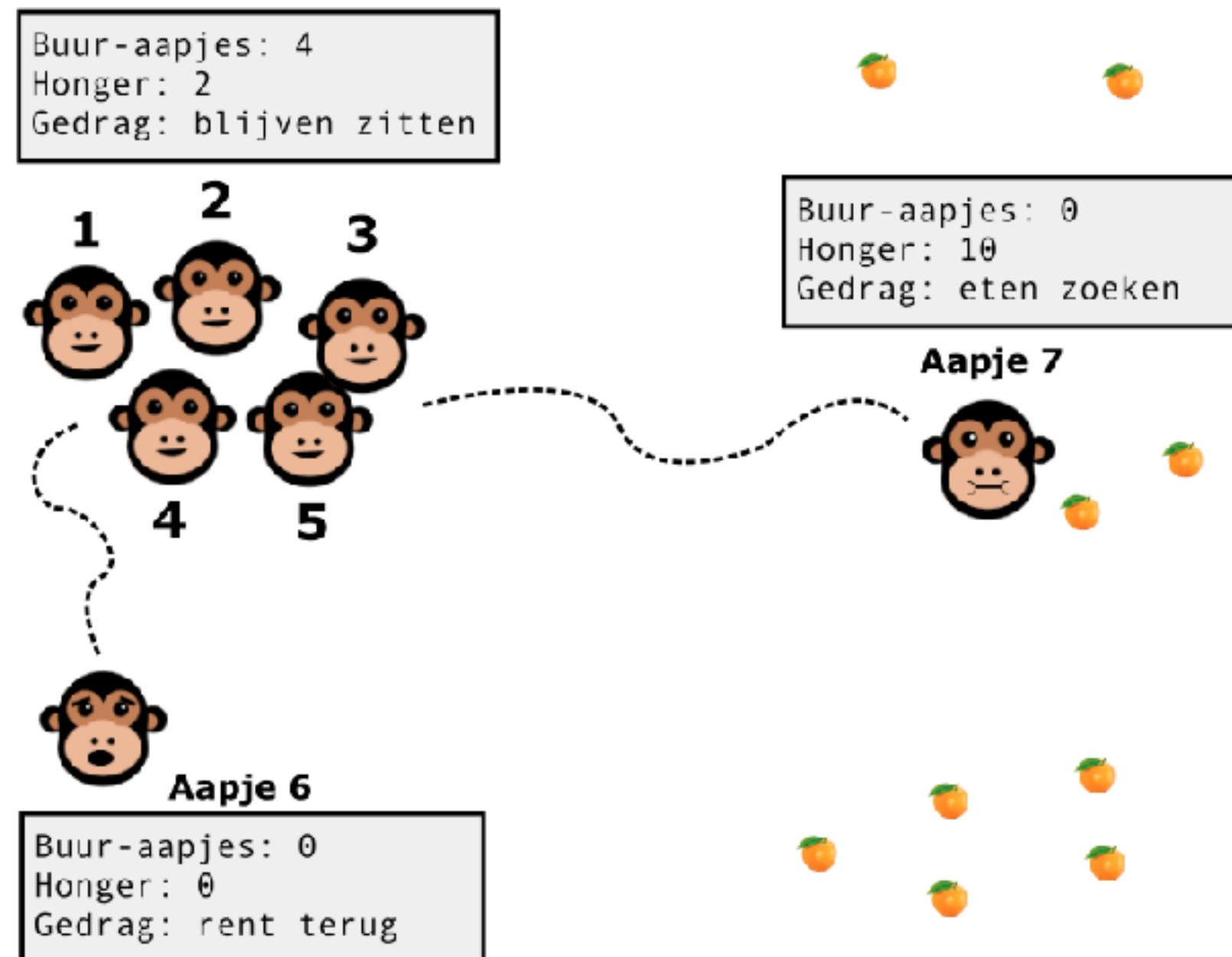
tijdstap 200



PSEUDOCODE:

- Als er minder dan 10 apen in de buurt zijn, en de aap heeft geen enorme honger, dan rent deze terug naar de groep.

Aapjes!

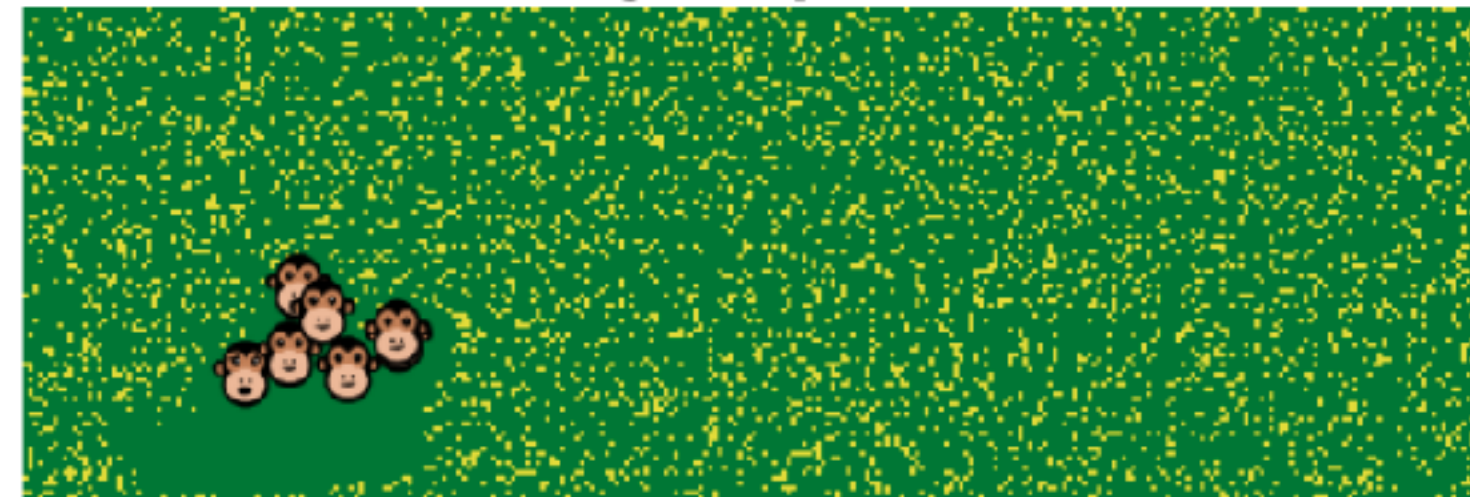


Pseudo-code:

```

For tijdstap 1:1000:
  For aap in alle_aapjes:
    beweeg een stukje een kant op
    bekijk je omgeving
    if(honger<5 && buren<3) beweeg terug naar groep
    else() zoek naar eten
  
```

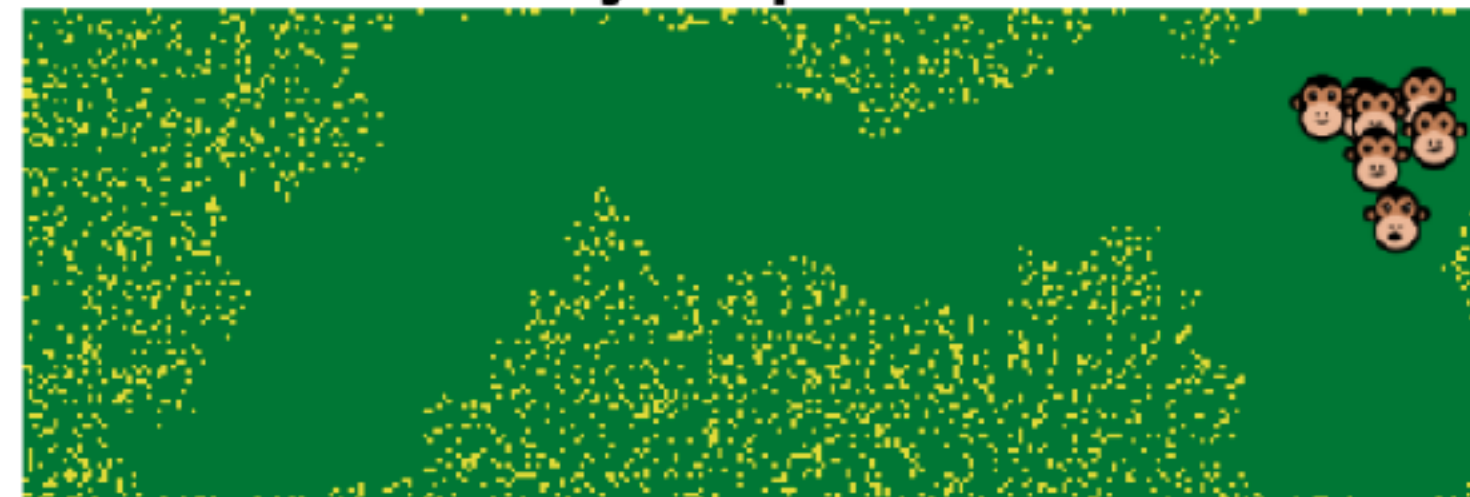
tijdstap 10



tijdstap 100



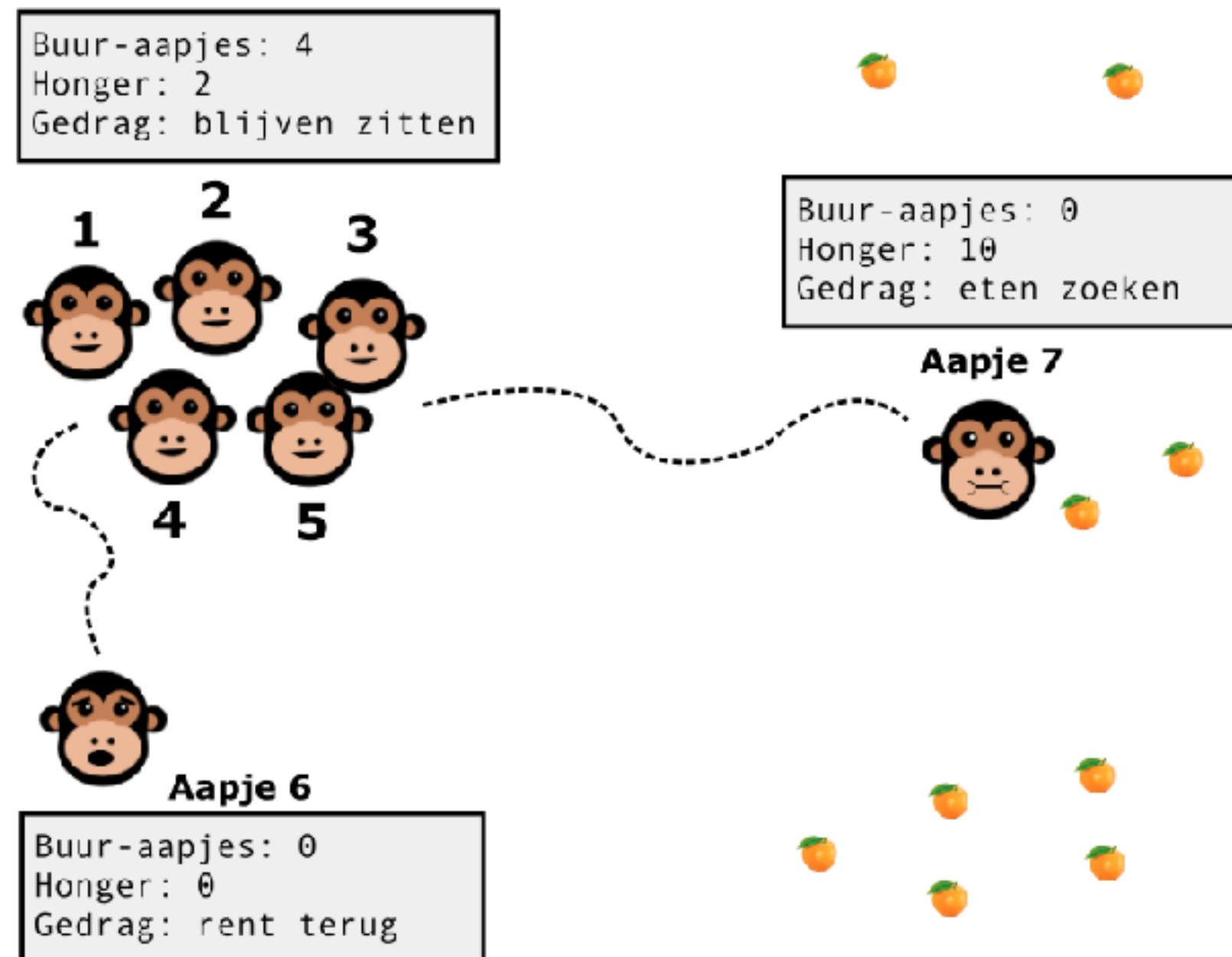
tijdstap 200



PSEUDOCODE:

- Als er minder dan 10 apen in de buurt zijn, en de aap heeft geen enorme honger, dan rent deze terug naar de groep.
- Als een aap honger heeft, en er zijn genoeg apen in de buurt, loopt deze een willekeurige kant op om te zoeken naar fruit.

Aapjes!

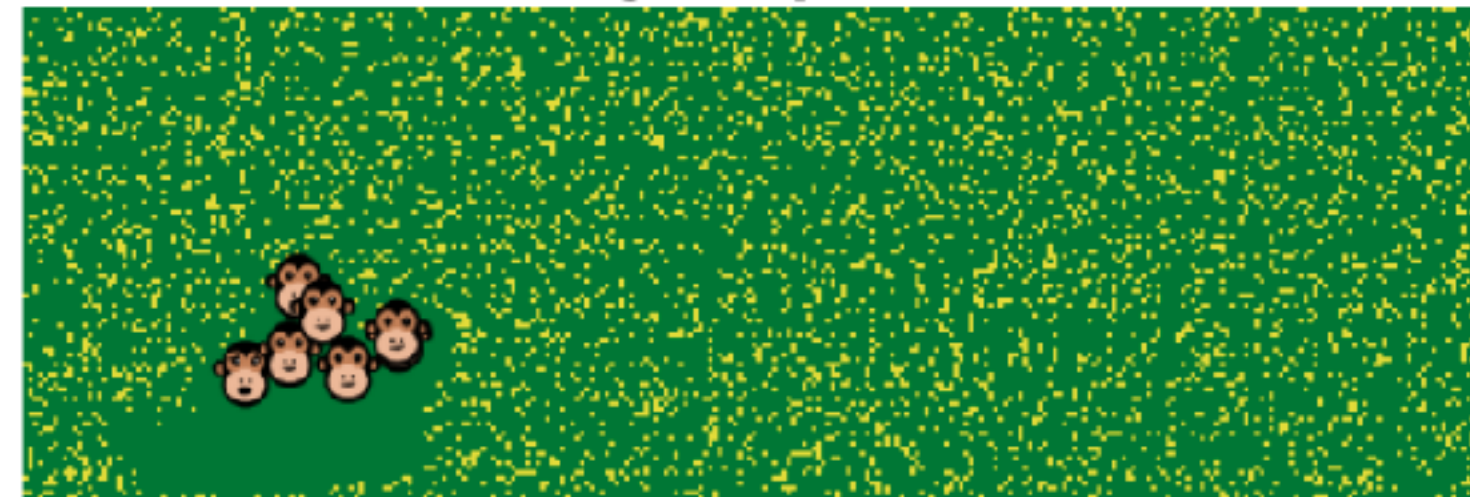


Pseudo-code:

```

For tijdstap 1:1000:
  For aap in alle_aapjes:
    beweeg een stukje een kant op
    bekijk je omgeving
    if(honger<5 && buren<3) beweeg terug naar groep
    else() zoek naar eten
  
```

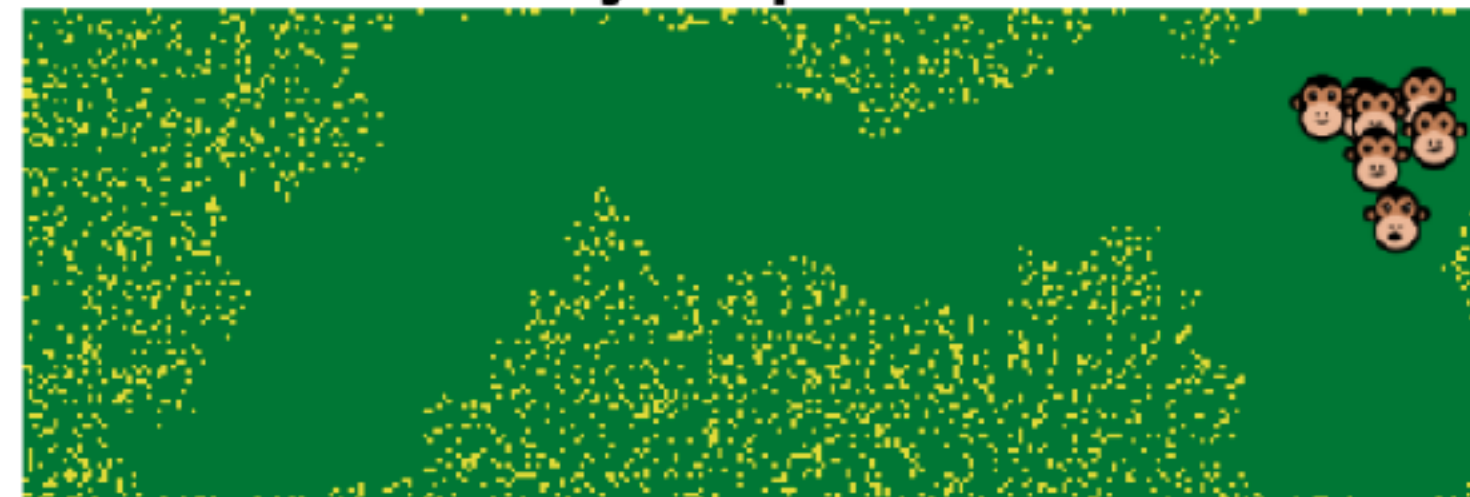
tijdstap 10



tijdstap 100



tijdstap 200

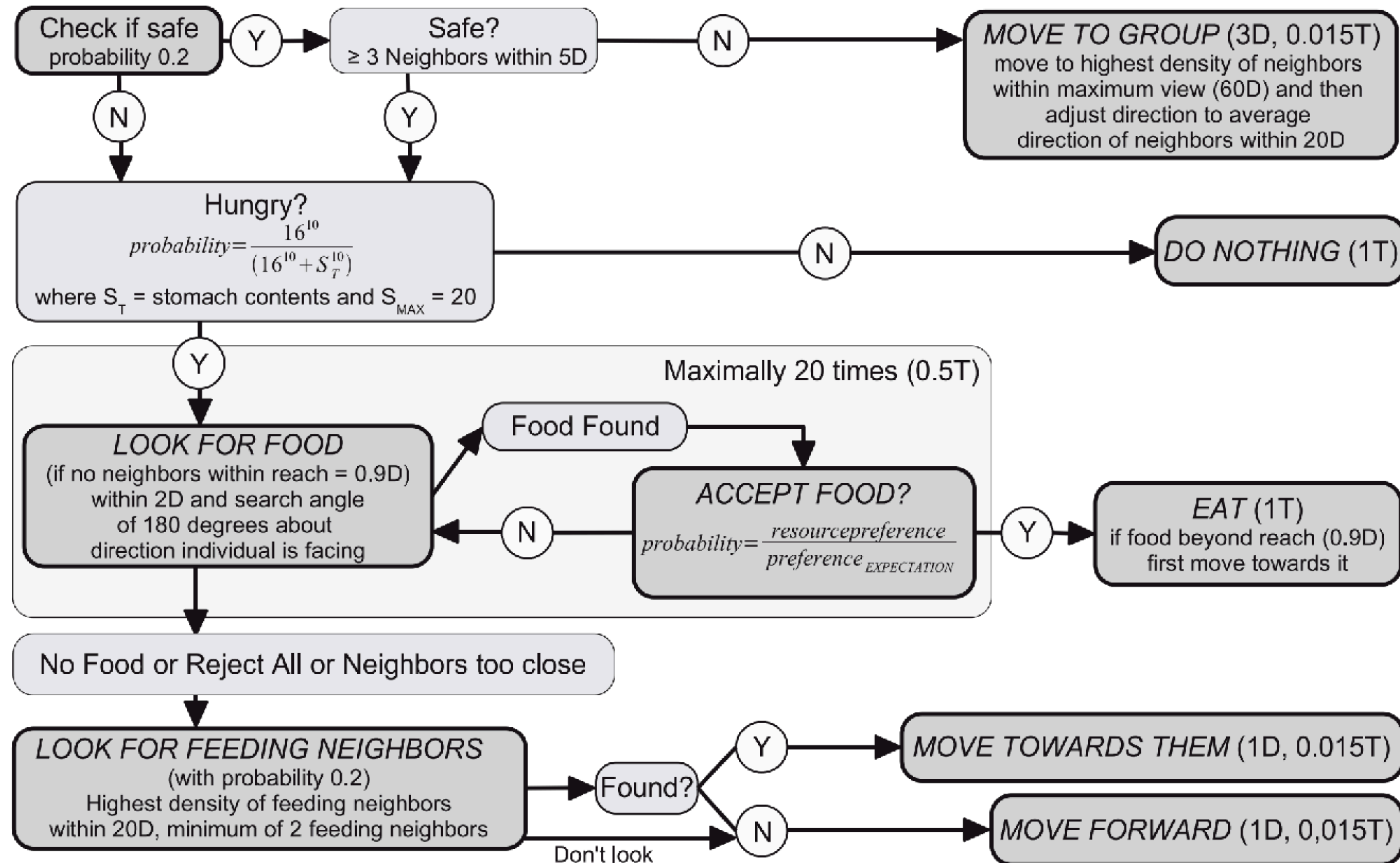


PSEUDOCODE:

- Als er minder dan 10 apen in de buurt zijn, en de aap heeft geen enorme honger, dan rent deze terug naar de groep.
- Als een aap honger heeft, en er zijn genoeg apen in de buurt, loopt deze een willekeurige kant op om te zoeken naar fruit.
- Als een aap 6 stukken fruit heeft gevonden, blijft de aap zitten en gaat eten. Zolang de aap aan het eten is, gaat deze niet op zoek naar de groep of naar meer eten.

Onderzoek naar apen door Daniël van der Post

Onderzoek naar apen door Daniël van der Post



Onderzoek naar apen door Daniël van der Post

A Novel Mechanism for a Survival Advantage of Vigilant Individuals in Groups

Daniel J. van der Post, Harmen de Weerd, Rineke Verbrugge, Charlotte K. Hemelrijk,
Associate Editor: Andy Gardner, and Editor: Troy Day

 PDF

 PDF PLUS

 Abstract

 Full Text

 Supplemental Material





Abstract

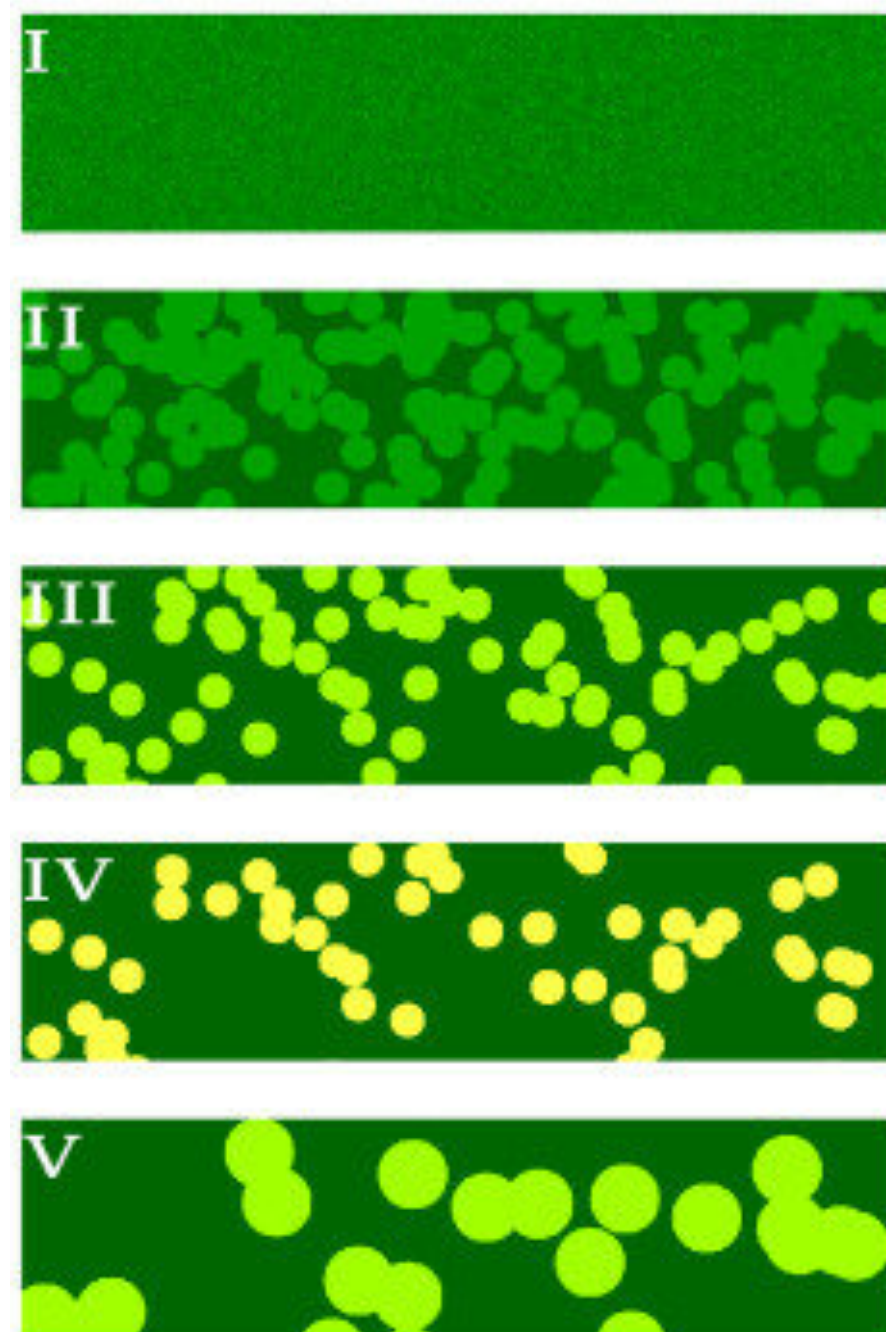
In many animal species, vigilance is crucial for avoiding predation. In groups, however, nonvigilant individuals could benefit from the vigilance of others without any of the associated costs. In an evolutionary sense, such exploitation may be compensated if vigilant individuals have a survival advantage. The novelty in our model is that the probability to detect a predator is “distance dependent.” We show that even if nonvigilant individuals benefit fully from information produced by vigilant individuals, vigilant individuals nevertheless enjoy a survival advantage. This



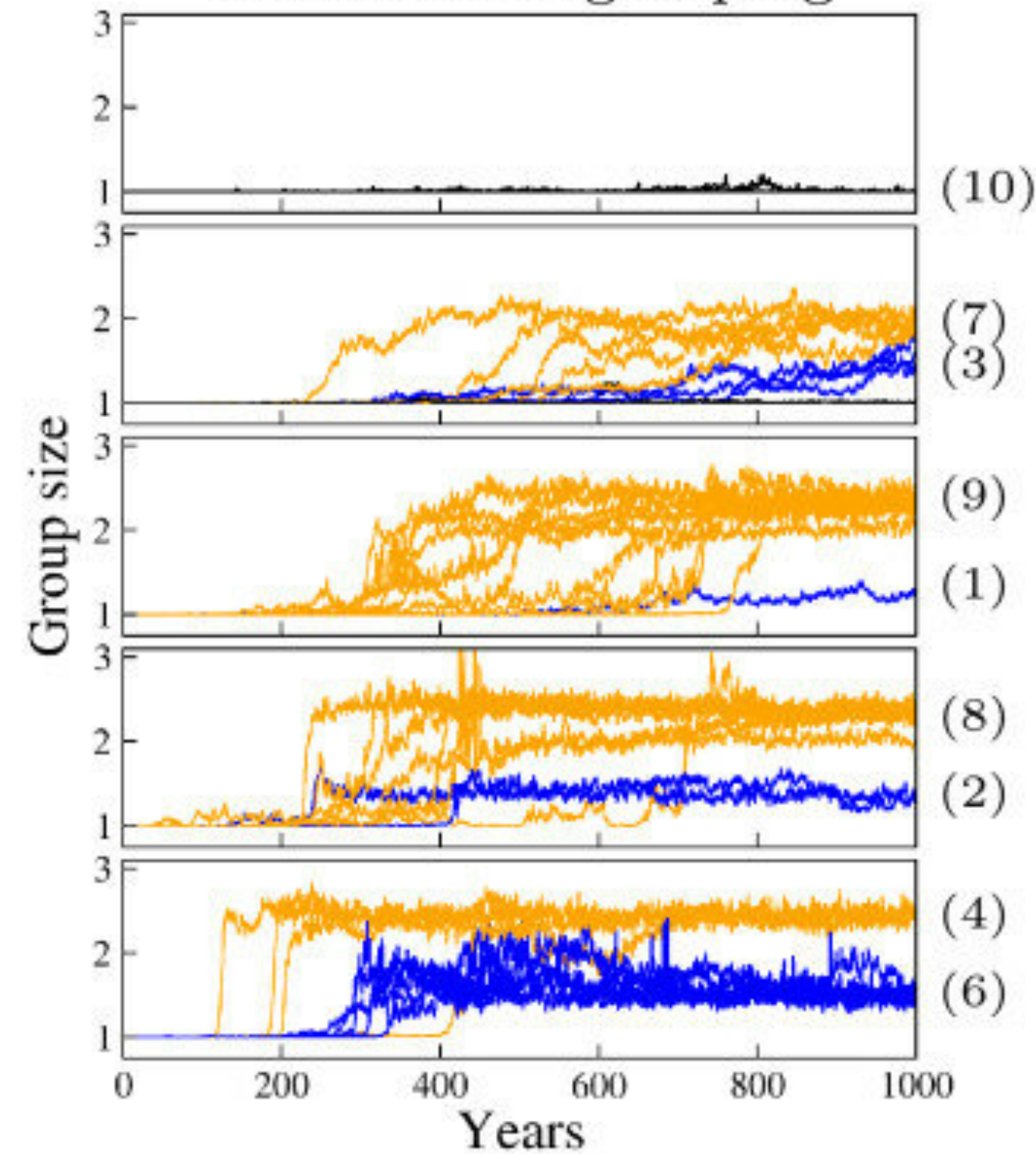
Onderzoek naar apen door Daniël van der Post

Onderzoek naar apen door Daniël van der Post

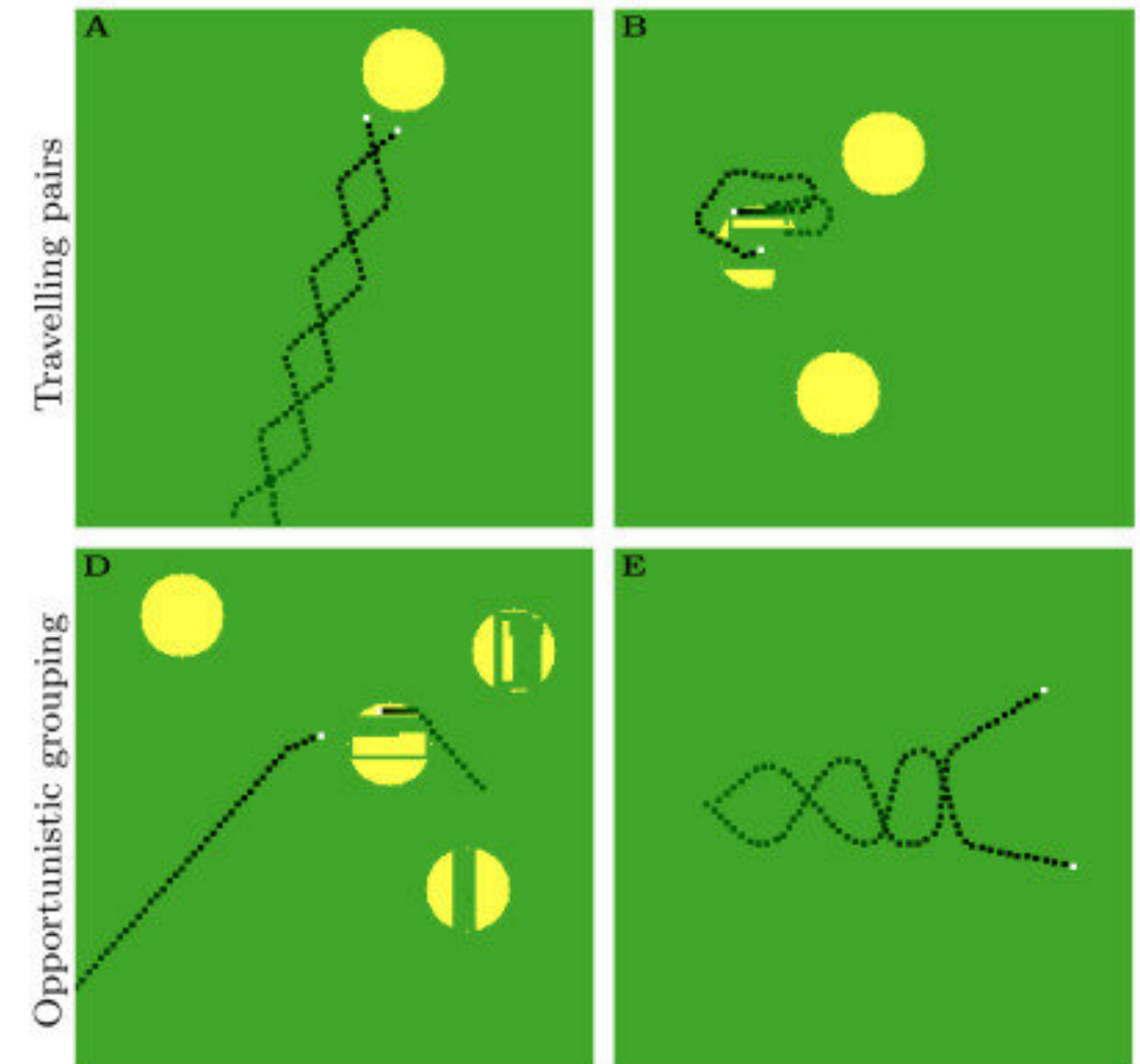
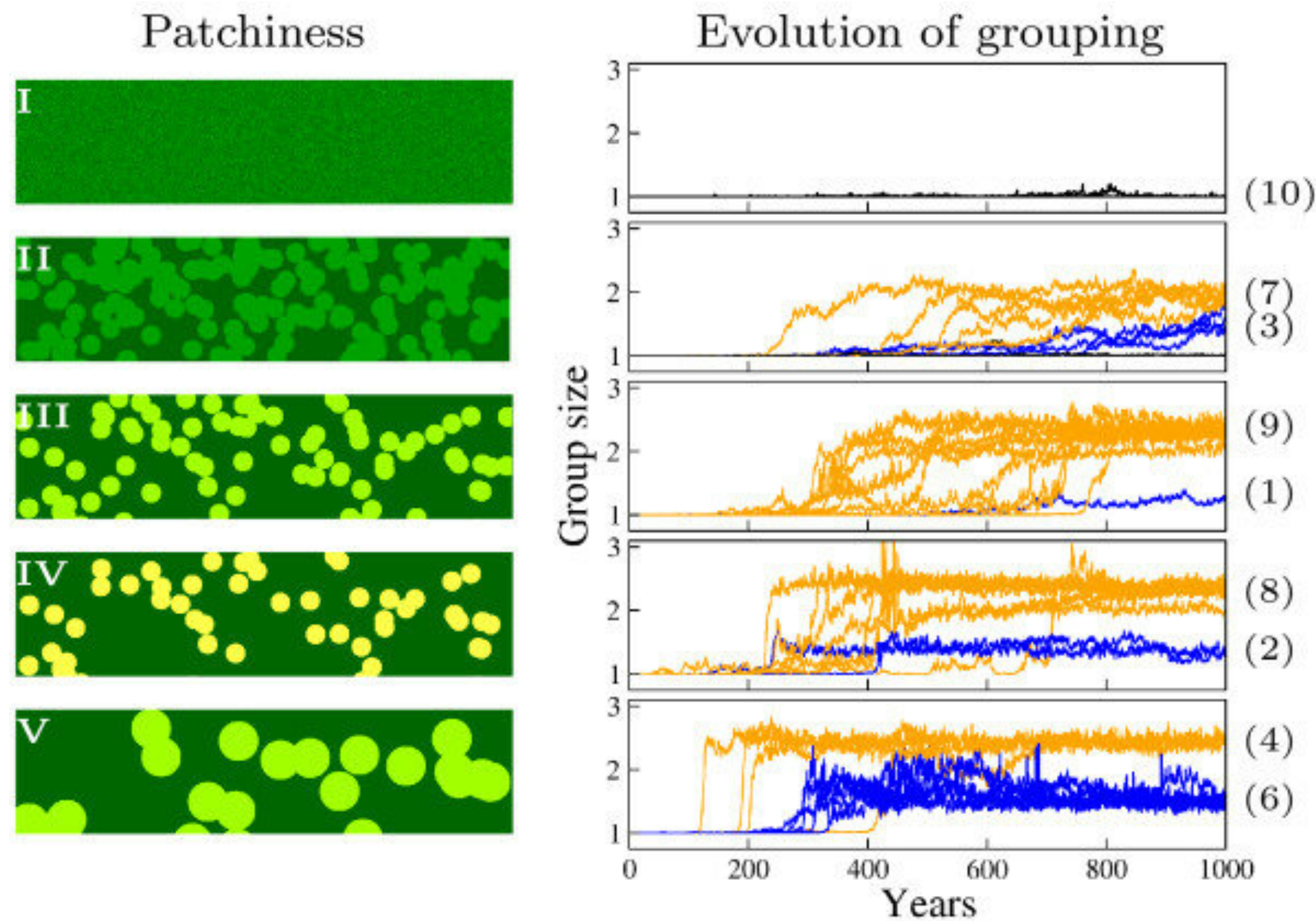
Patchiness



Evolution of grouping

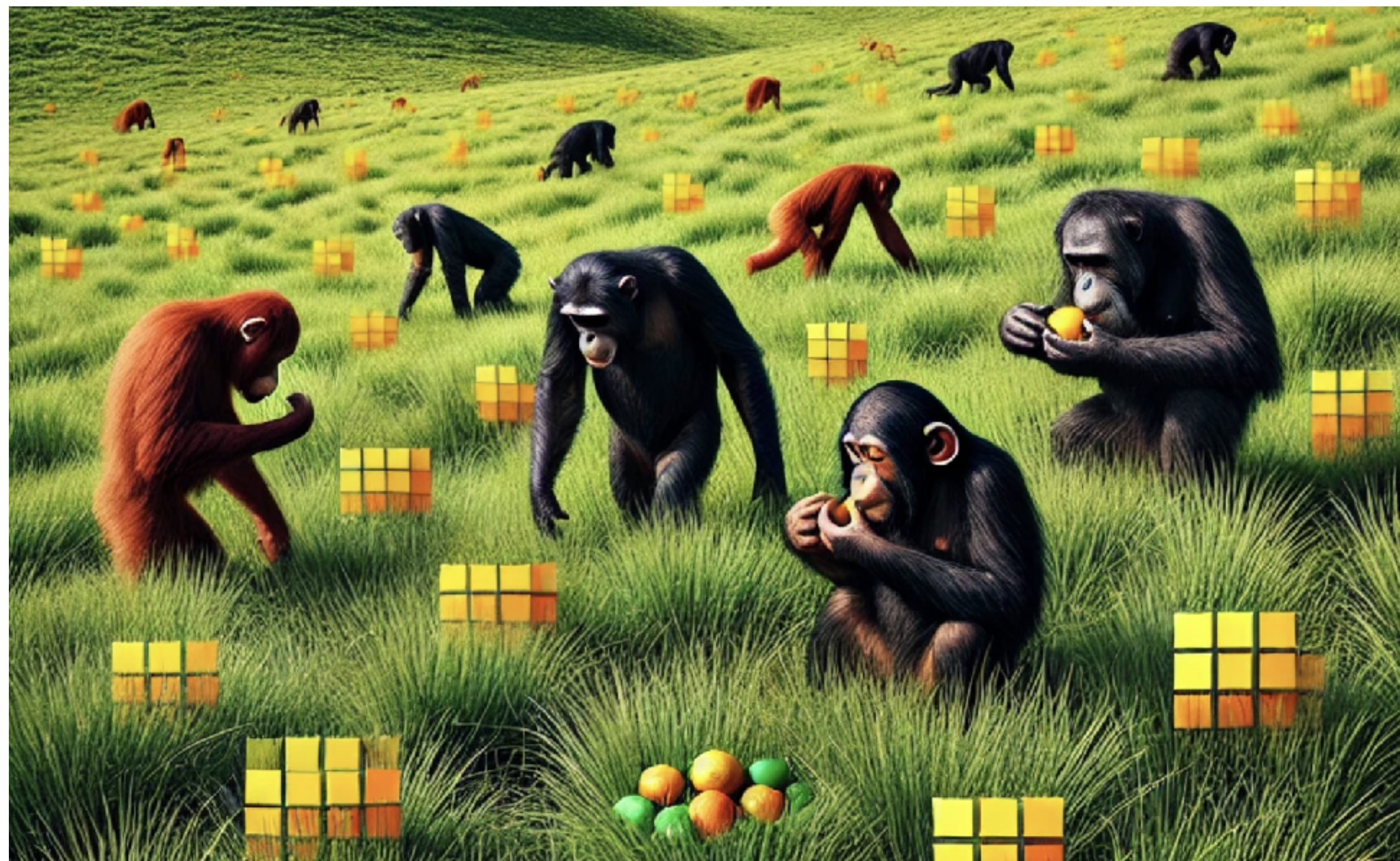


Onderzoek naar apen door Daniël van der Post



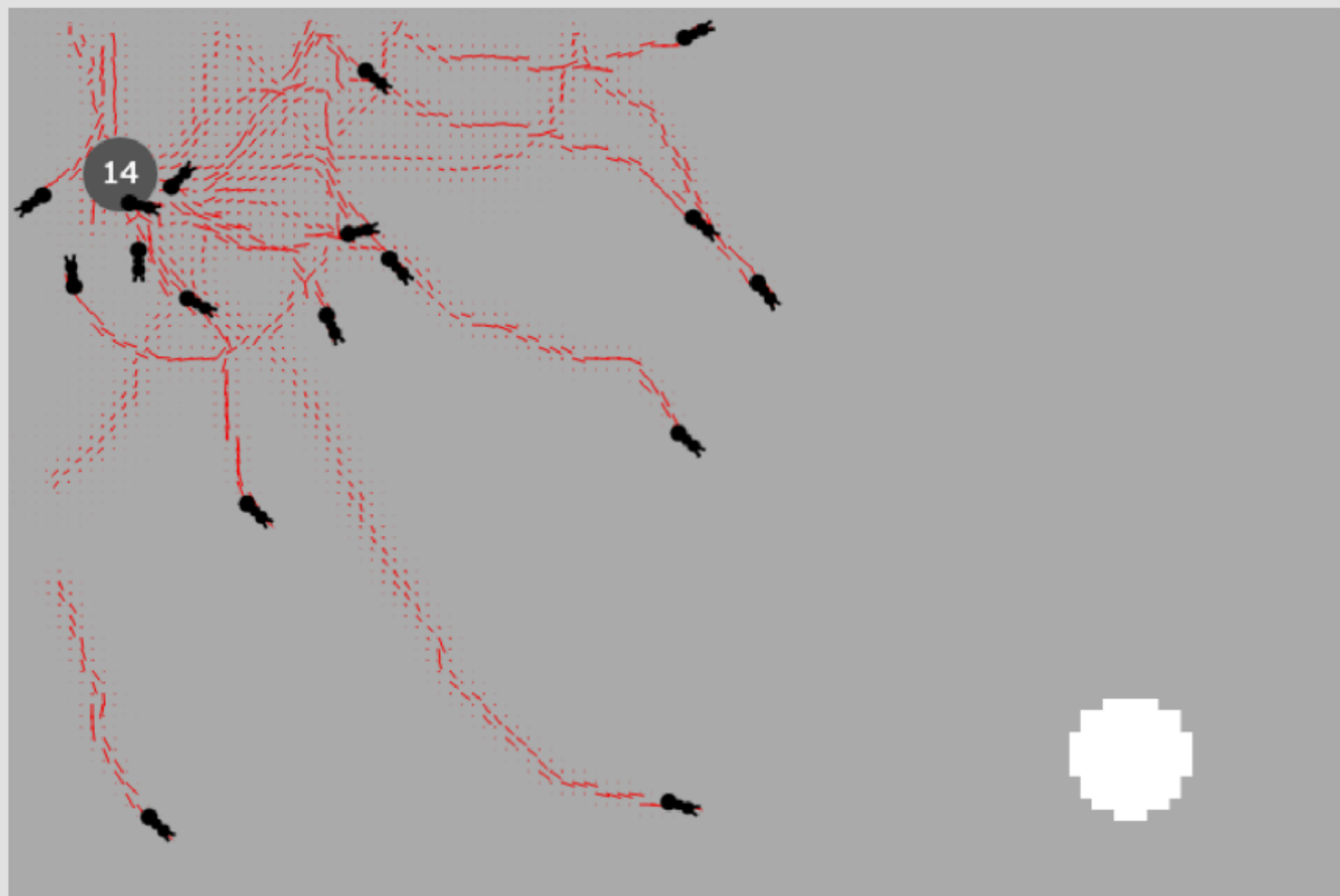
Werkcollege-vraag van vandaag is kort maar belangrijk!

(komt terug in statistiek!)

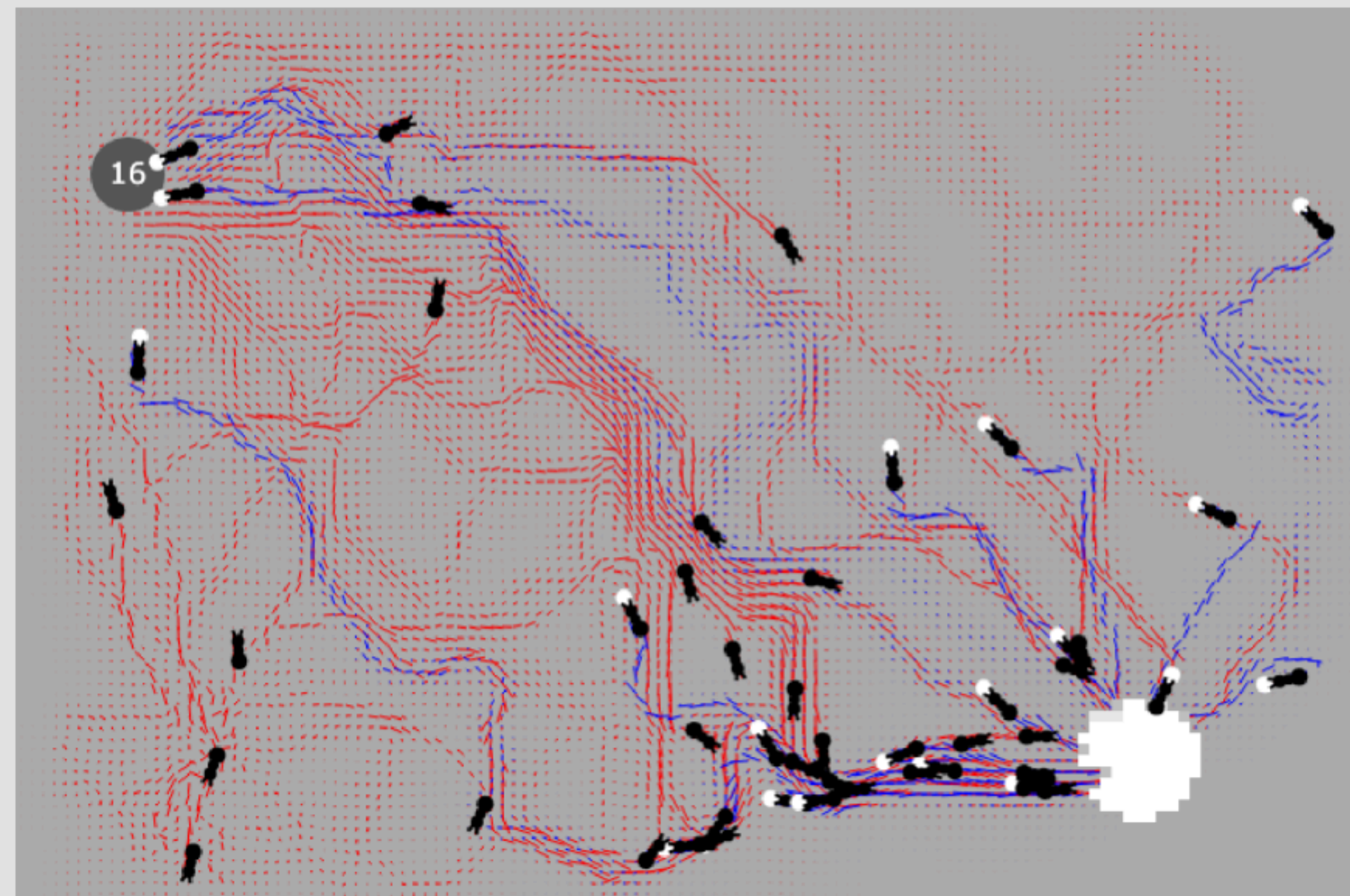
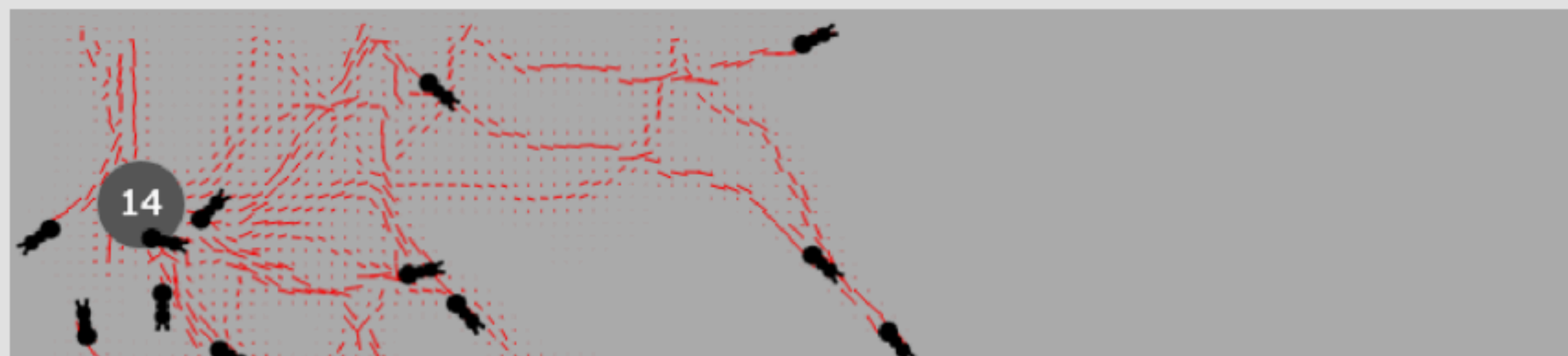


- Pas de **eetsnelheid** van de aapjes aan, en voer herhaaldelijk (bijv. 10 keer) het virtuele experiment uit, en bepaal hoeveel fruit er in totaal gevonden wordt.
- Kies **drie** waarden voor **eetsnelheid**, waarvan twee dichtbij elkaar en eentje duidelijk anders.
- Bijvoorbeeld: 0.5, 0.6, en 5.
- Bewaar je resultaten!

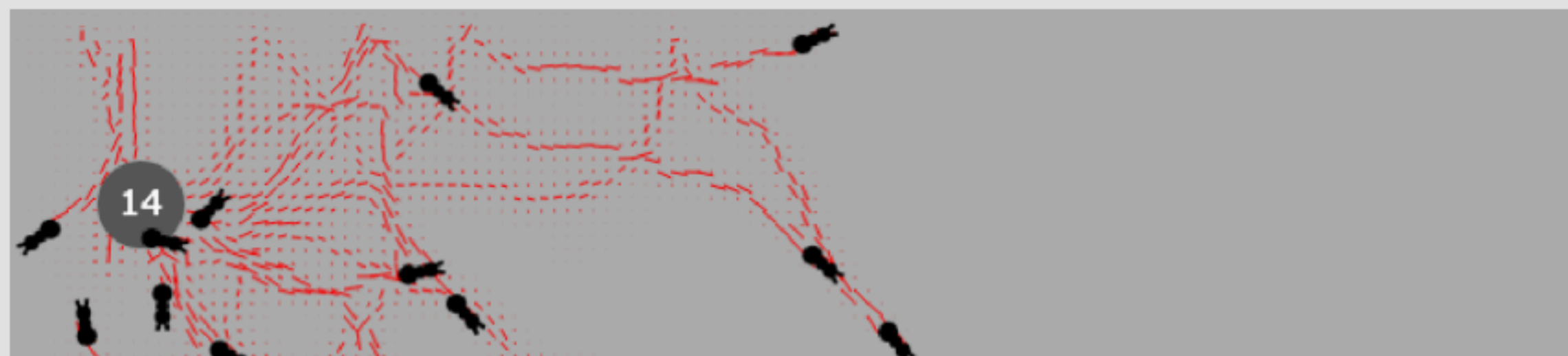
Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!



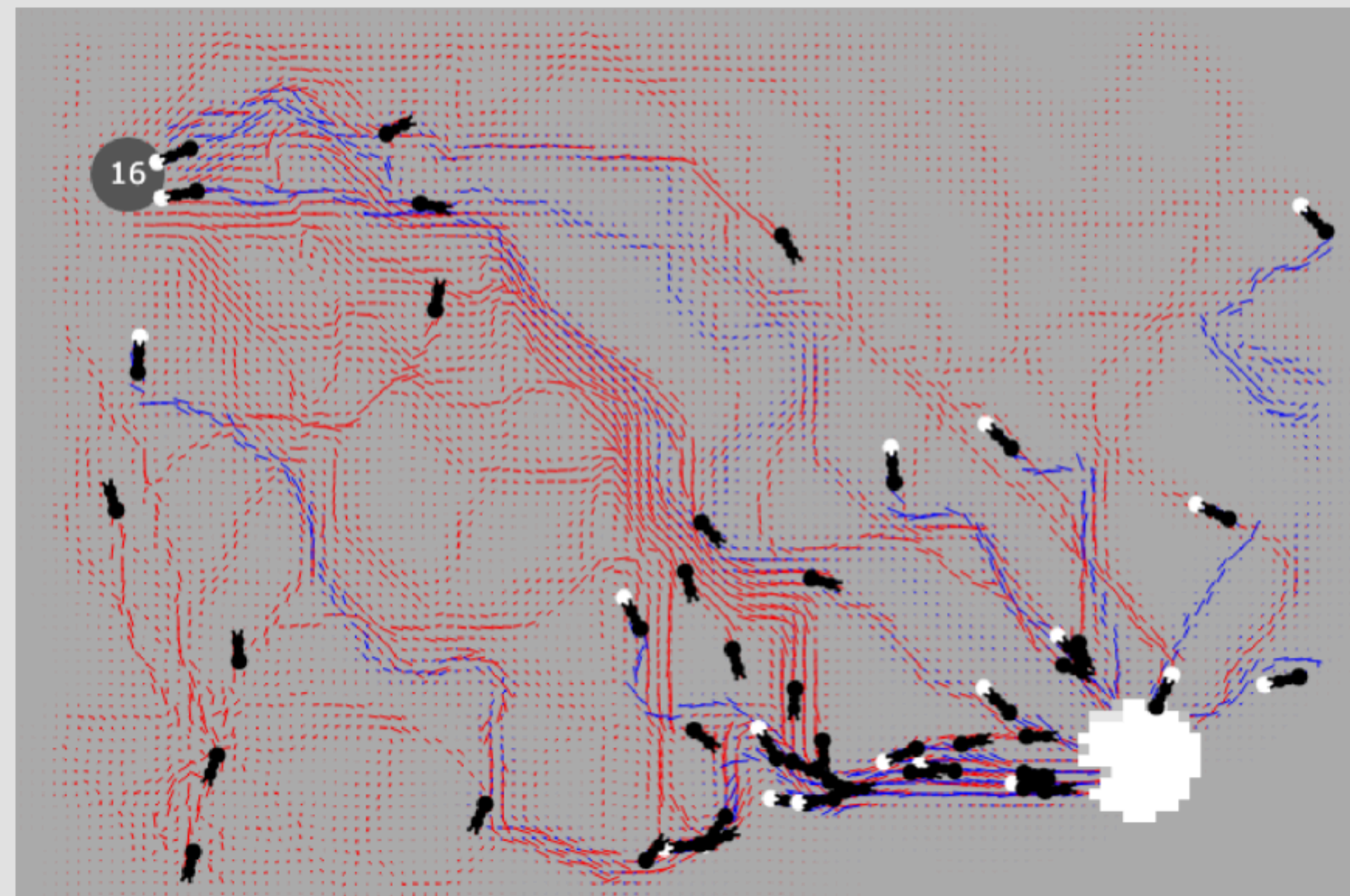
Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!



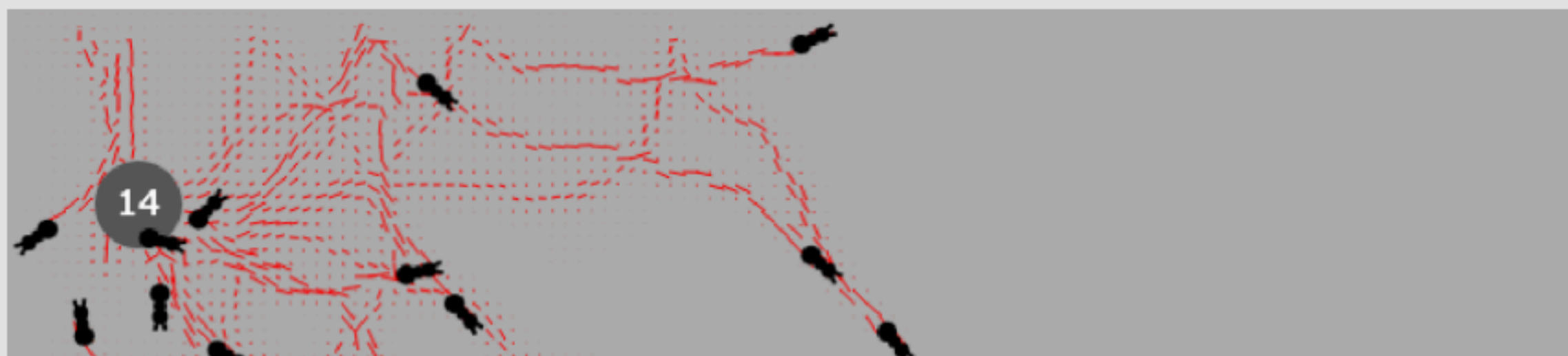
Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!



PSEUDOCODE:

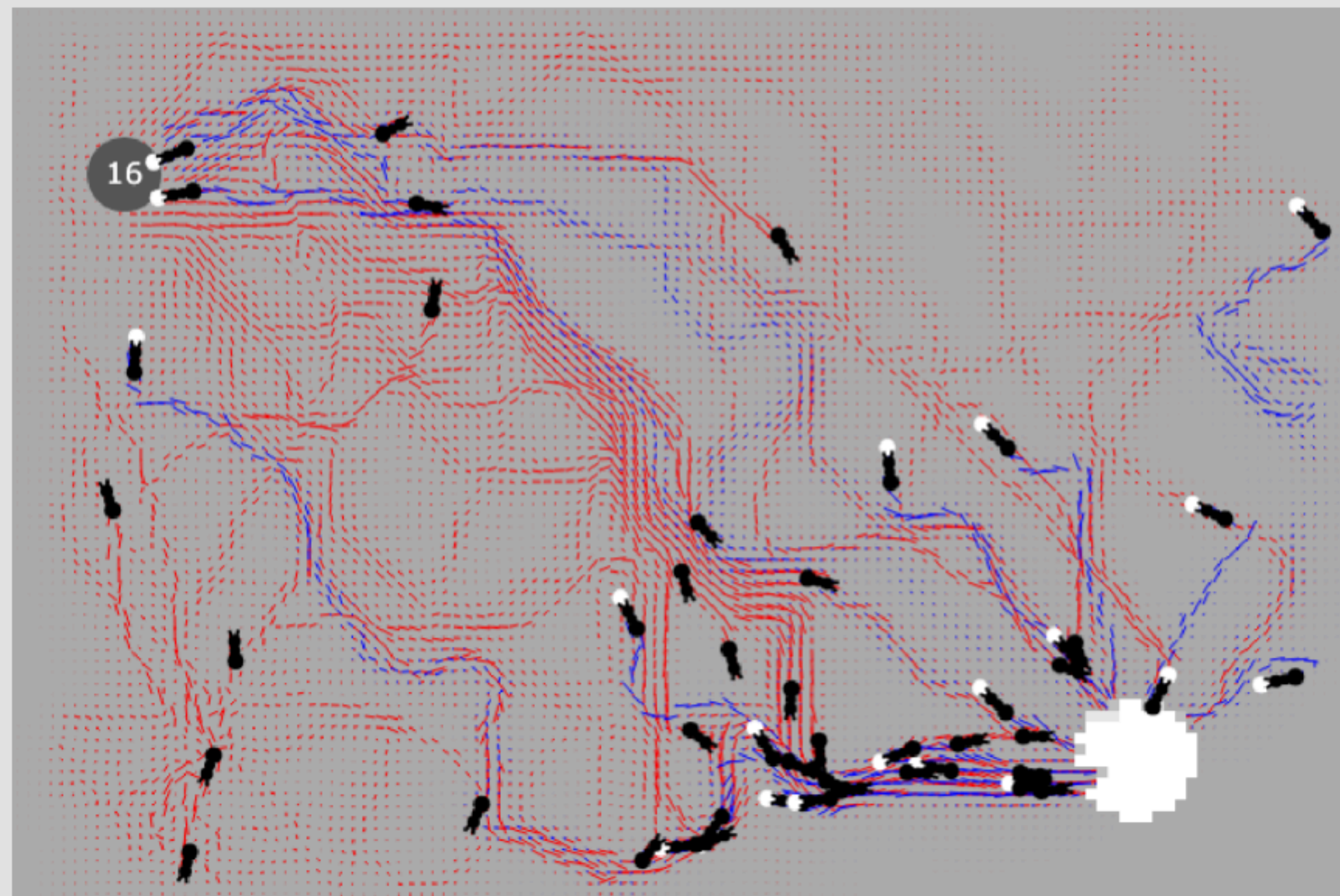


Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!

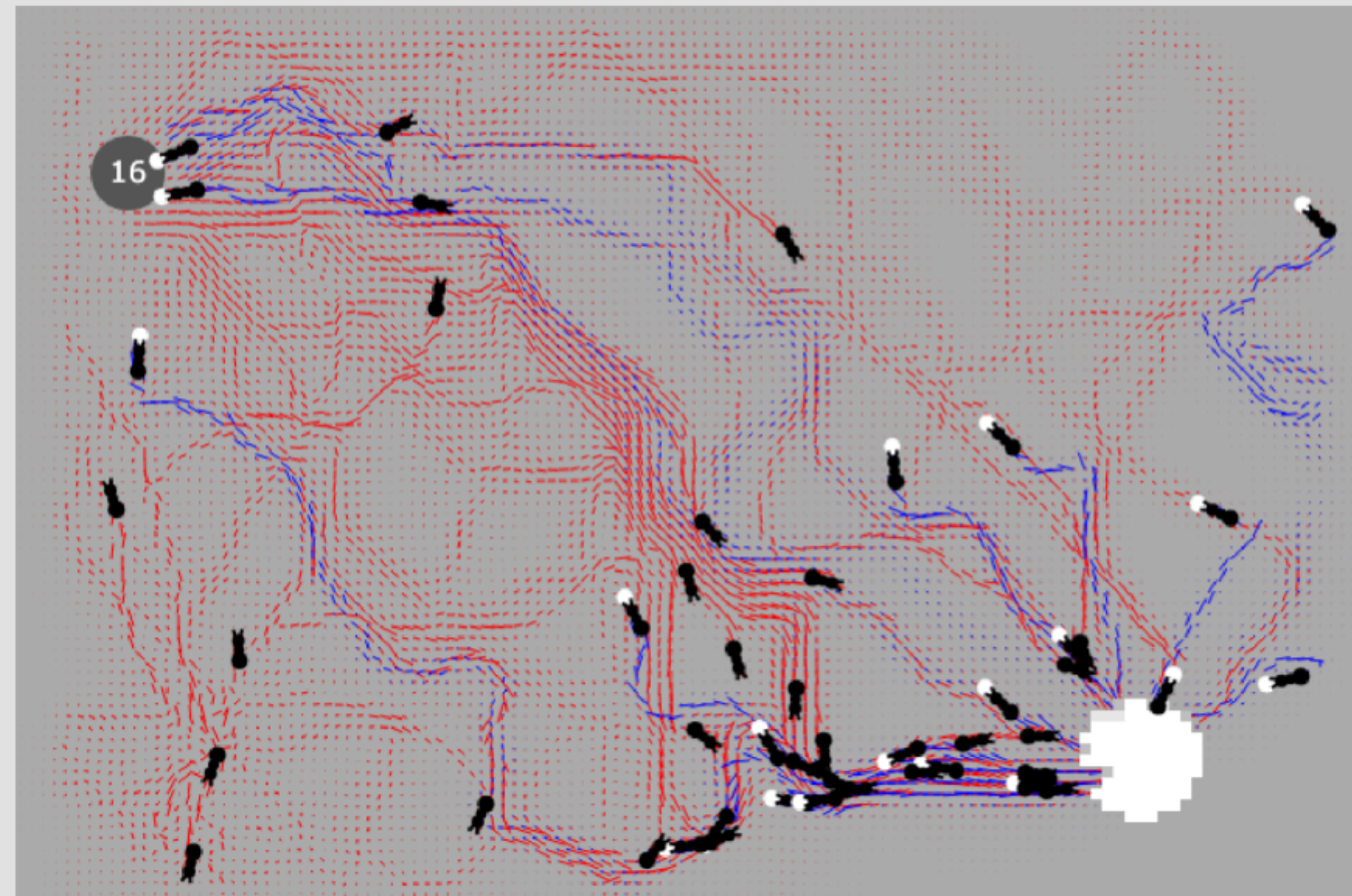
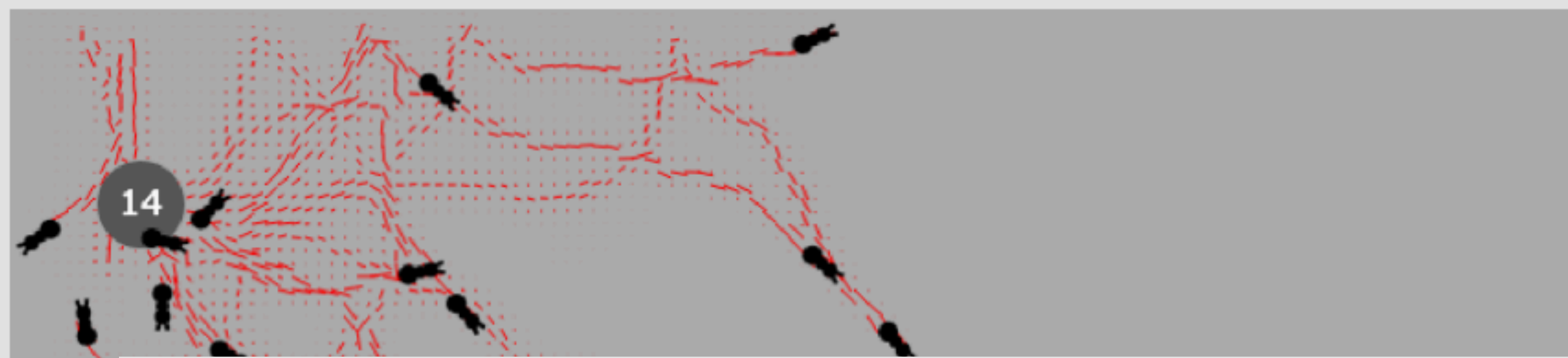


PSEUDOCODE:

- Alle mieren dwalen rond



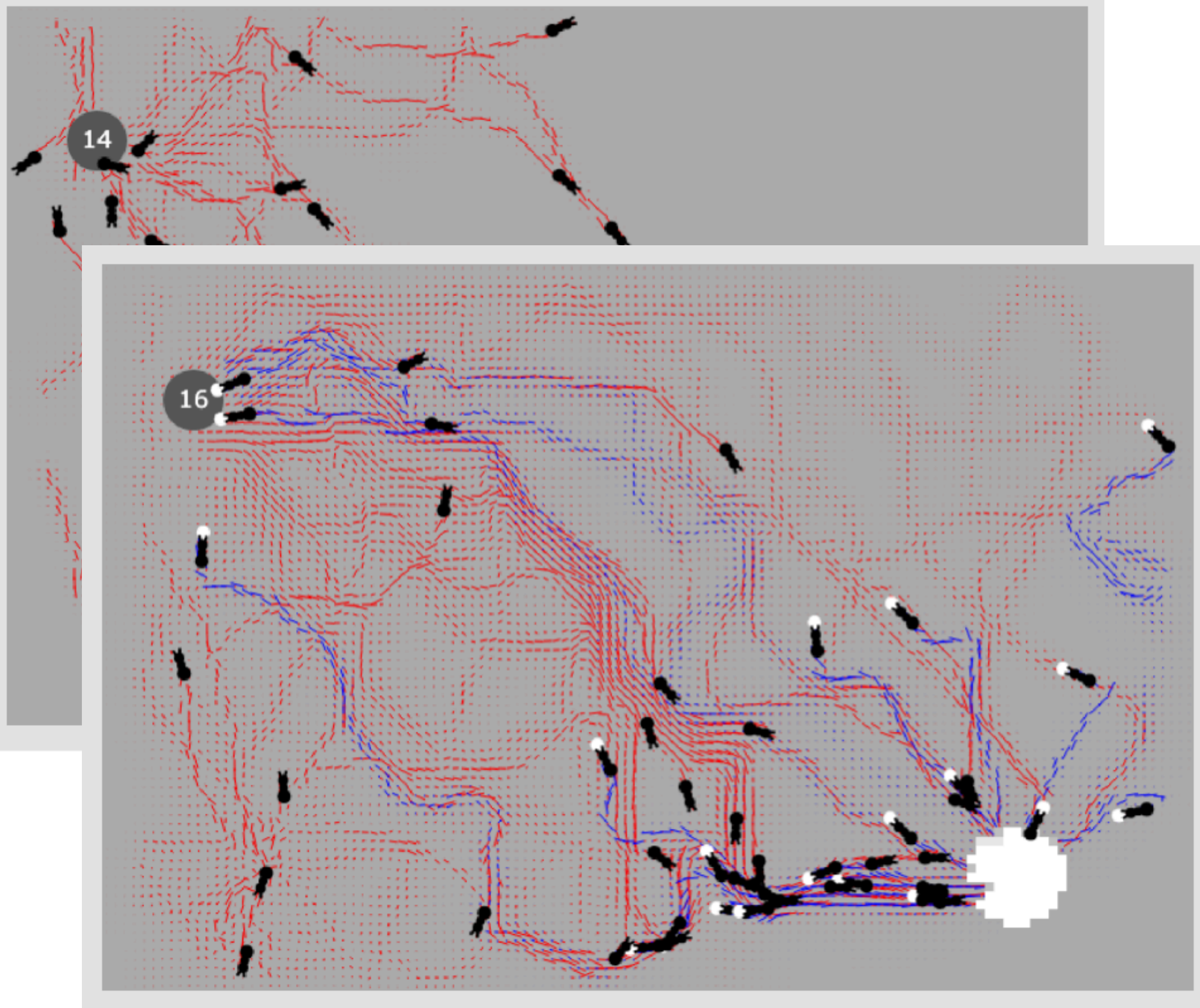
Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!



PSEUDOCODE:

- Alle mieren dwalen rond
- Als een mier **geen eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar huis achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar eten

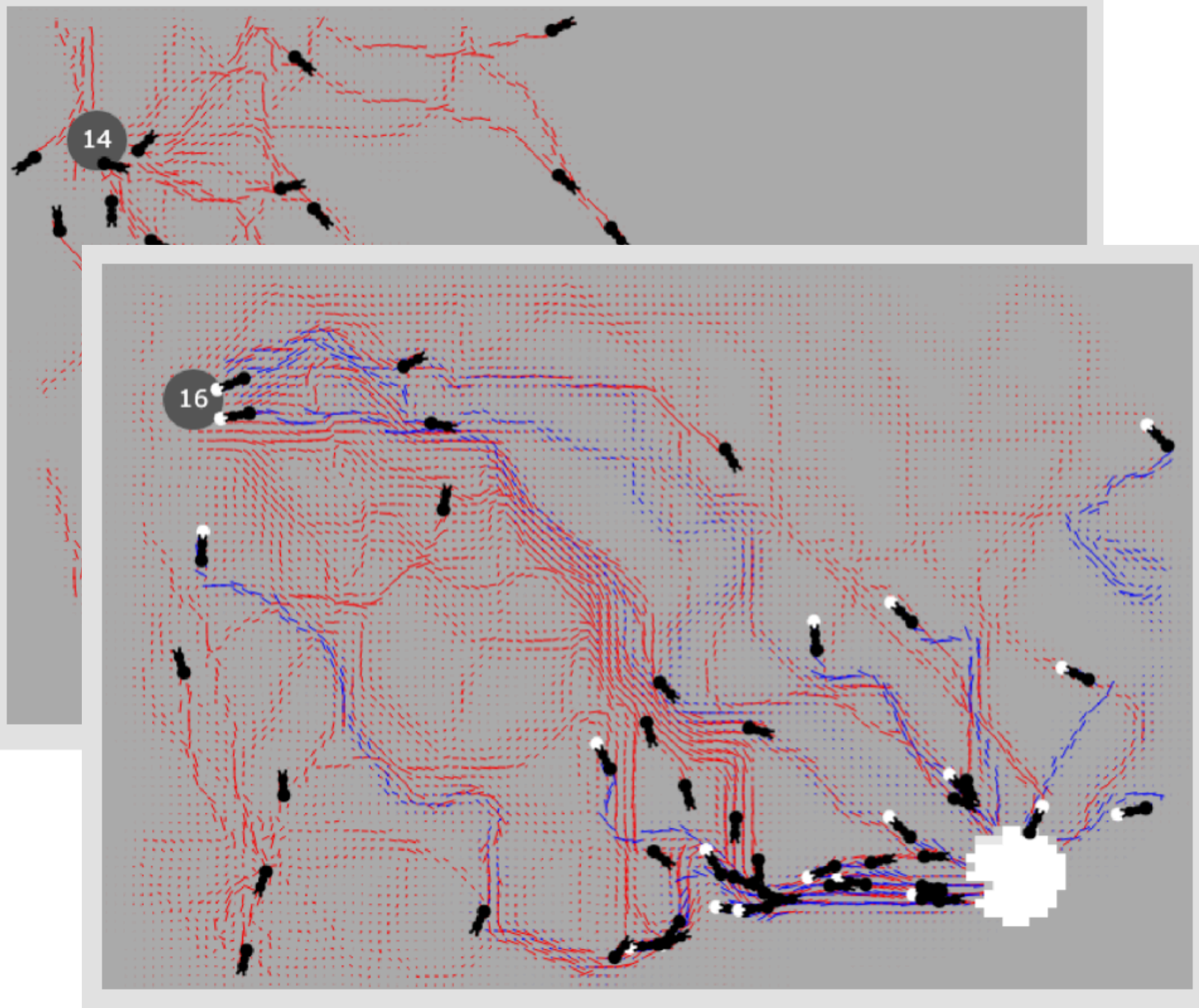
Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!



PSEUDOCODE:

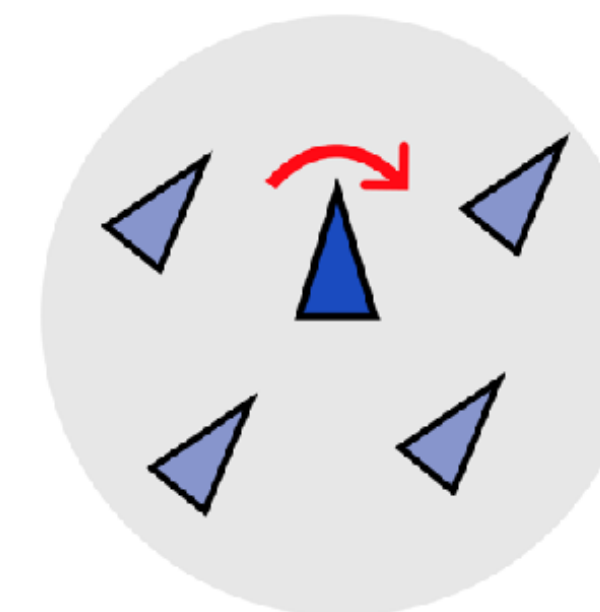
- Alle mieren dwalen rond
- Als een mier **geen eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar huis achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar eten
- Als een mier **wel eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar het eten achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar huis

Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!

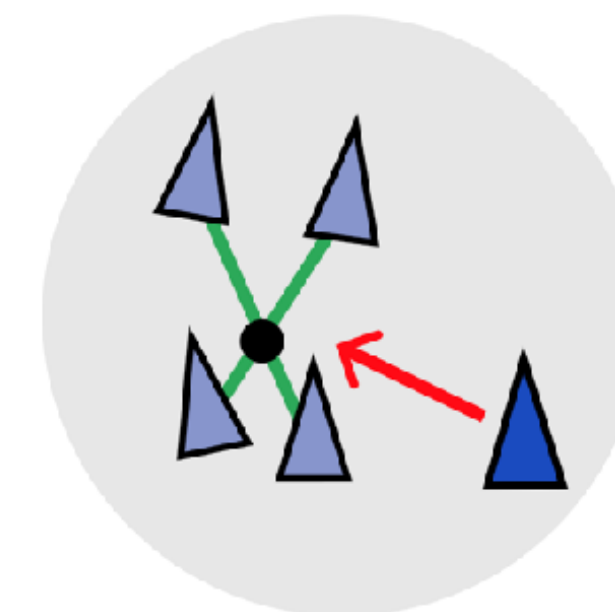


PSEUDOCODE:

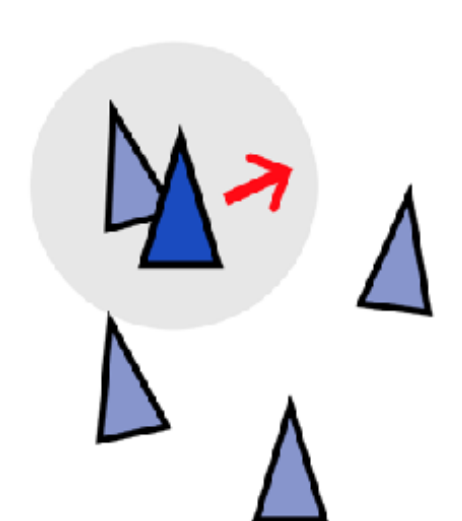
- Alle mieren dwalen rond
- Als een mier **geen eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar huis achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar eten
- Als een mier **wel eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar het eten achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar huis



a) Group alignment



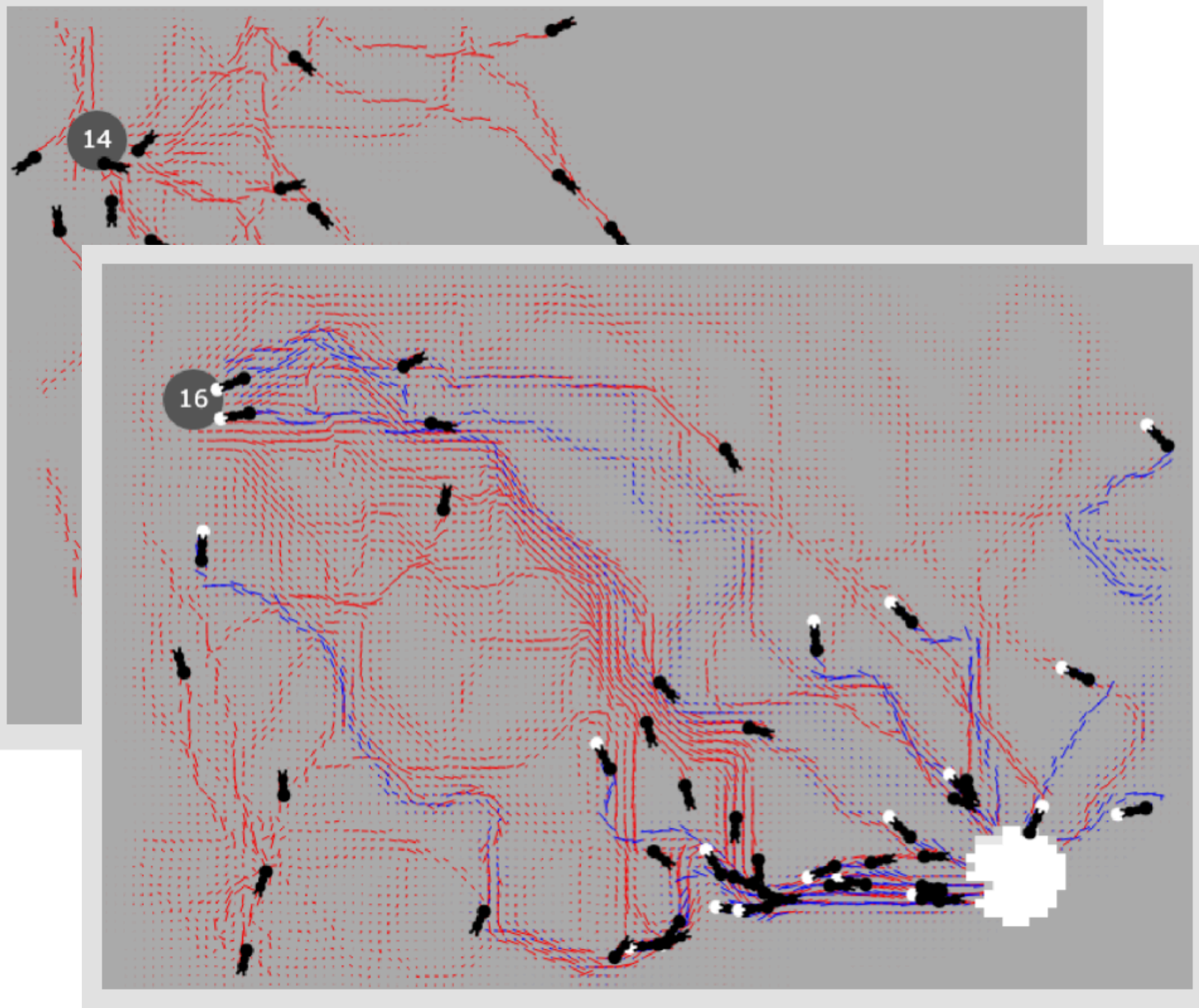
b) Group cohesion



c) Local separation

De Boid-regels hebben we dan niet nodig!

Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!

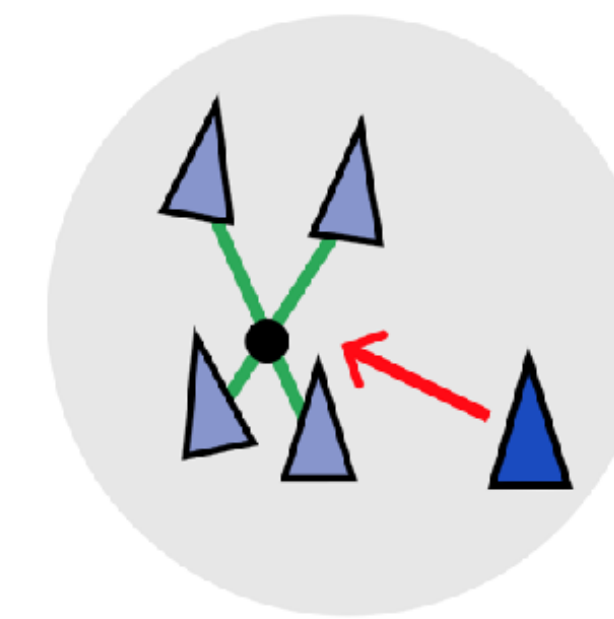


PSEUDOCODE:

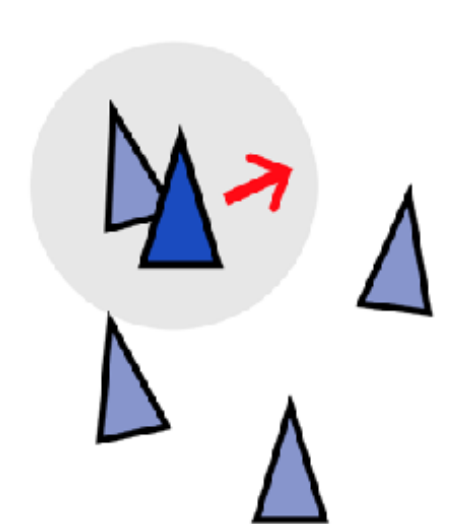
- Alle mieren dwalen rond
- Als een mier **geen eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar huis achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar eten
- Als een mier **wel eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar het eten achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar huis



a) Group alignment



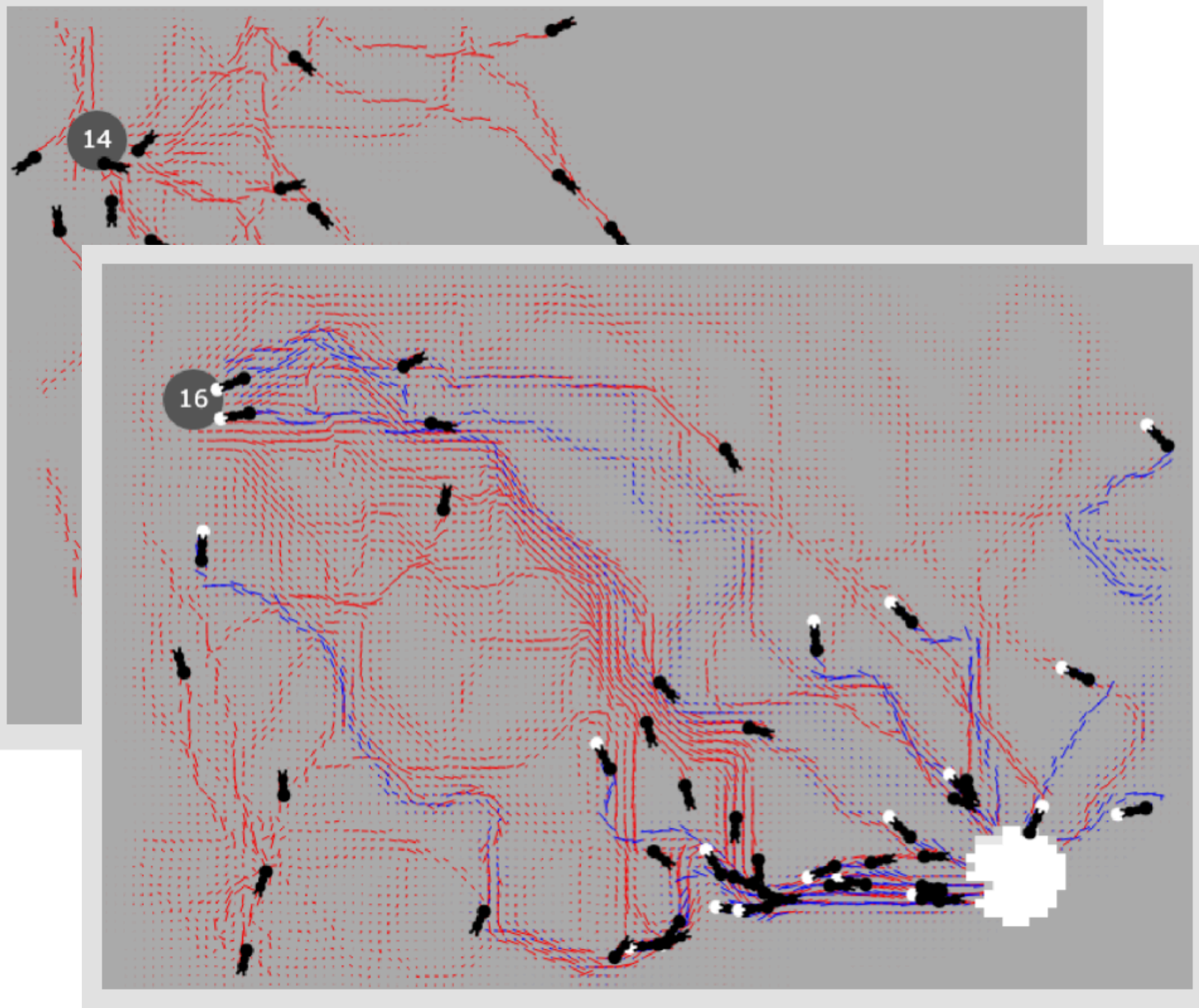
b) Group cohesion



c) Local separation

De Boid-regels hebben we dan niet nodig!

Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!



PSEUDOCODE:

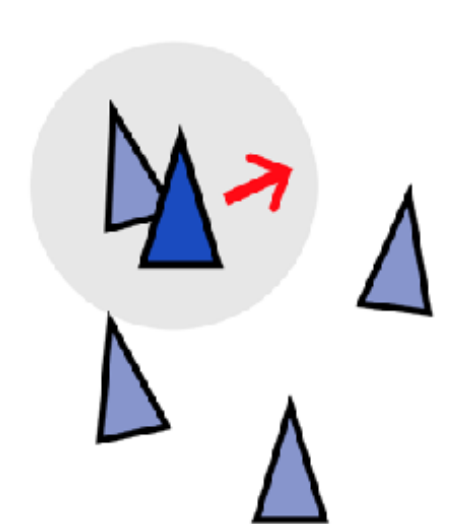
- Alle mieren dwalen rond
- Als een mier **geen eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar huis achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar eten
- Als een mier **wel eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar het eten achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar huis



a) Group alignment



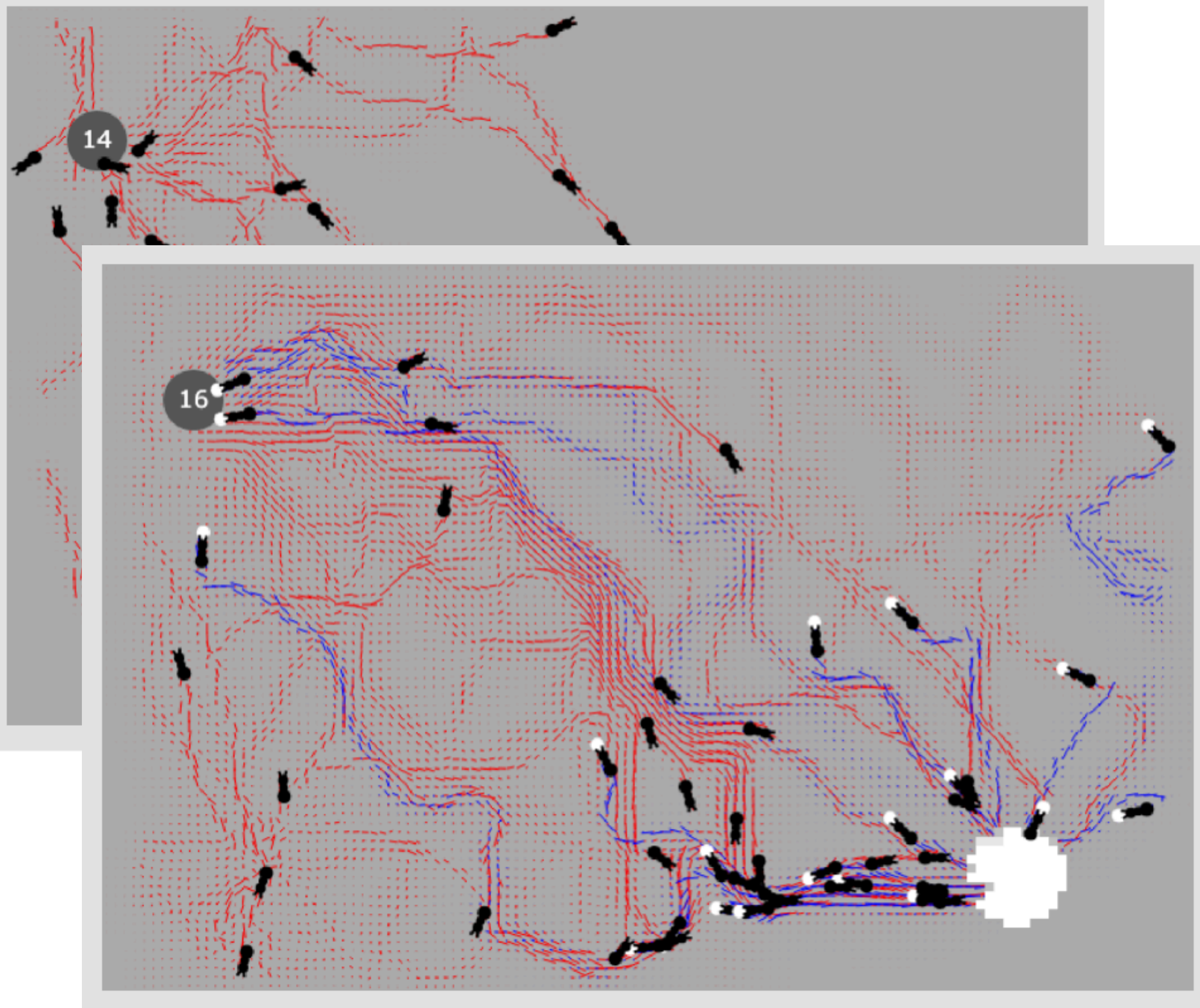
b) Group cohesion



c) Local separation

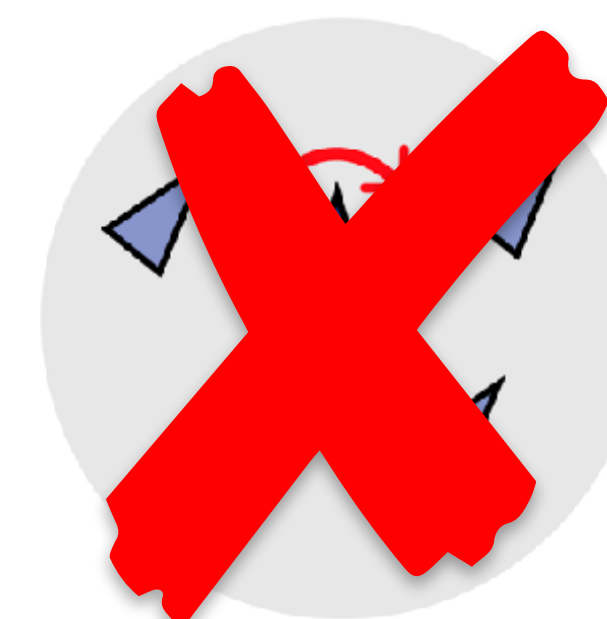
De Boid-regels hebben we dan niet nodig!

Anders dan de aapjes, zien de mieren niet elkaar!

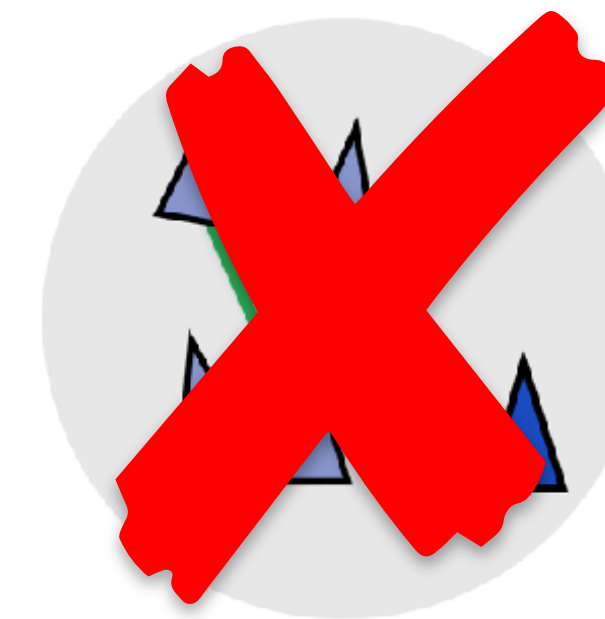


PSEUDOCODE:

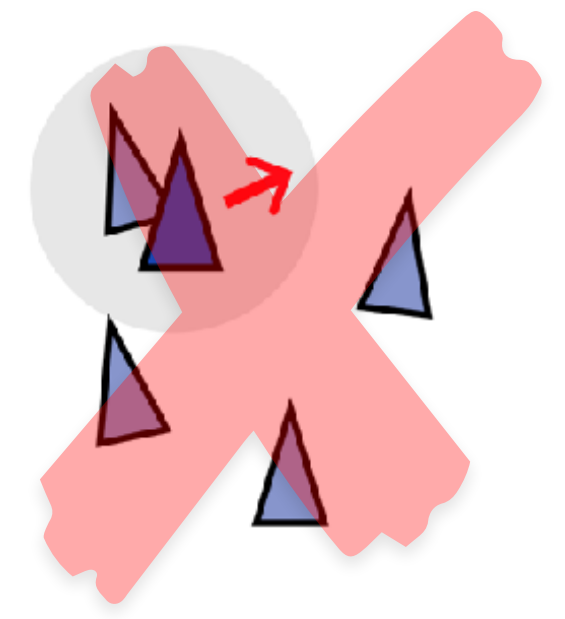
- Alle mieren dwalen rond
- Als een mier **geen eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar huis achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar eten
- Als een mier **wel eten** heeft:
 - laat richtingsveld naar het eten achter
 - volg (eventueel) richtingsveld naar huis



a) Group alignment



b) Group cohesion



c) Local separation

De Boid-regels hebben we dan niet nodig!

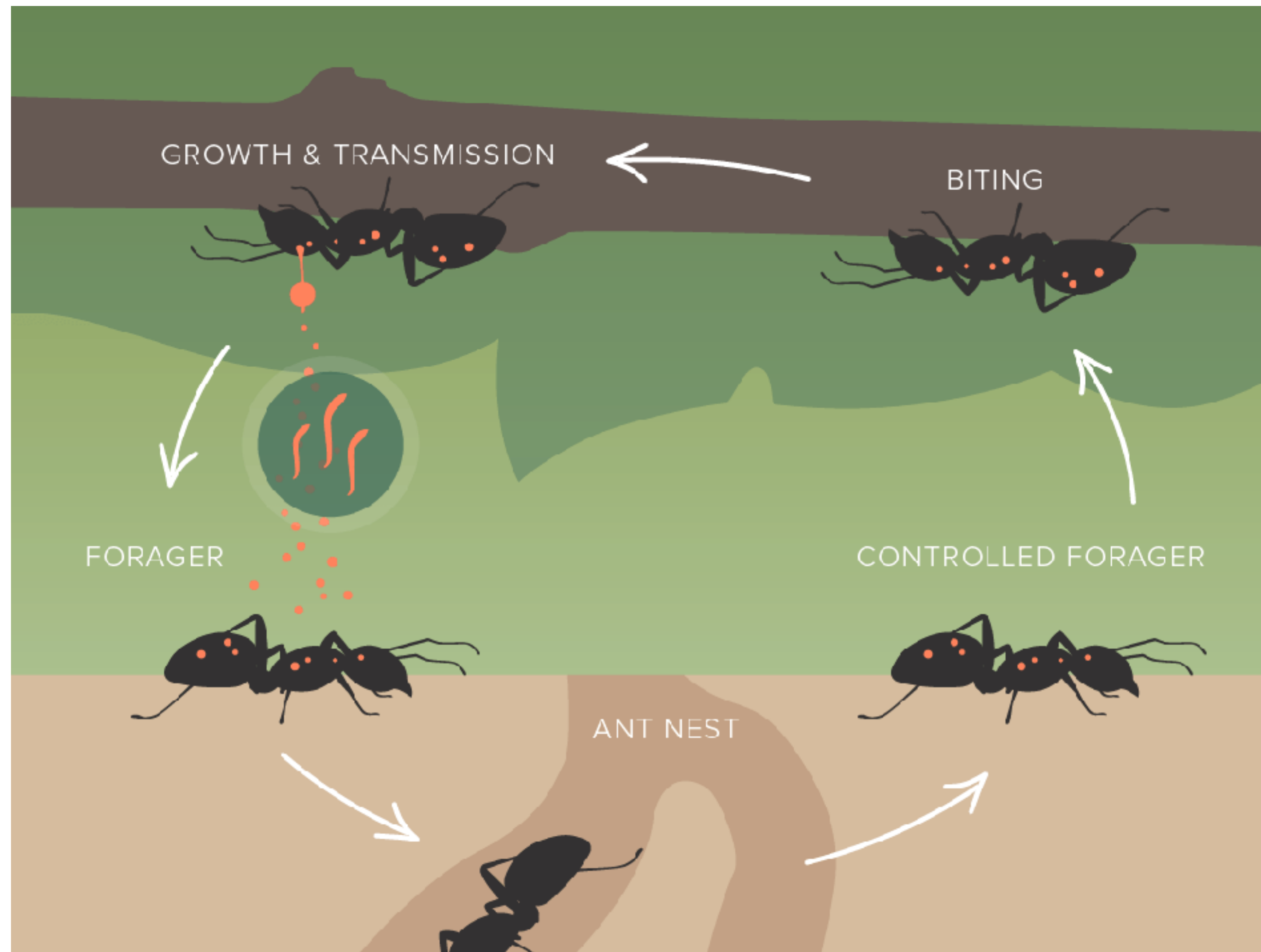
Ant mills



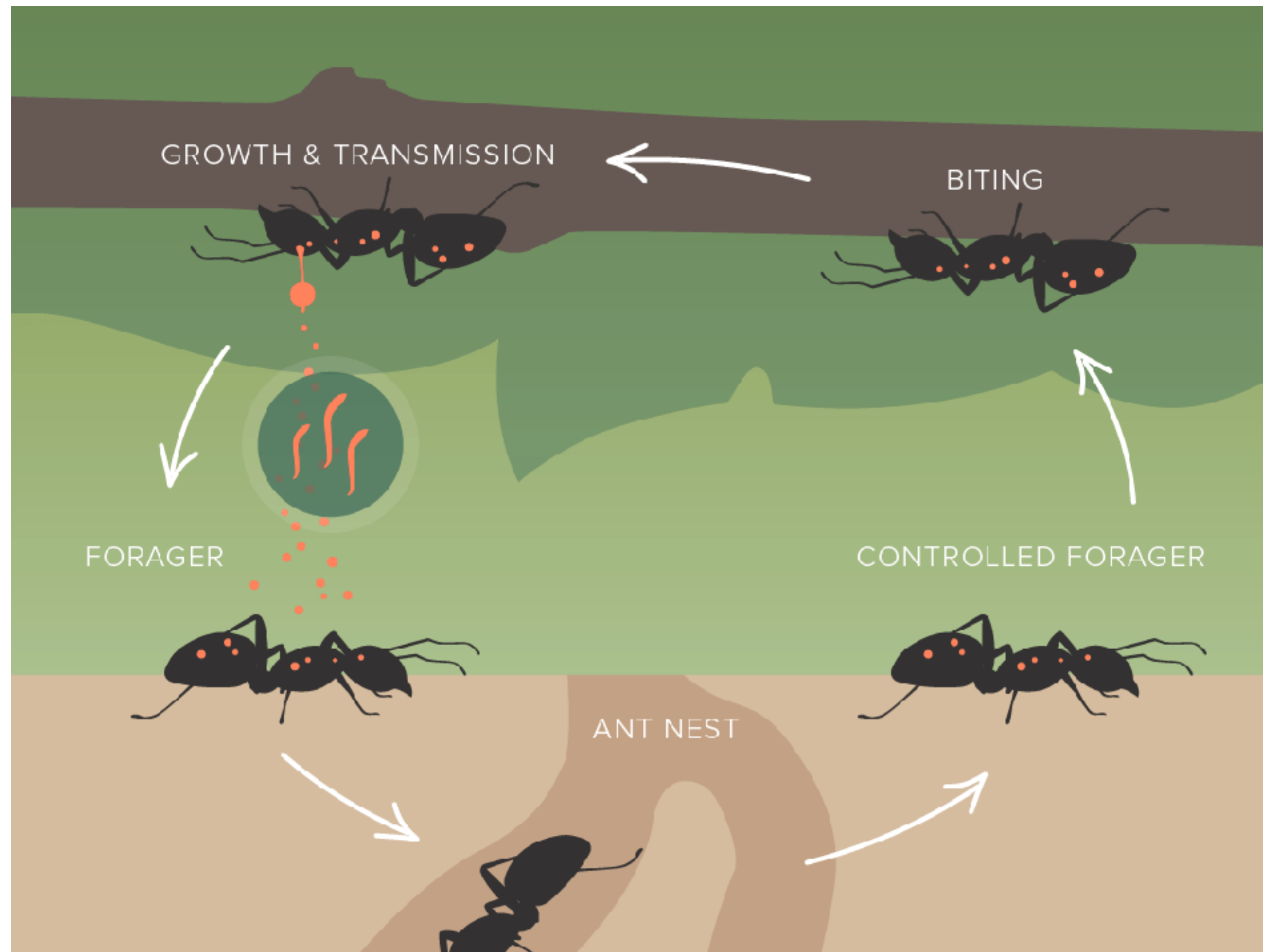


Zombie ants?

Zombie ants?

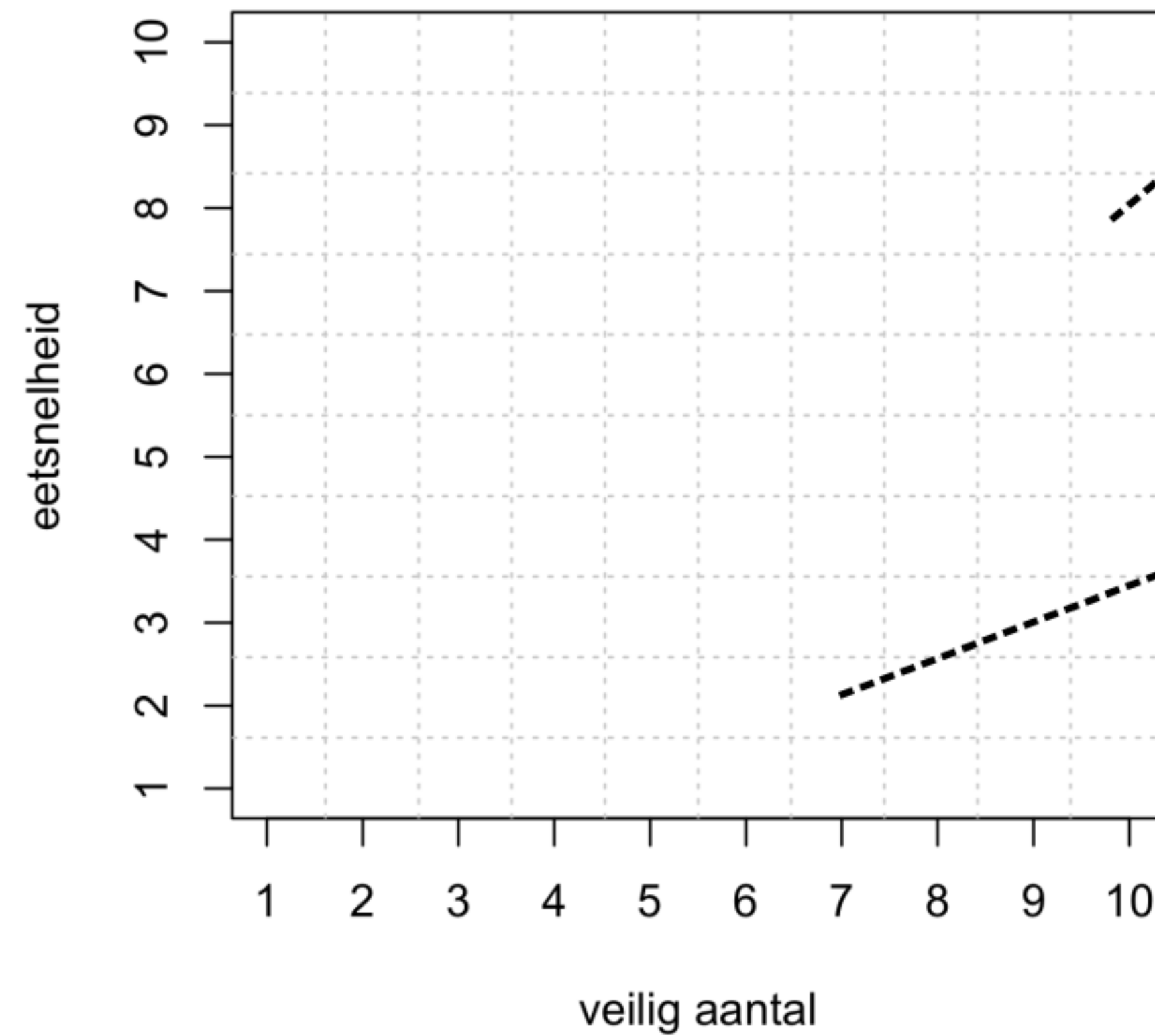


Zombie ants?



Parametersweeps

10x10 sweep: eetsnelheid vs. veilig aantal



Resultaten:

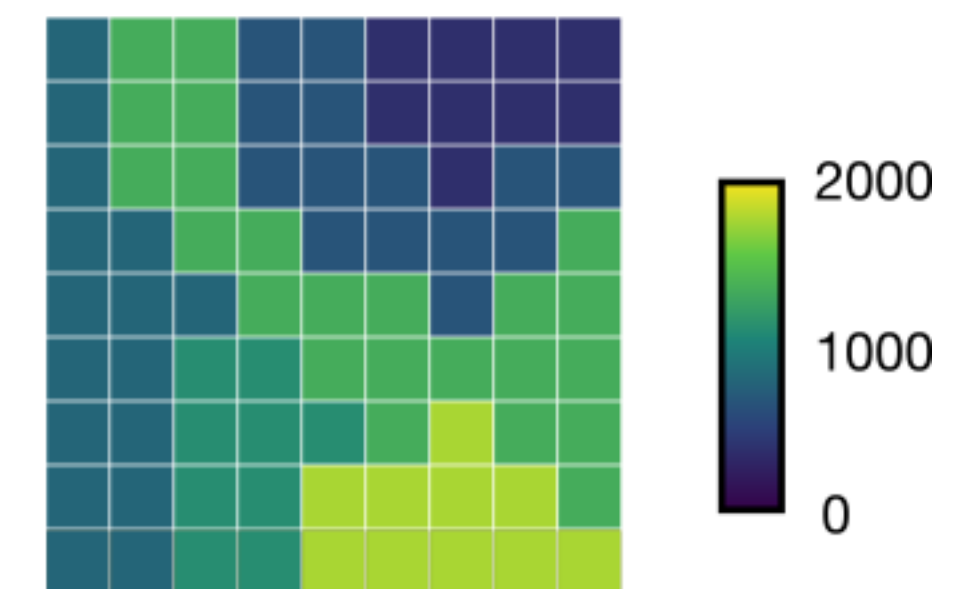
Gevonden fruit: 1039
Angst-niveau: 0.1
Aantal groepen: 2

Resultaten:

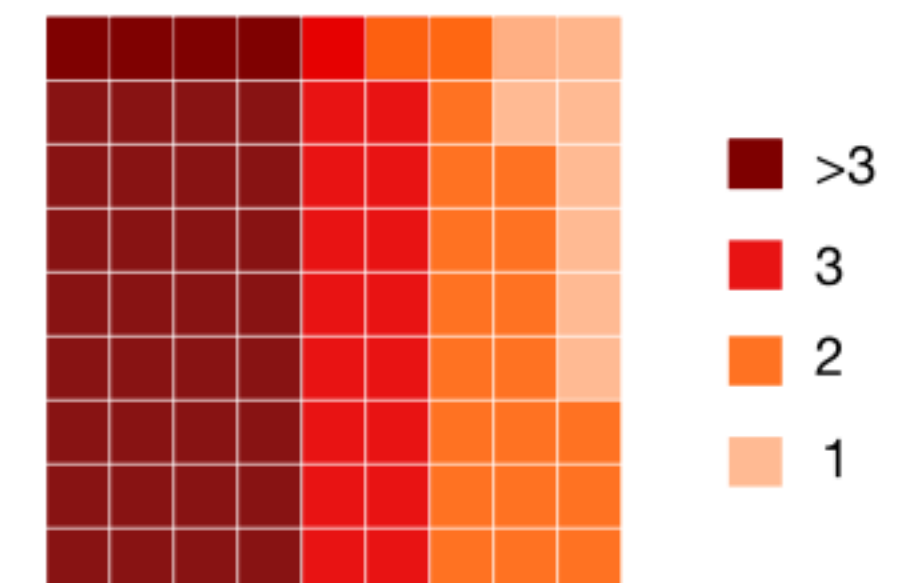
Gevonden fruit: 801
Angst-niveau: 0.05
Aantal groepen: 1

Visualisatie

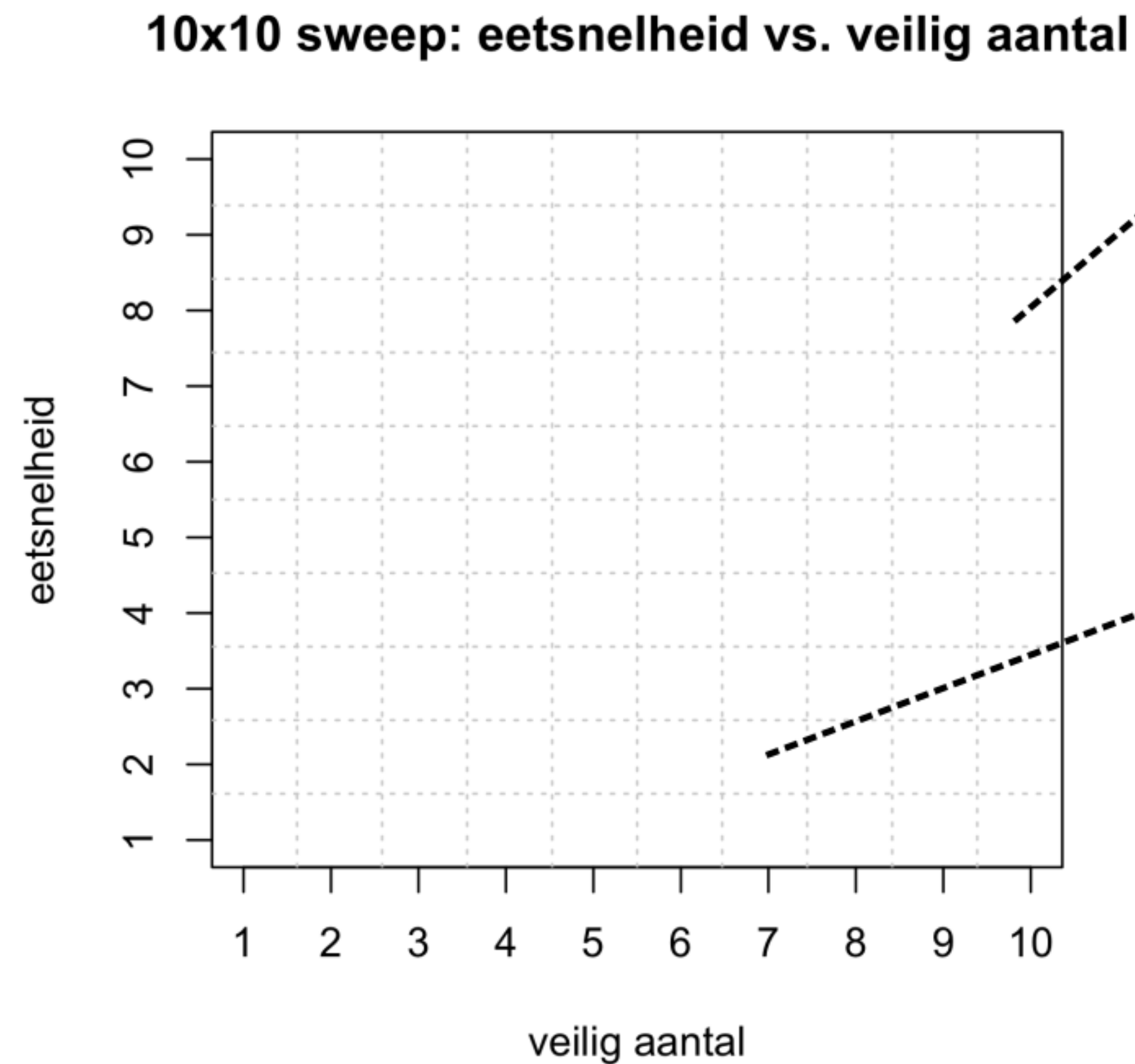
Gevonden fruit:



Aantal groepen:



Parametersweeps



Resultaten:

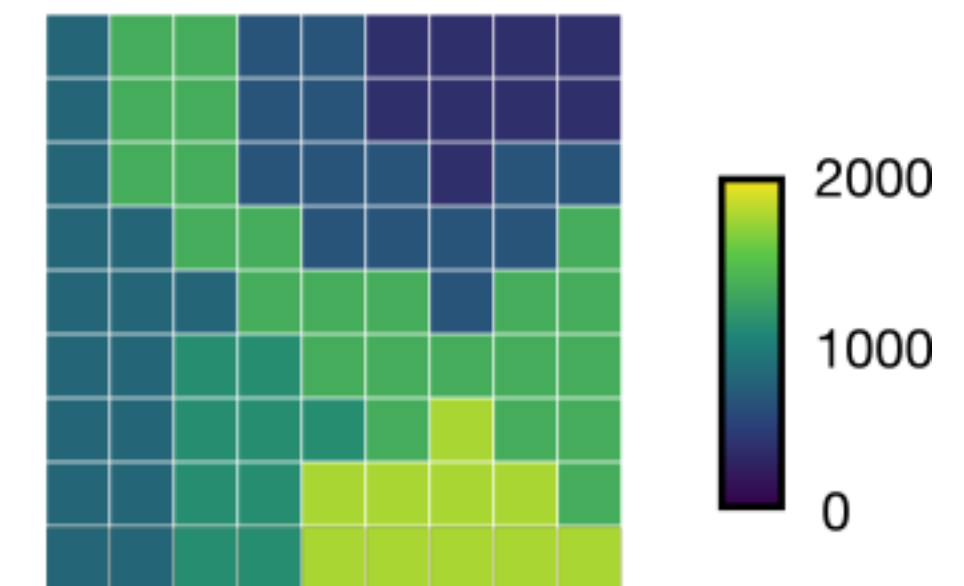
Gevonden fruit: 1039
Angst-niveau: 0.1
Aantal groepen: 2

Resultaten:

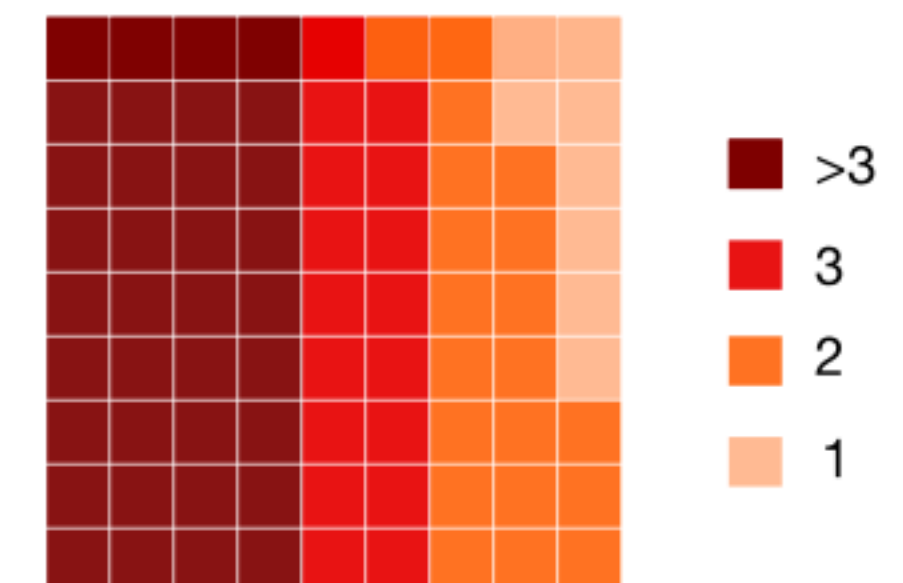
Gevonden fruit: 801
Angst-niveau: 0.05
Aantal groepen: 1

Visualisatie

Gevonden fruit:

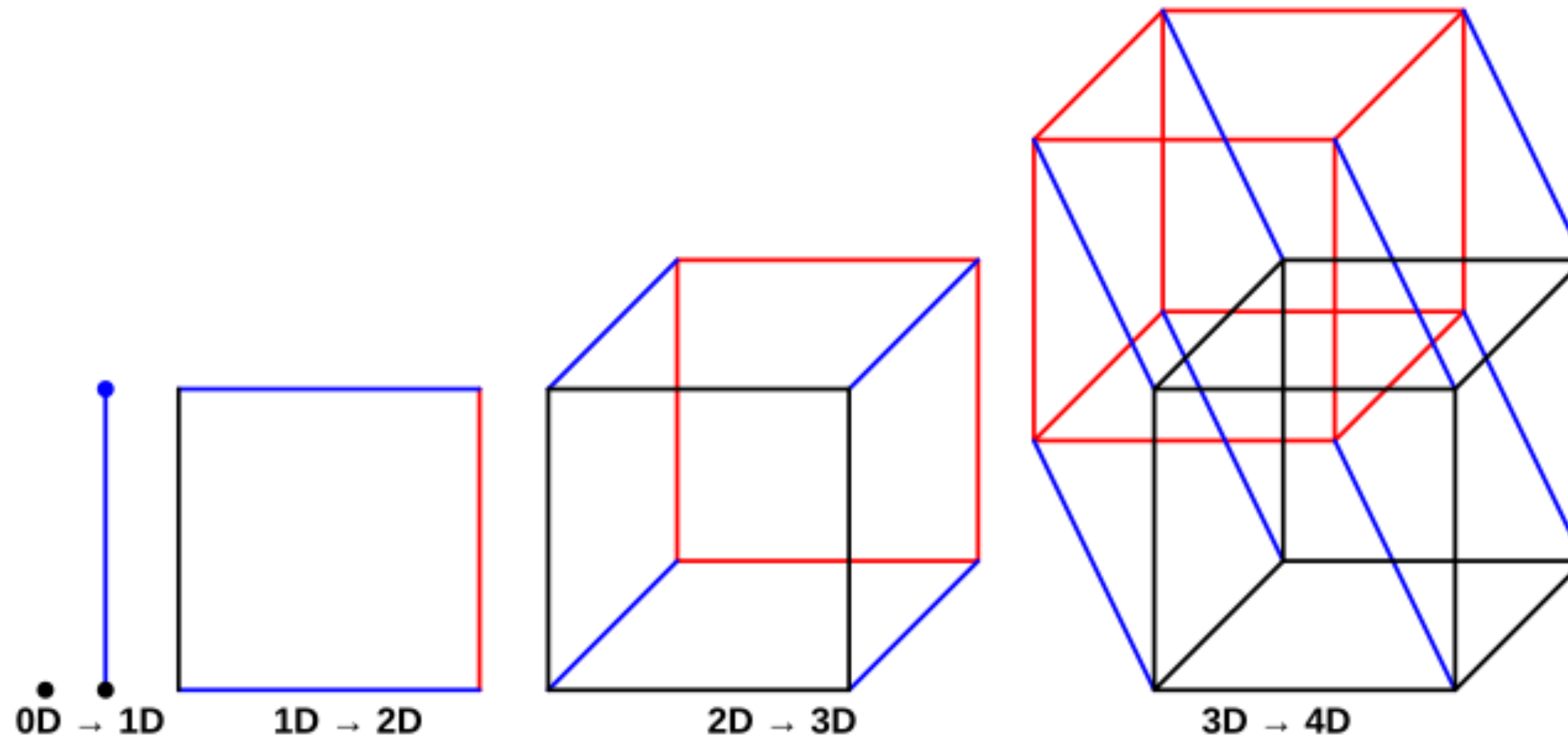


Aantal groepen:

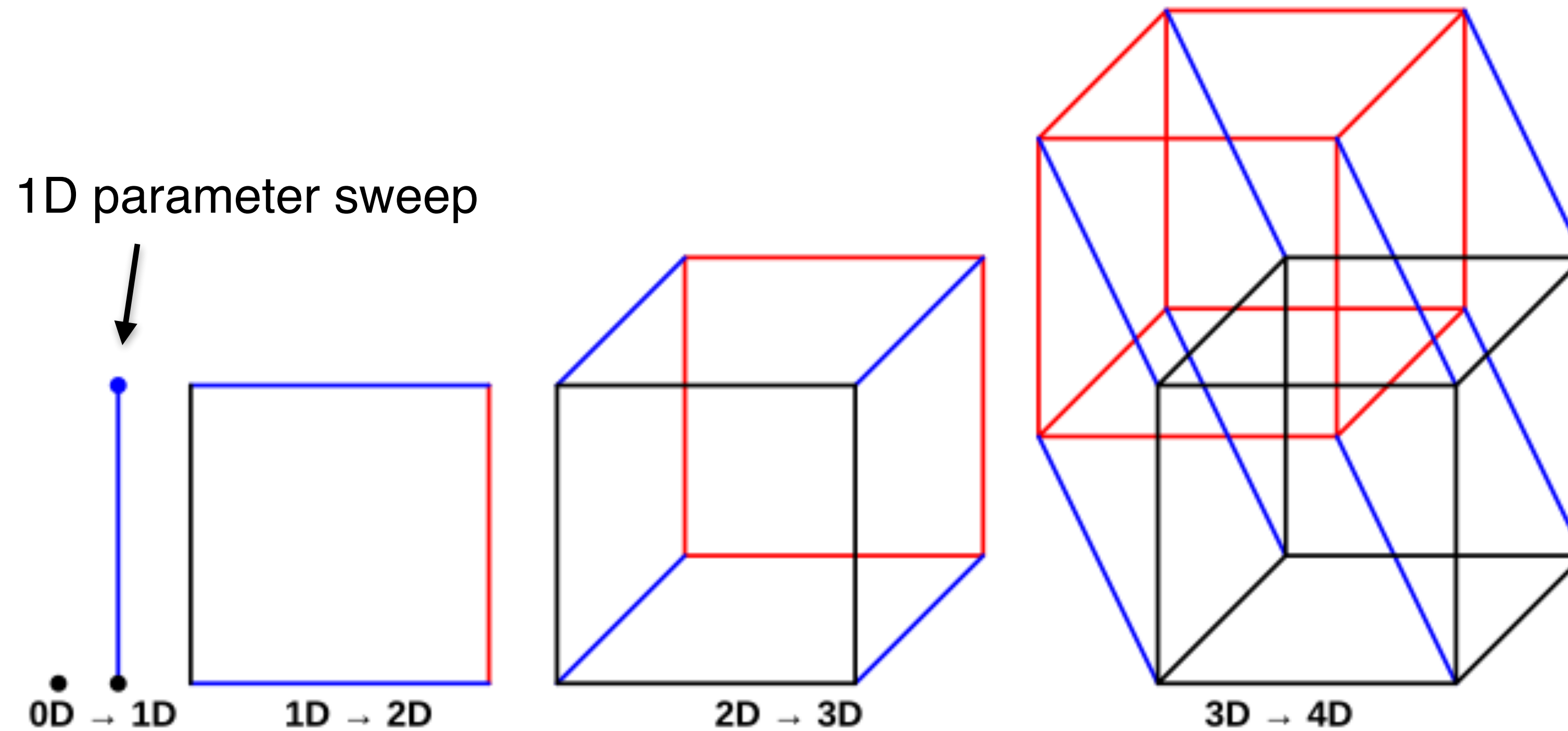


Leuk voor 2 parameters, maar voor 3 of 4 parameters...?

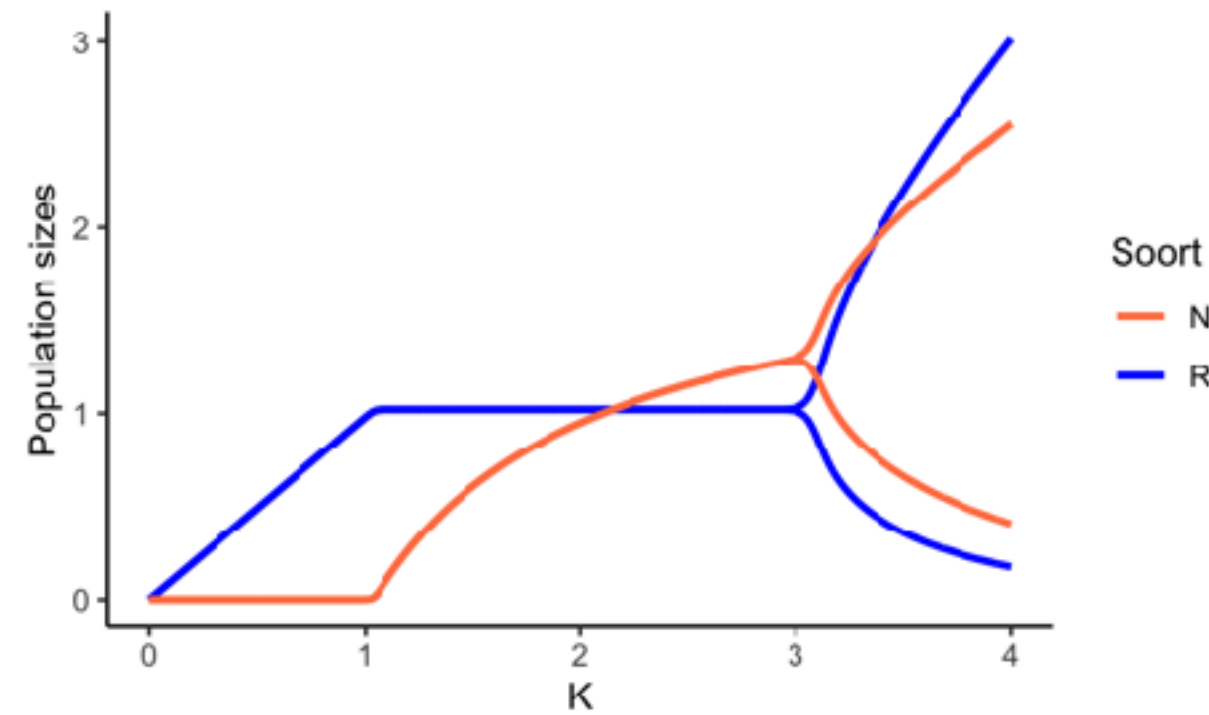
Parameter vloek



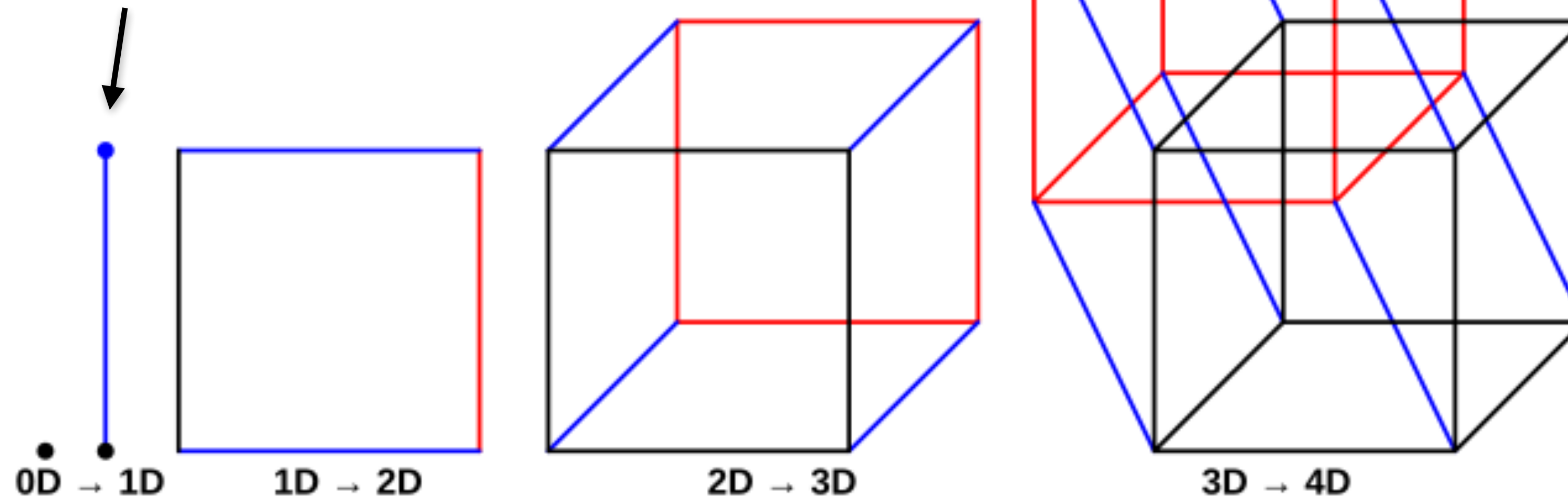
Parameter vloek



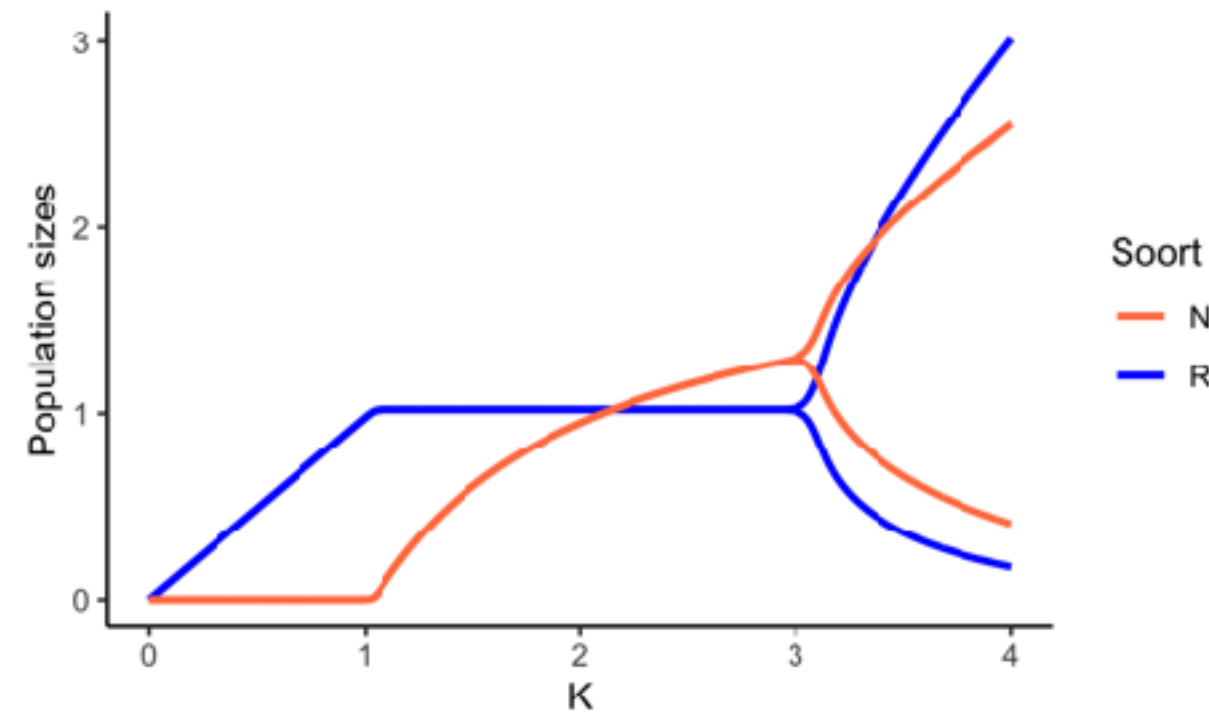
Parameter vloek



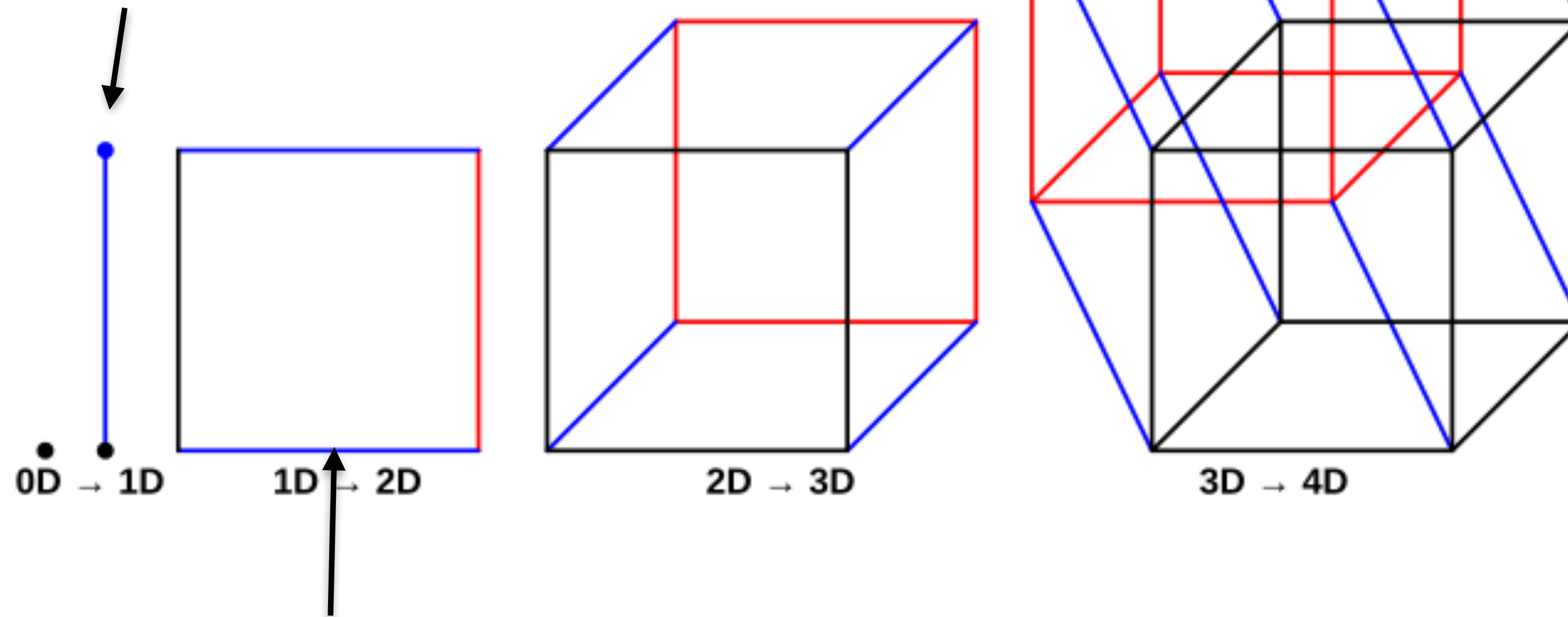
1D parameter sweep



Parameter vloek

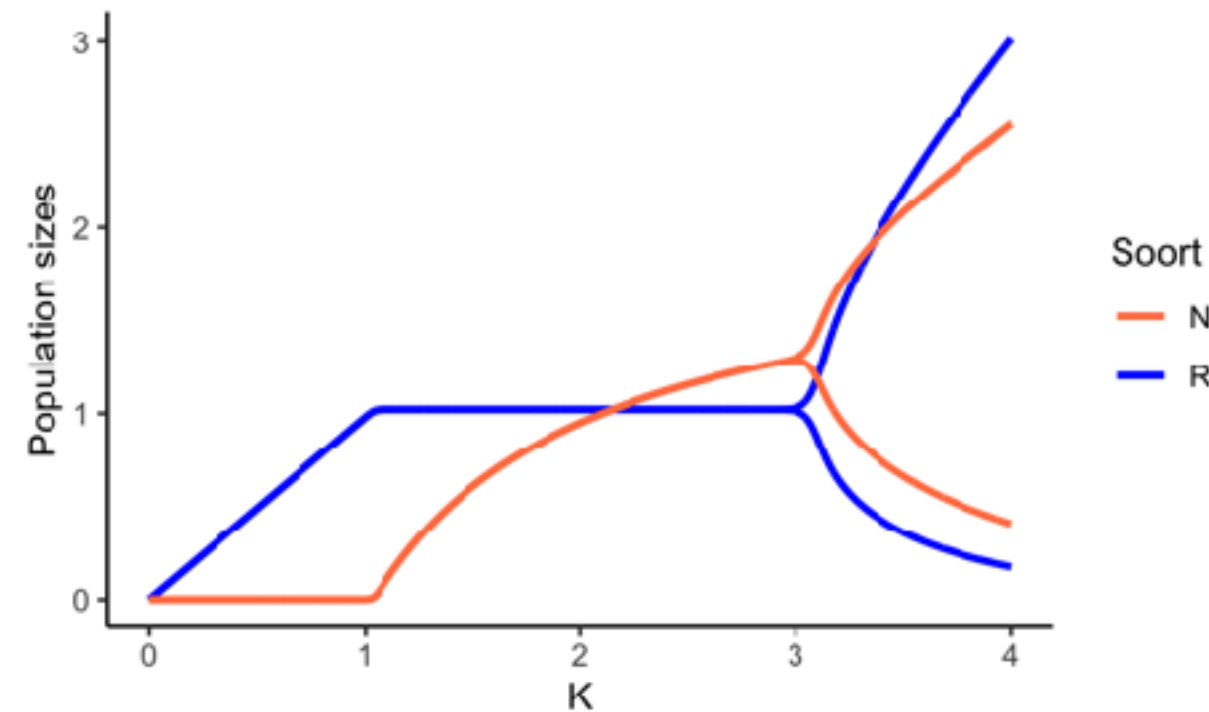


1D parameter sweep

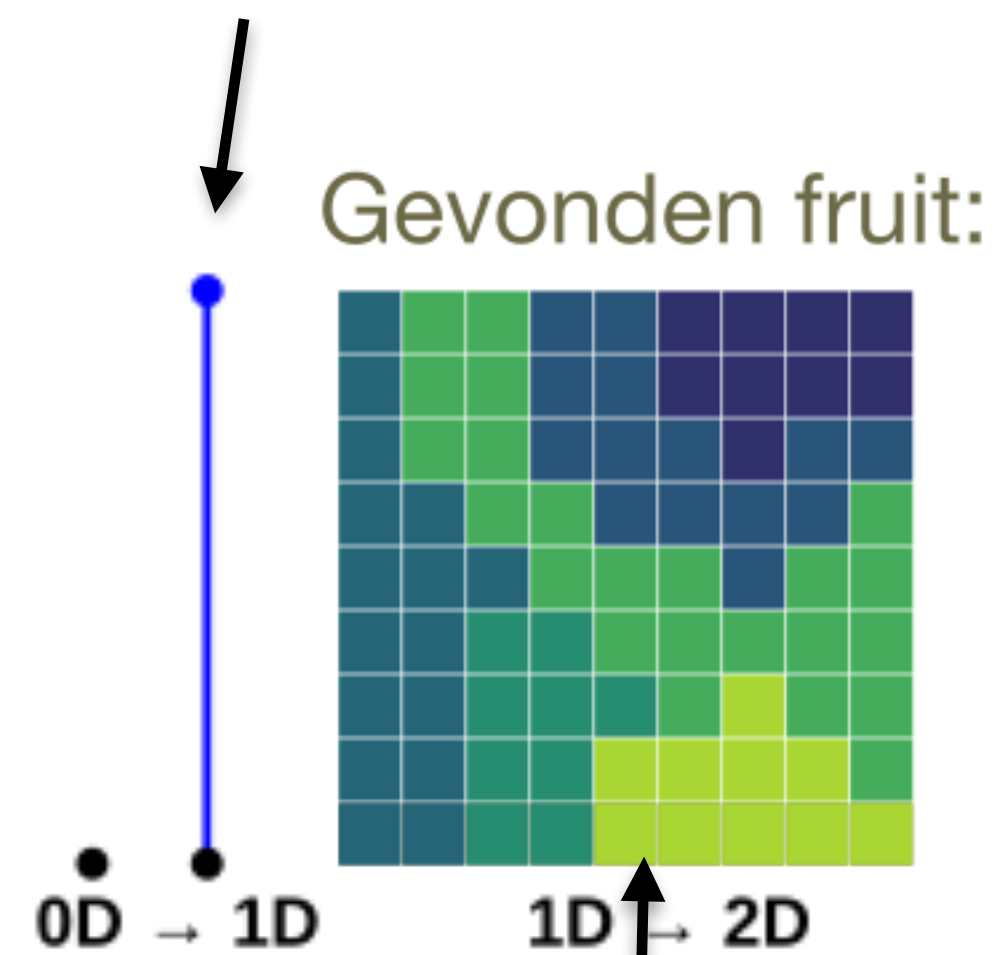


2D parameter sweep

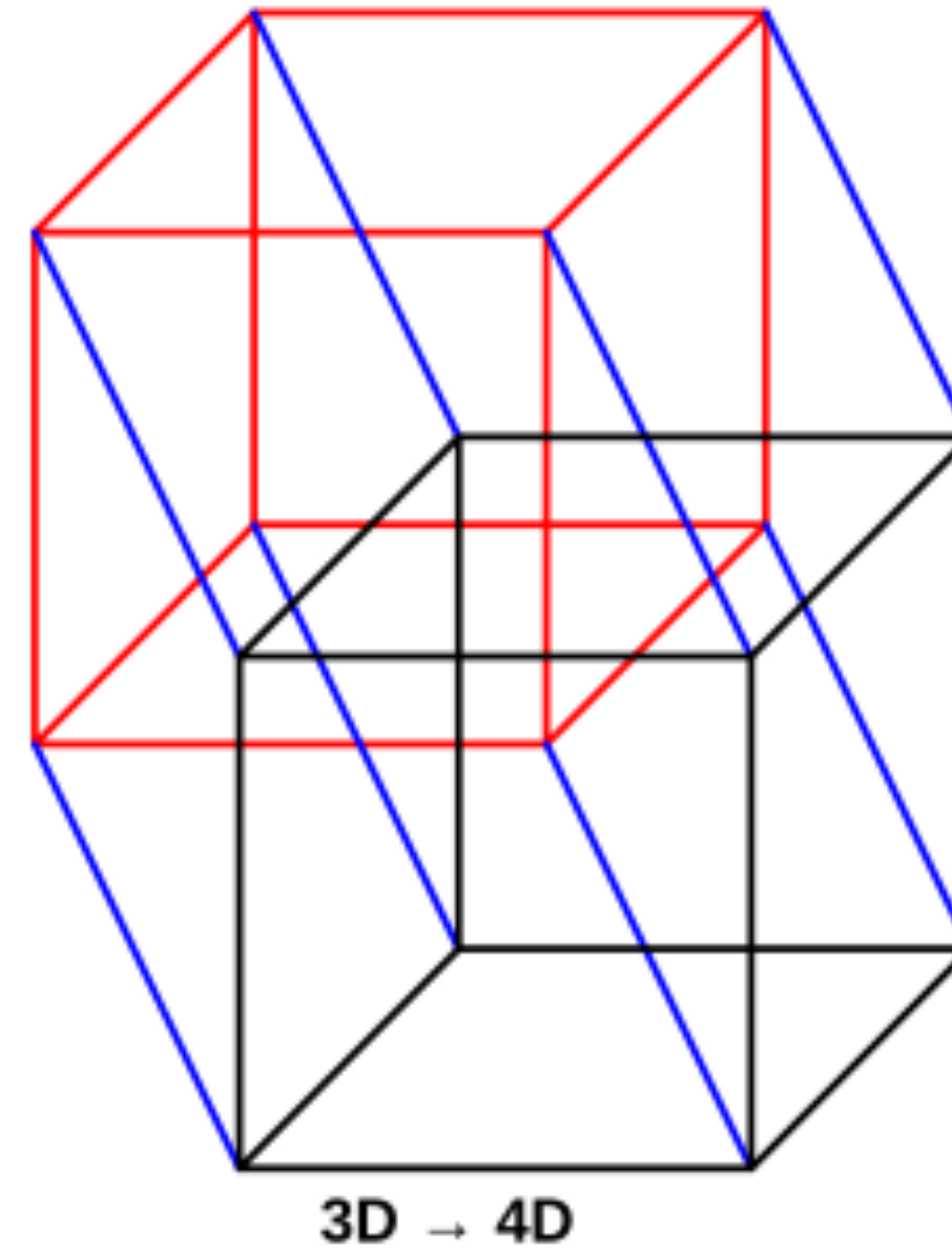
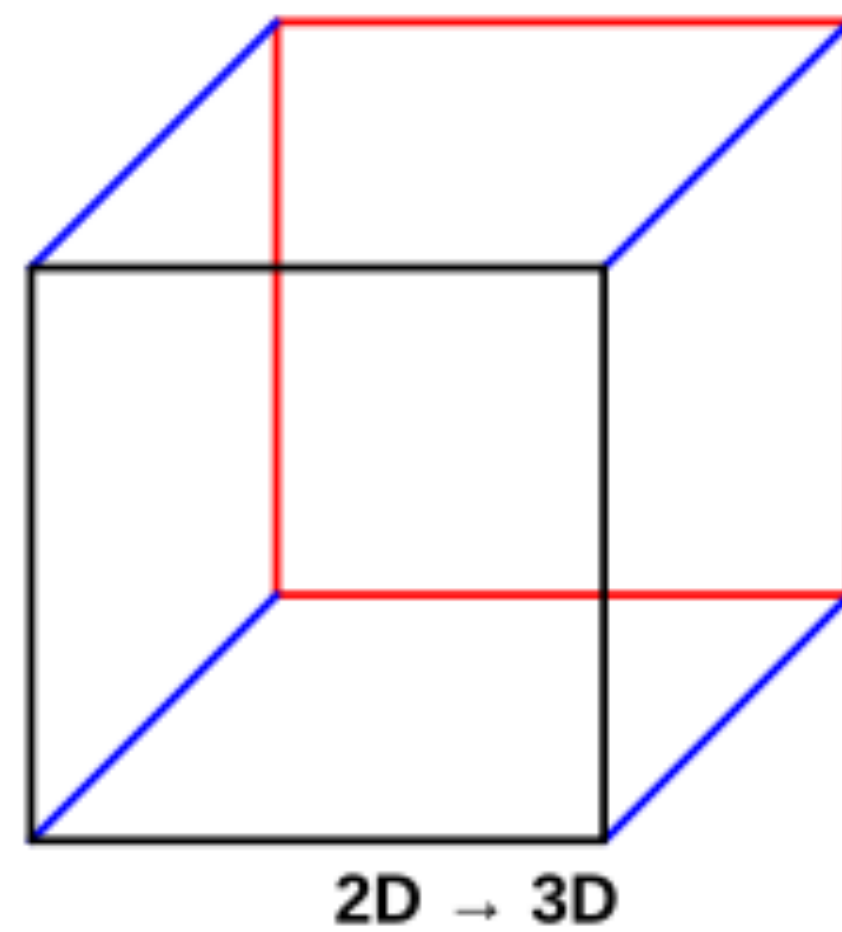
Parameter vloek



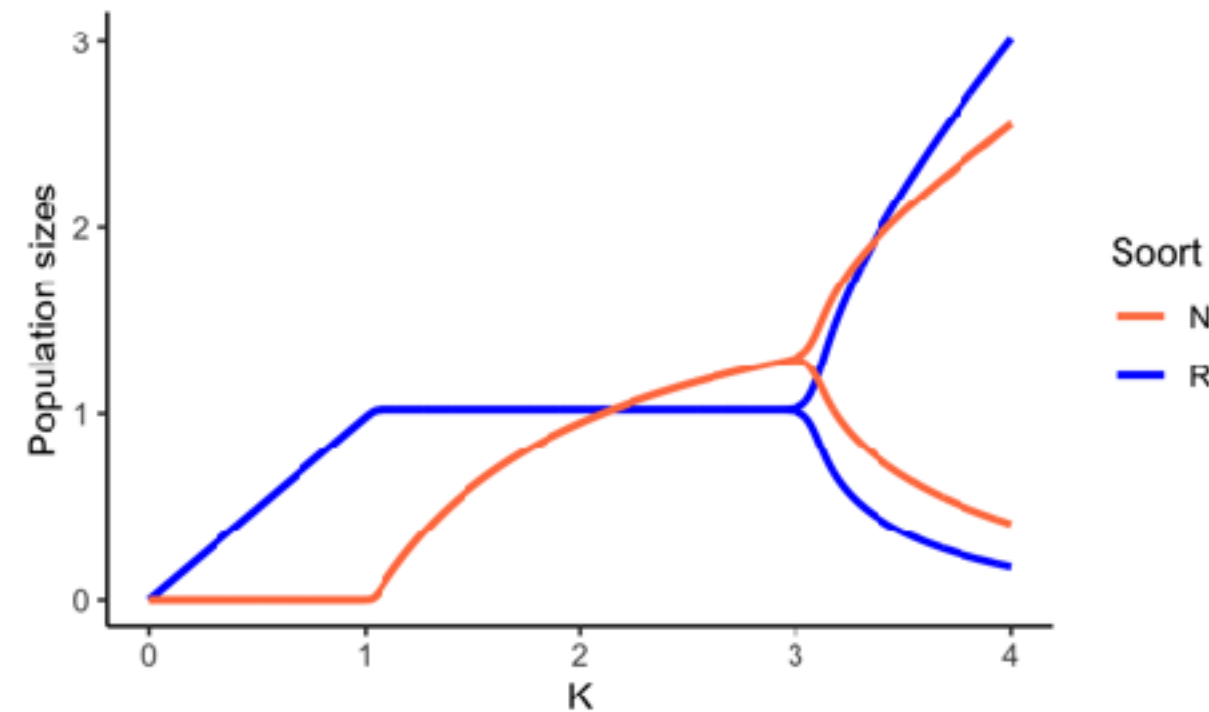
1D parameter sweep



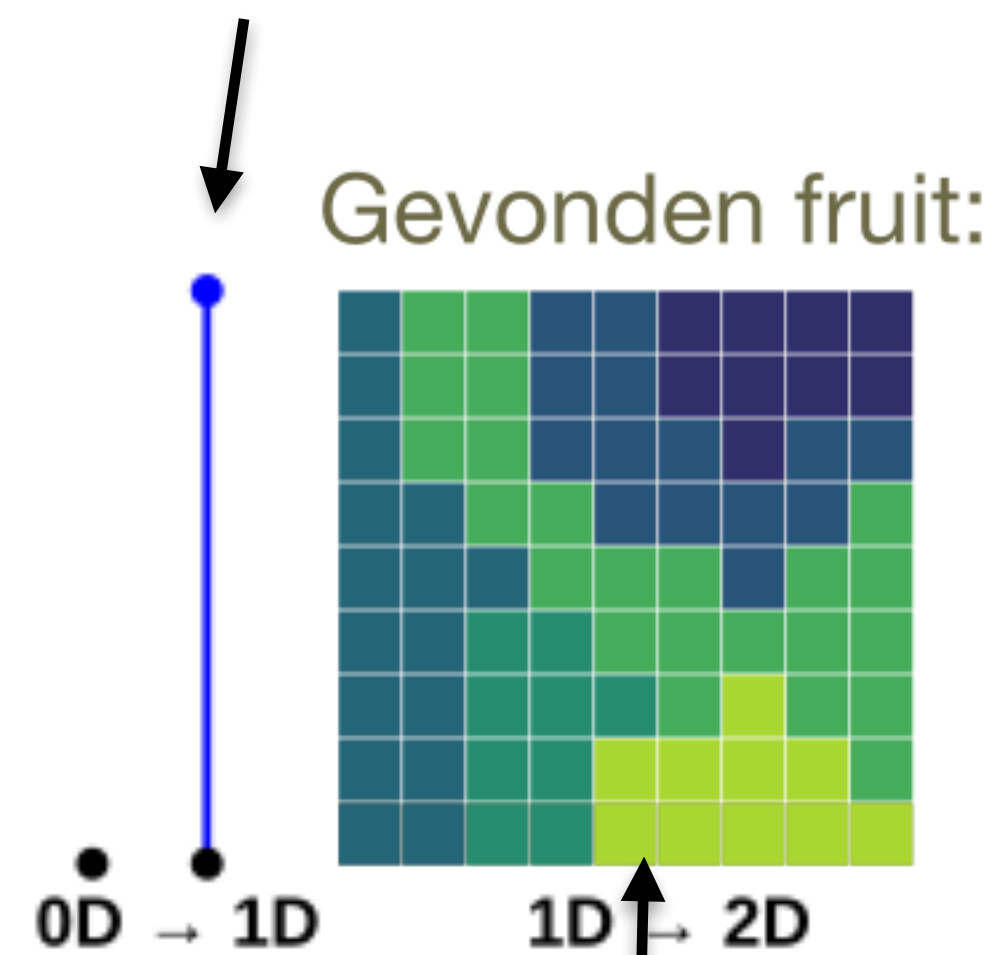
2D parameter sweep



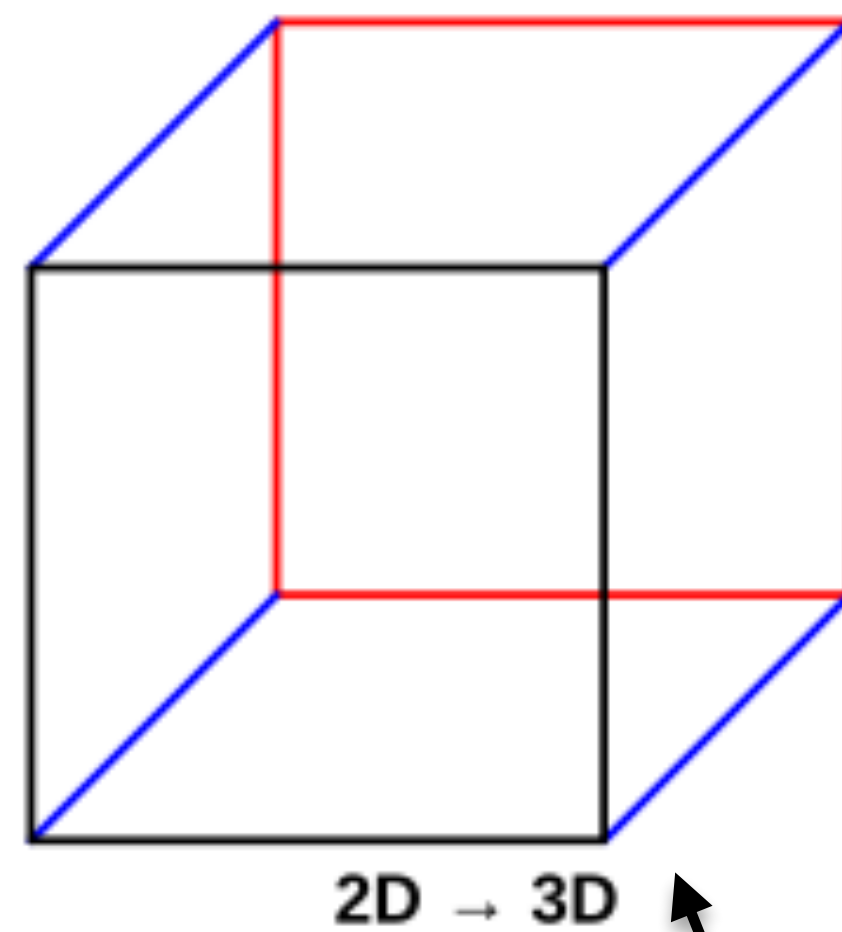
Parameter vloek



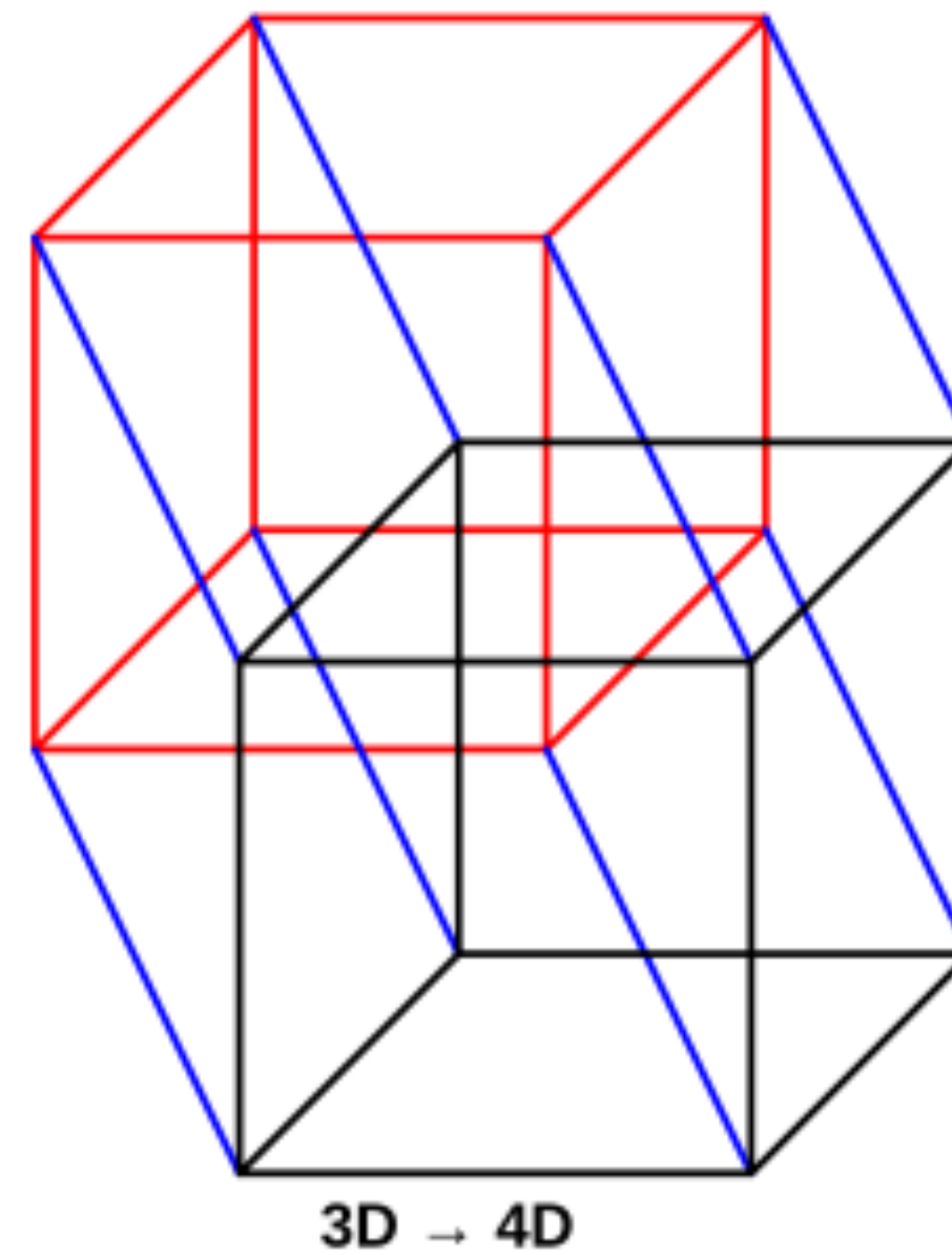
1D parameter sweep



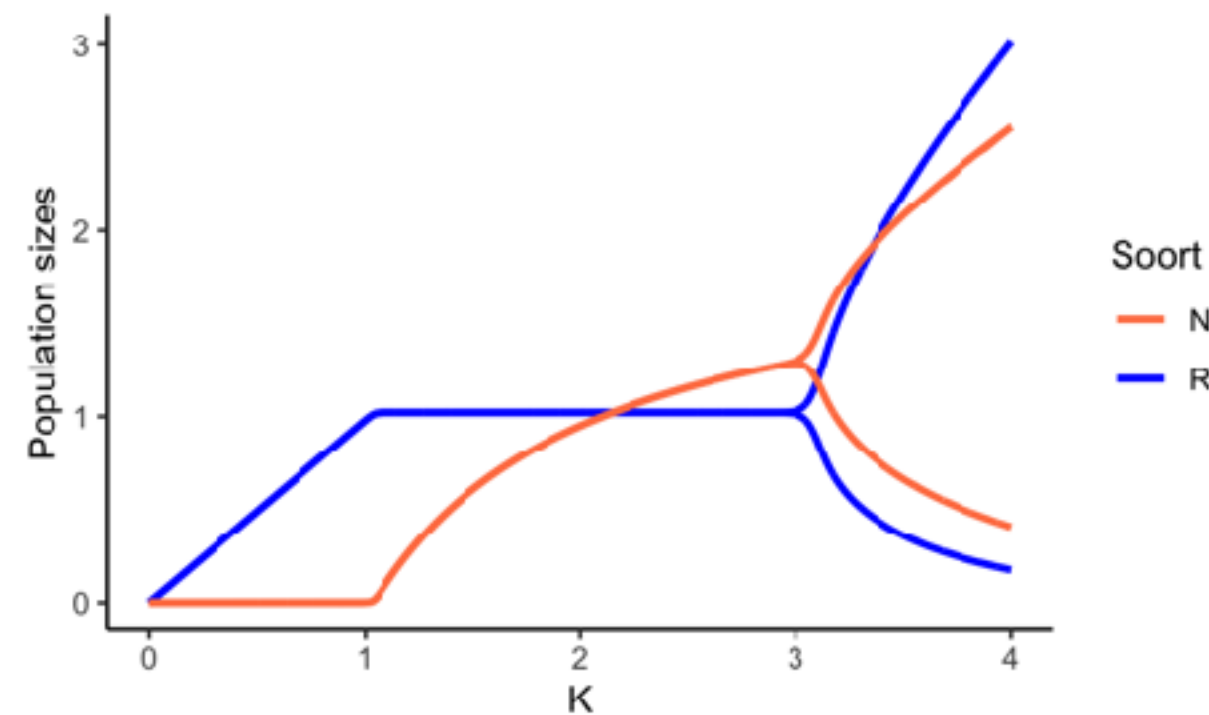
2D parameter sweep



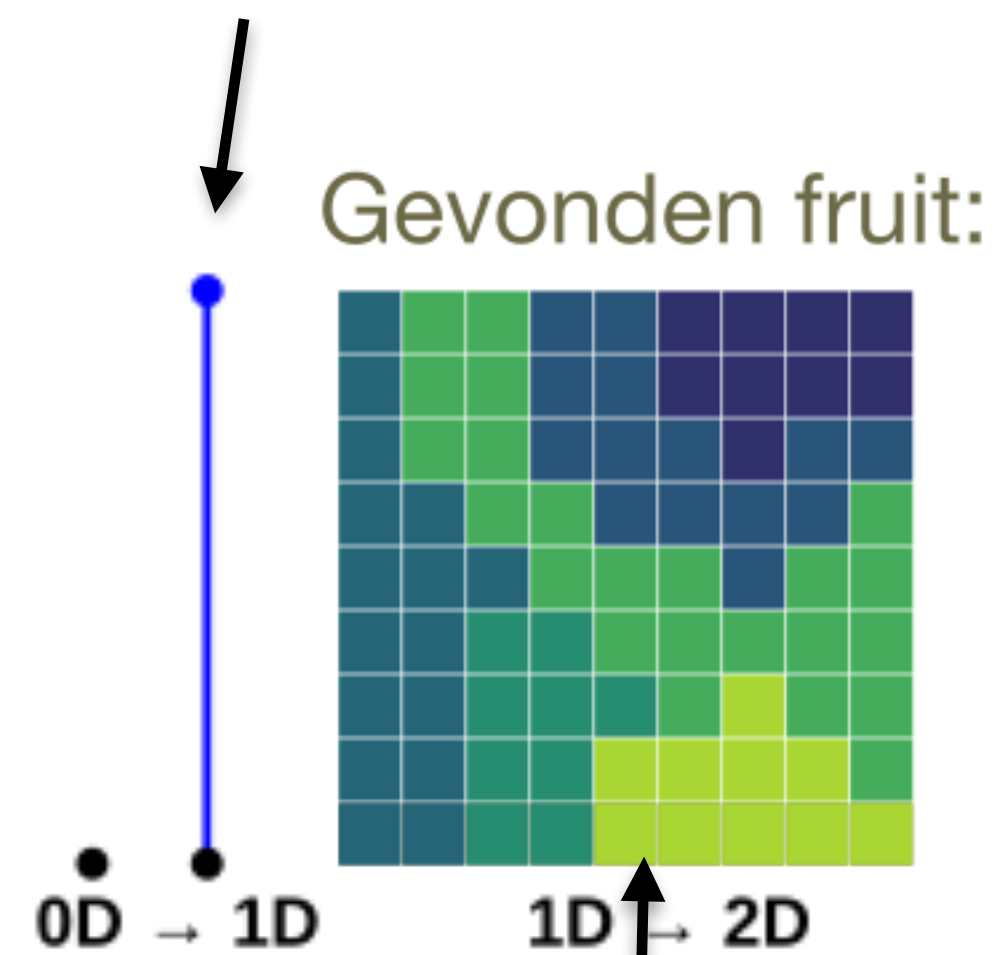
3D parameter sweep...



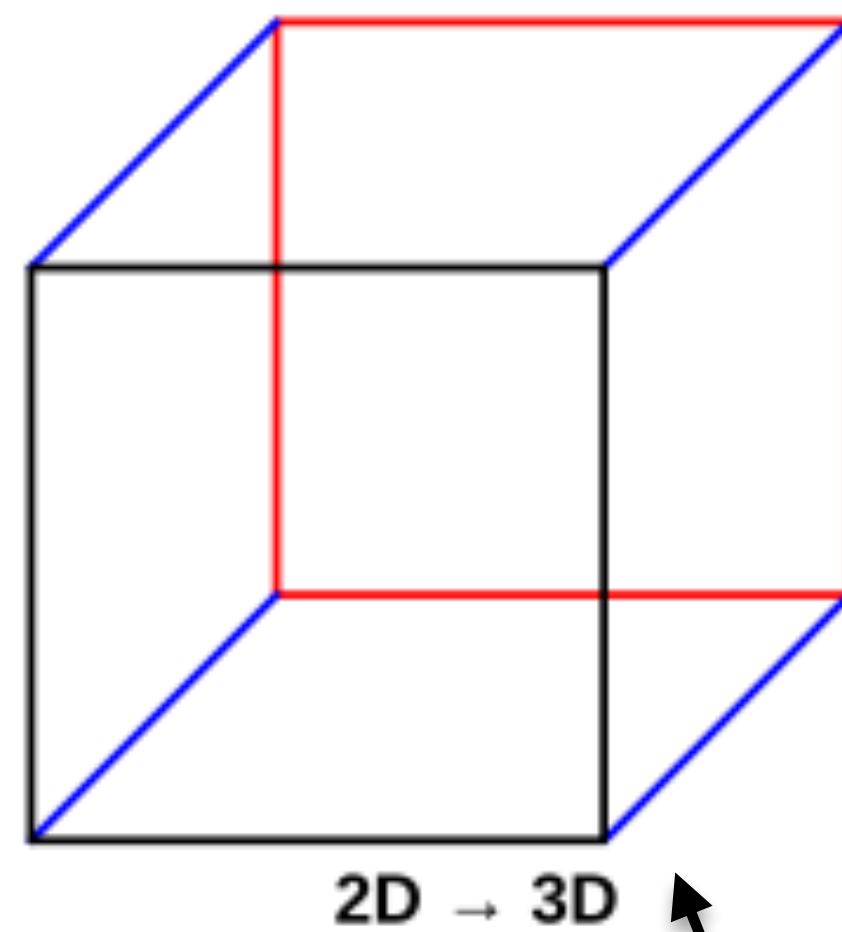
Parameter vloek



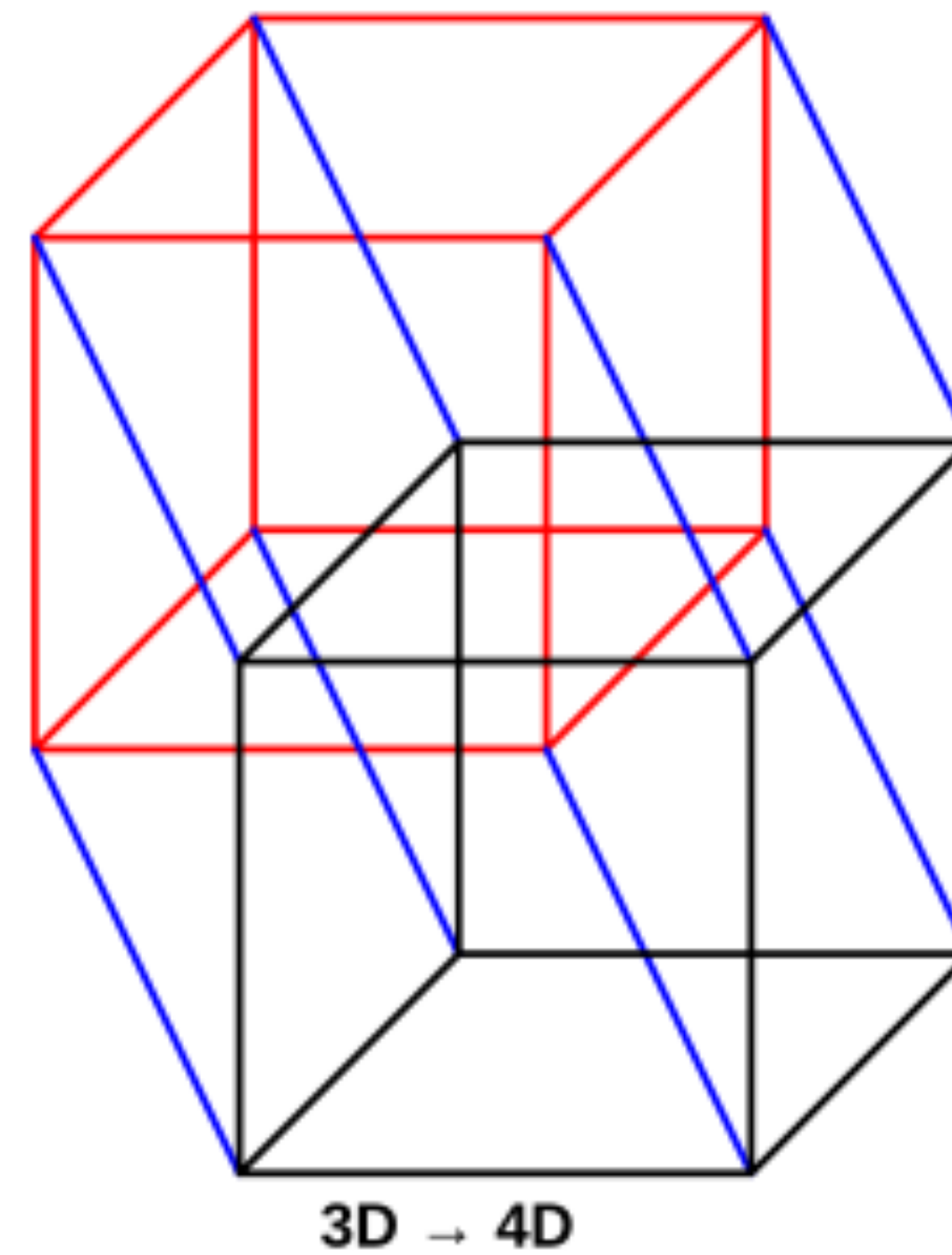
1D parameter sweep



2D parameter sweep

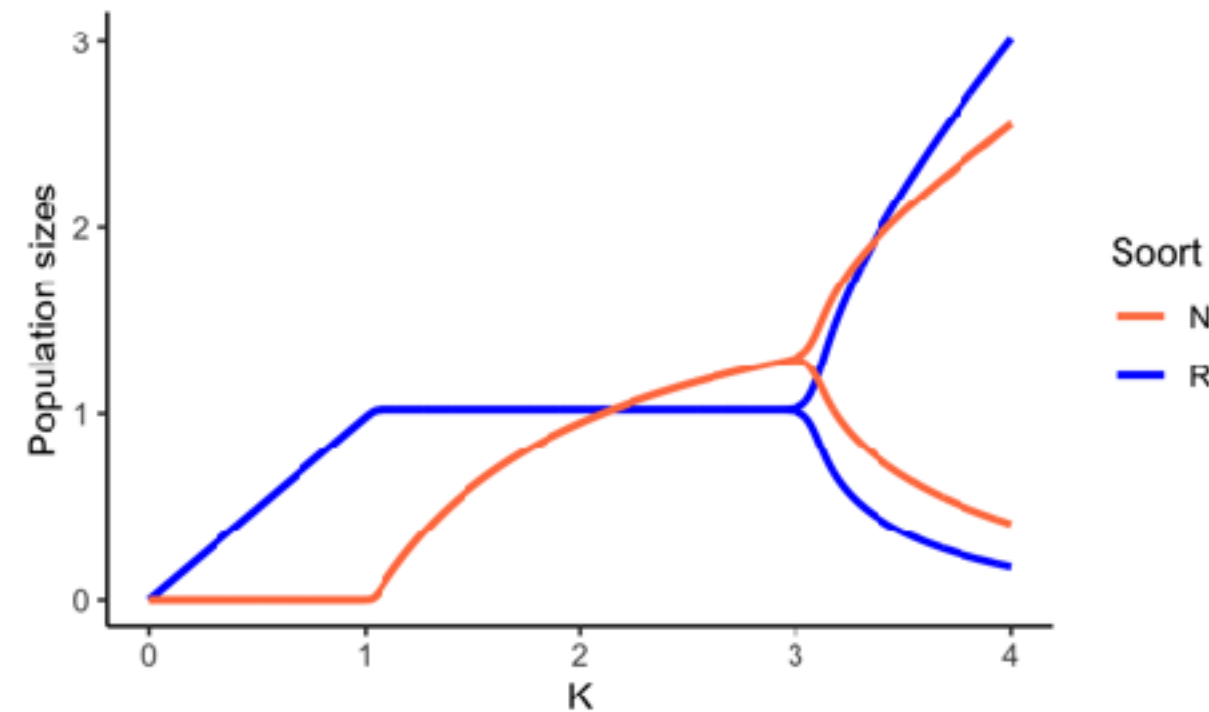


3D parameter sweep...

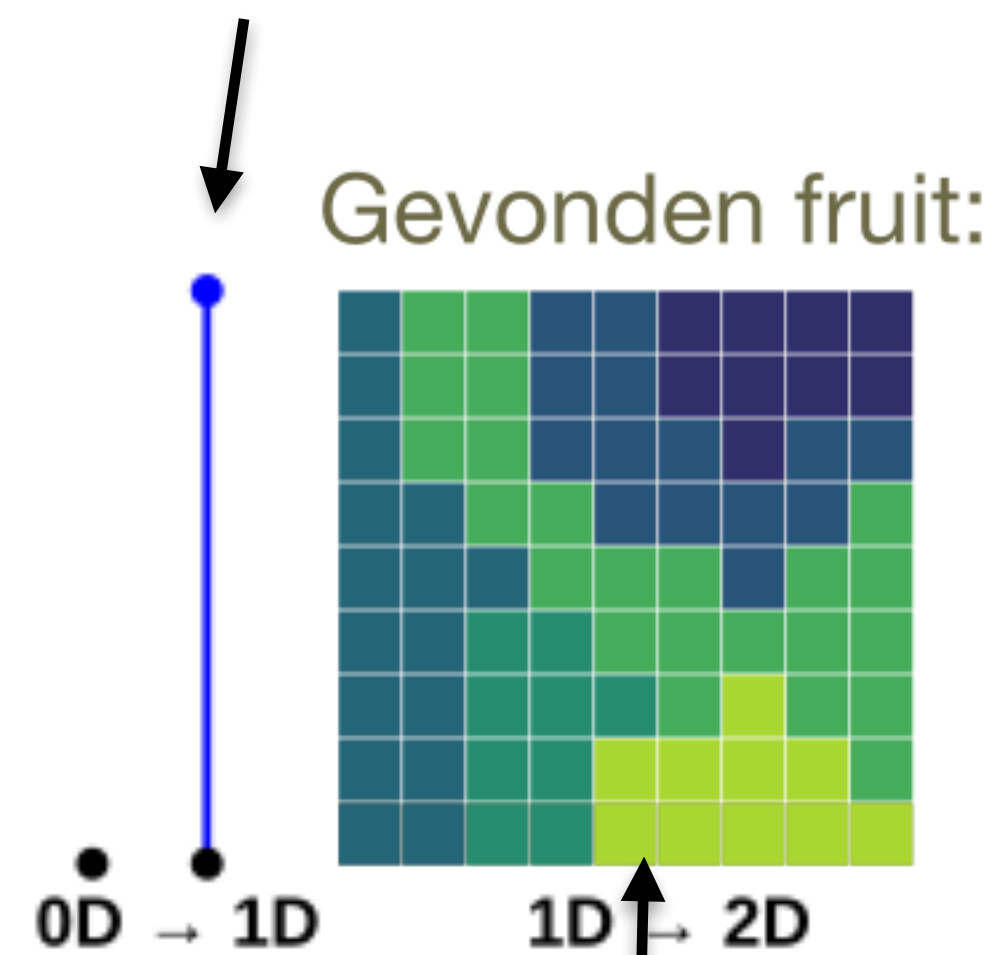


ehm...

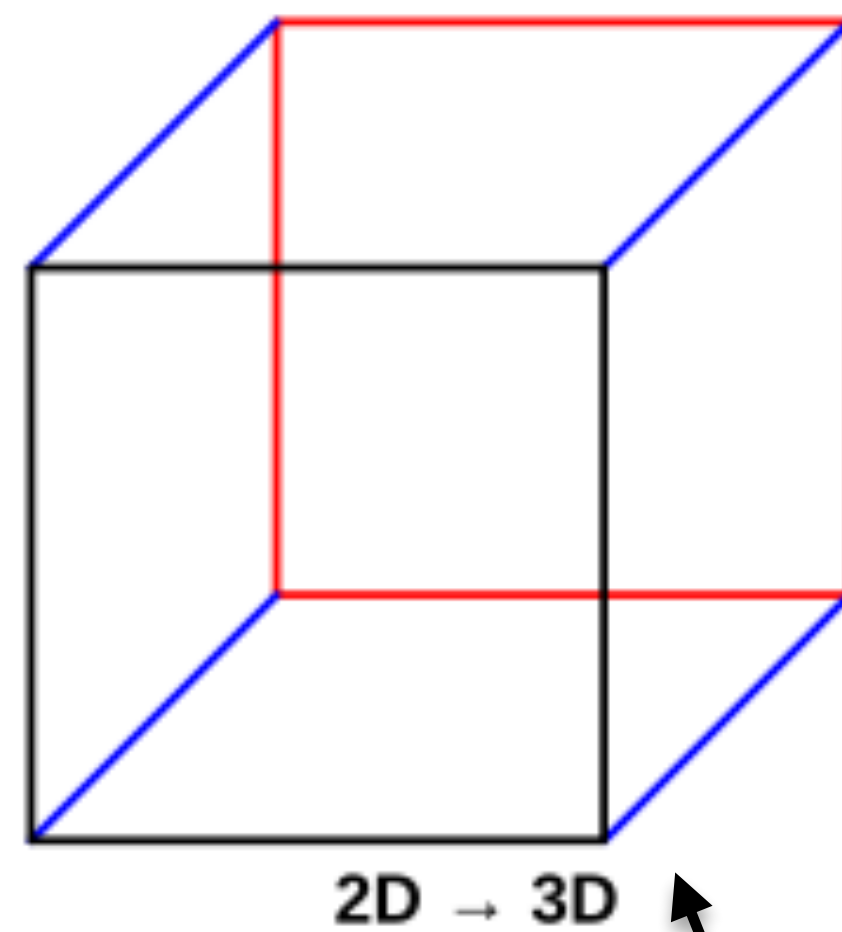
Parameter vloek



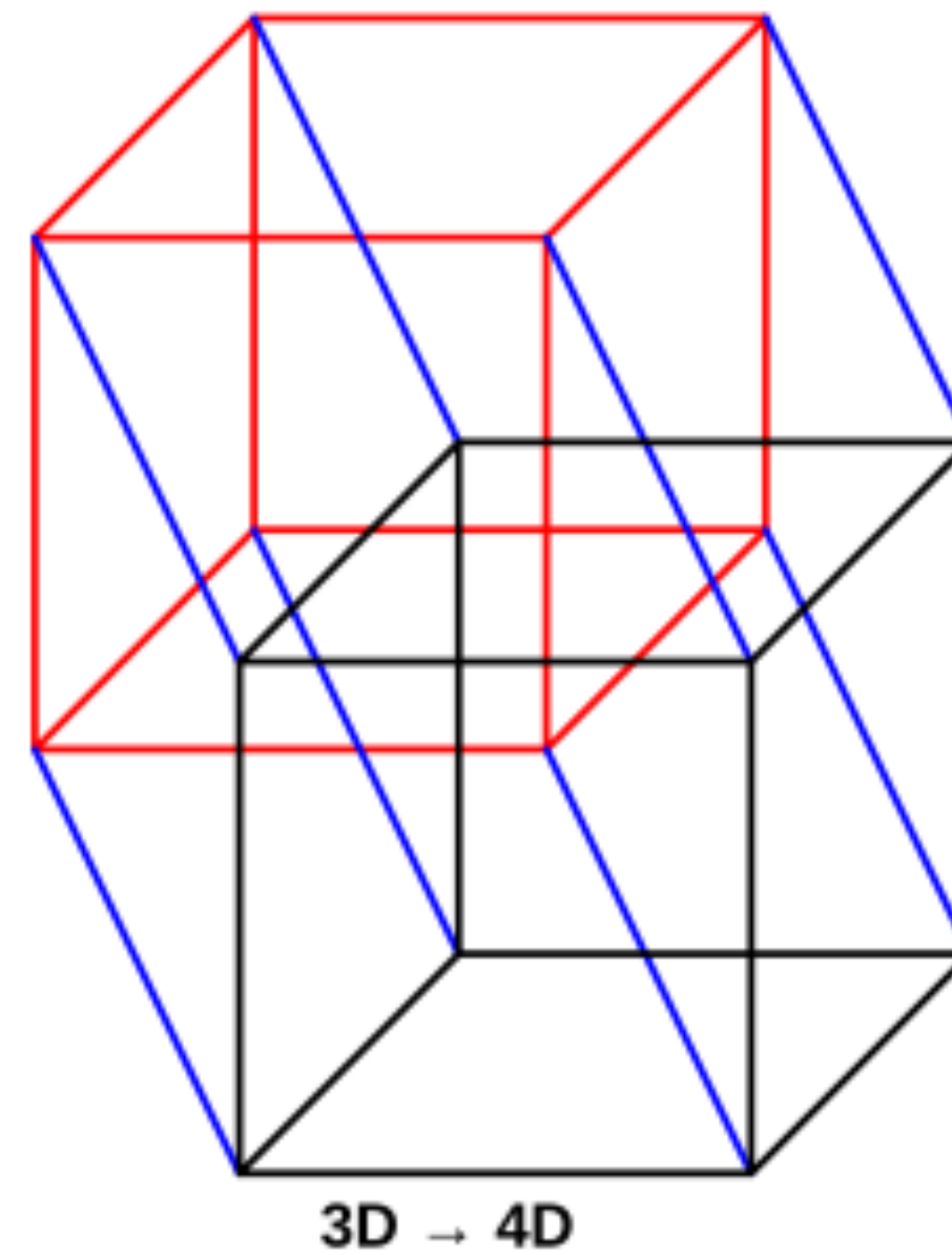
1D parameter sweep



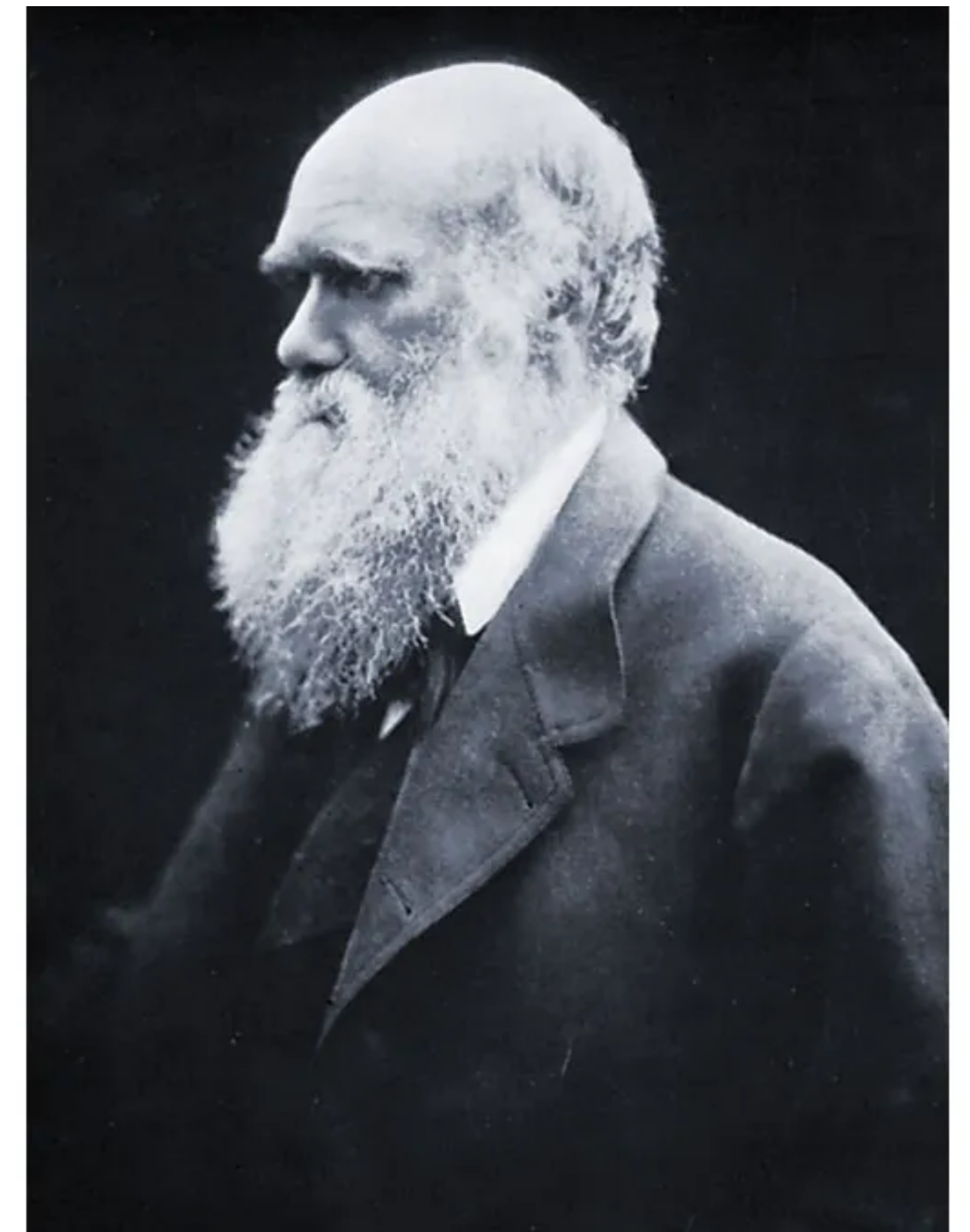
2D parameter sweep



3D parameter sweep...

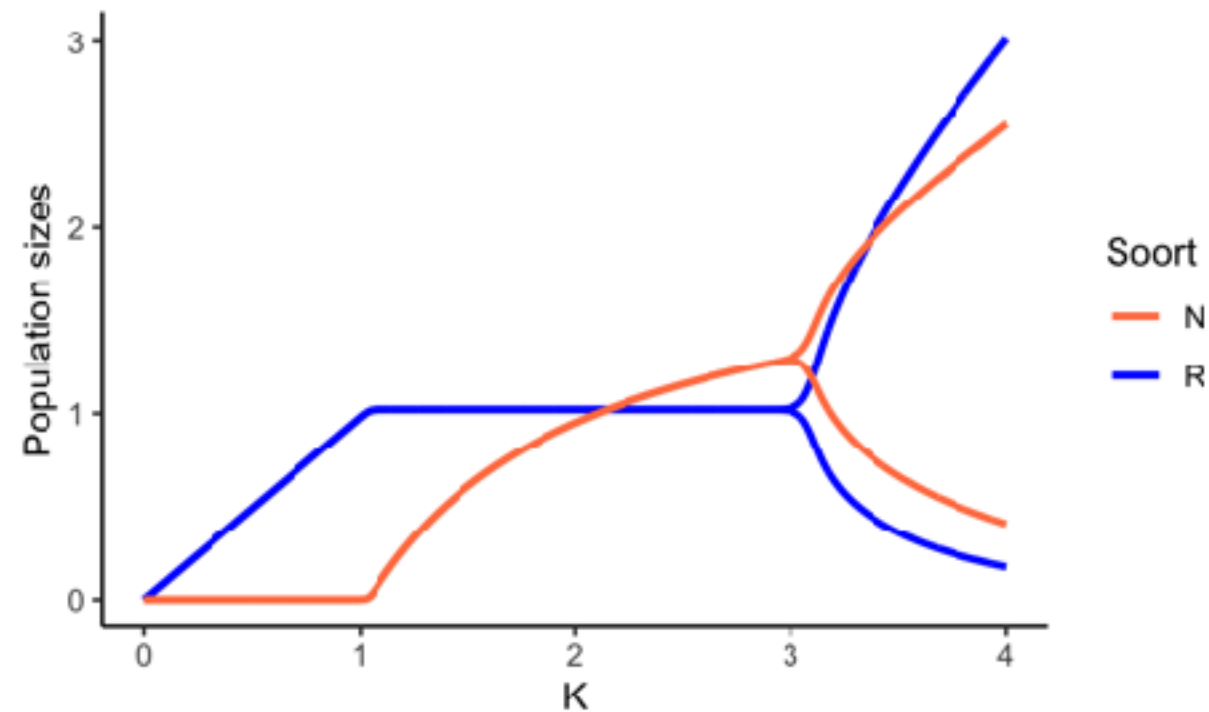


ehm...

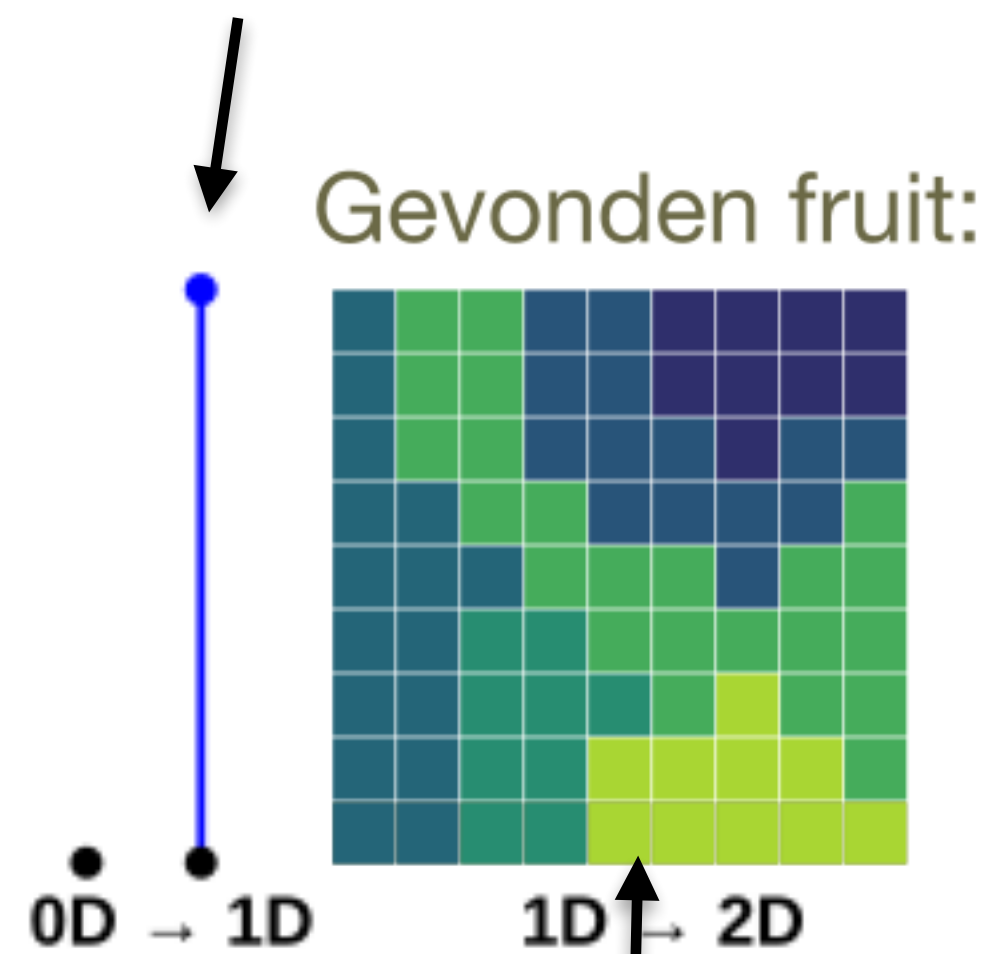


Parameter vloek

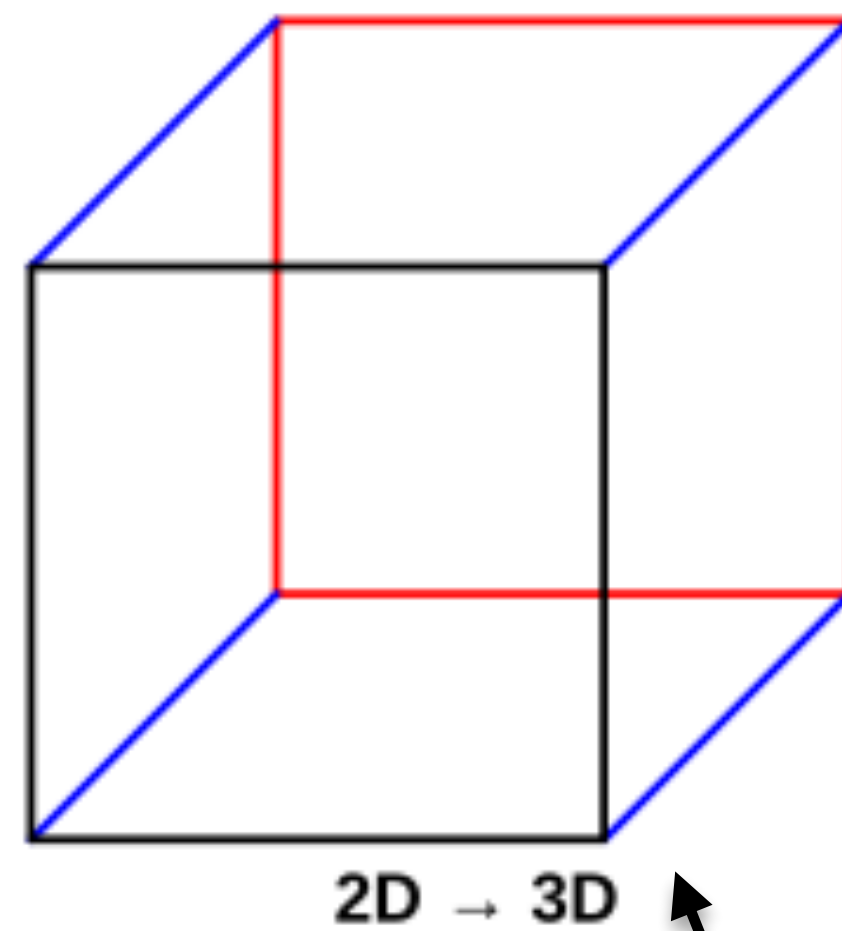
Ik kan je helpen!



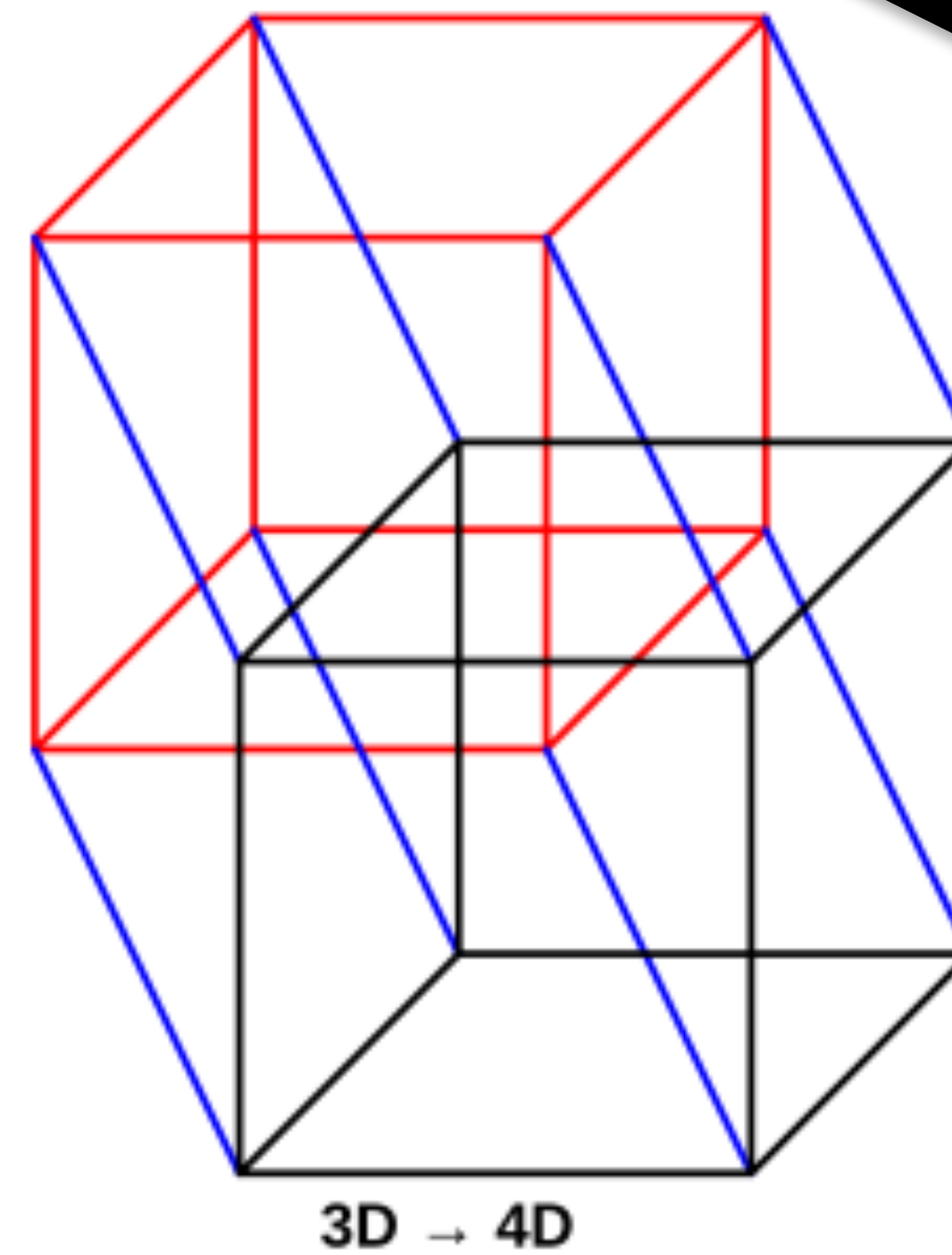
1D parameter sweep



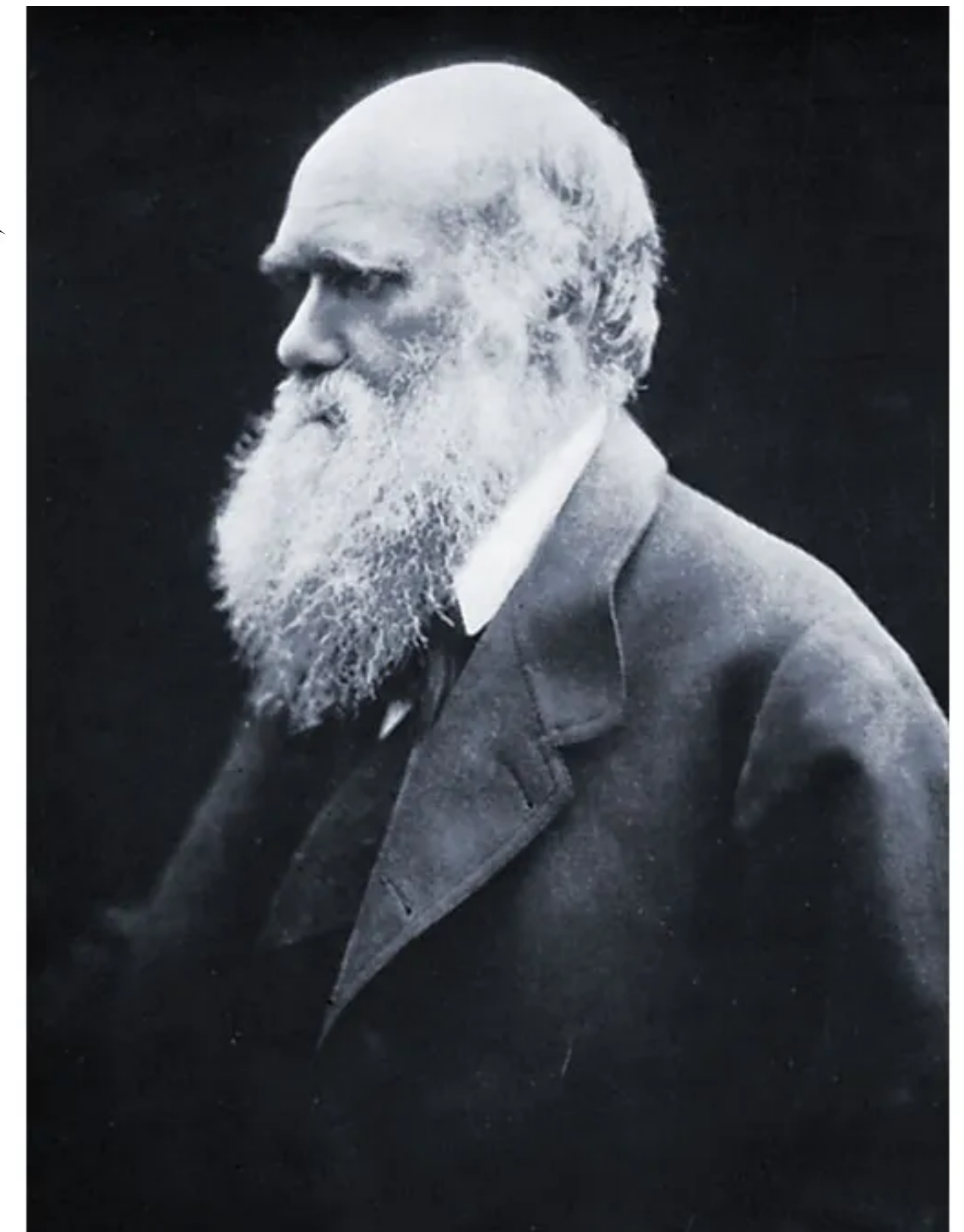
2D parameter sweep



3D parameter sweep...



ehm...





Evolutie is goed in oplossingen vinden!

Evolutie is goed in oplossingen vinden!



Modeling complex biological systems: Tackling the parameter curse through evolution

Paulien Hogeweg
Theoretical Biology & Bioinformatics Group,
Utrecht University, Utrecht, the Netherlands

May 5, 2021

Abstract

As we all know: “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution” (Dobzhansky [9]). Among the challenges of modeling complex biological systems is to determine the relevant parameters. Common practice is to extract parameters from the literature, or to determine them from ongoing experiments, or by collectively fitting the parameters to the experimental results the model tries to explain. Doing so ignores, or at least does not exploit, Dobzhansky’s wisdom. In this perspective paper we argue and demonstrate the importance of using evolutionary methods to derive relevant parameters. We show that by doing so we can debug experimental and modeling artifacts.

Evolutie is goed in oplossingen vinden!



Modeling complex biological systems: Tackling the parameter curse through evolution

Paulien Hogeweg
Theoretical Biology & Bioinformatics Group,
Utrecht University, Utrecht, the Netherlands

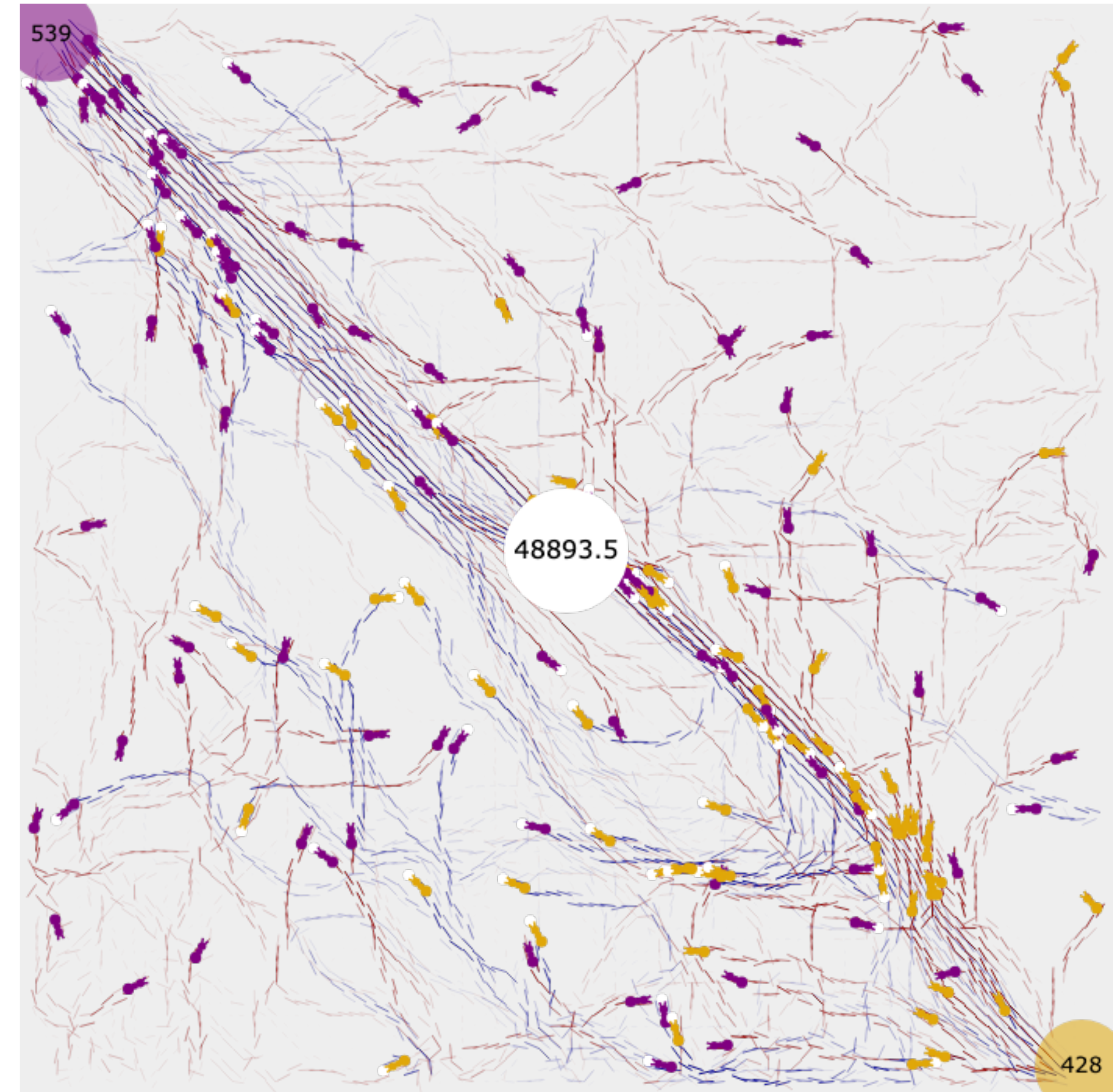
May 5, 2021

Abstract

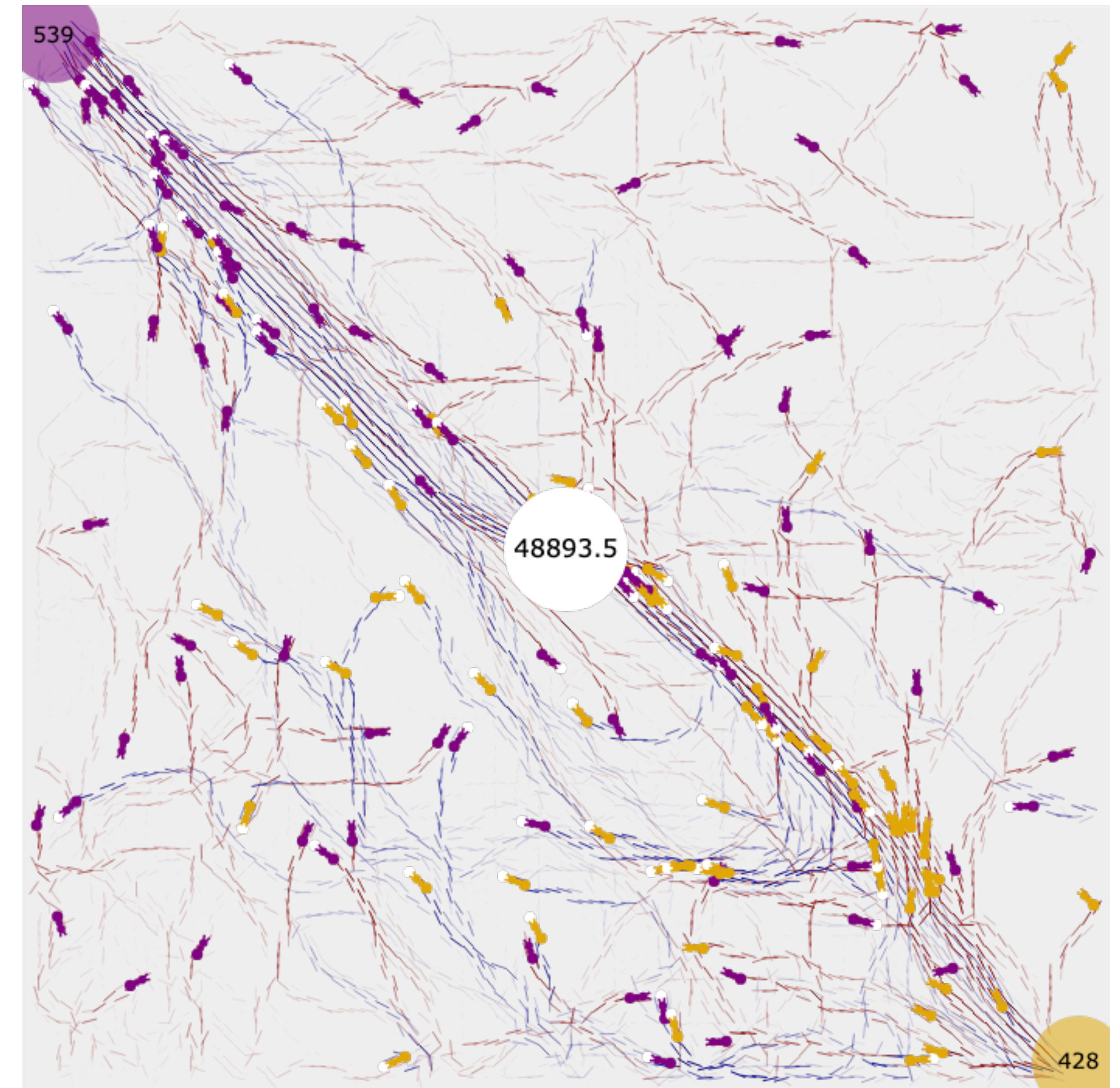
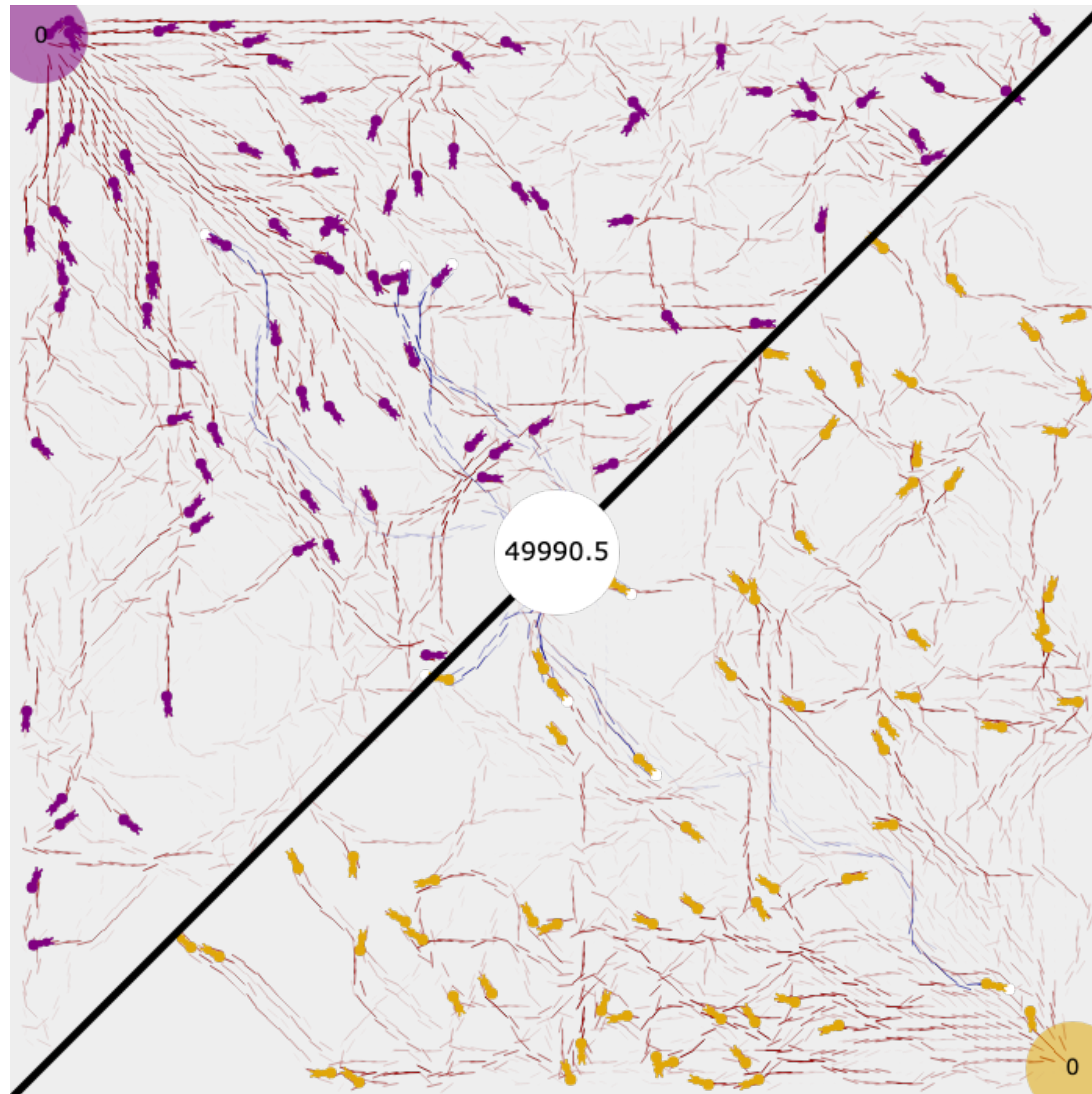
As we all know: “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution” (Dobzhansky [9]). Among the challenges of modeling complex biological systems is to determine the relevant parameters. Common practice is to extract parameters from the literature, or to determine them from ongoing experiments, or by collectively fitting the parameters to the experimental results the model tries to explain. Doing so ignores, or at least does not exploit, Dobzhansky’s wisdom. In this perspective paper we argue and demonstrate the importance of using evolutionary methods to derive relevant parameters. We show

Maak de parameters evolueerbaar, want evolutie zal je verrassen!

Zelf inschatten wat werkt is nog lang zo makkelijk niet...



Bovendien: 1 vs 1 is niet “echte” evolutie



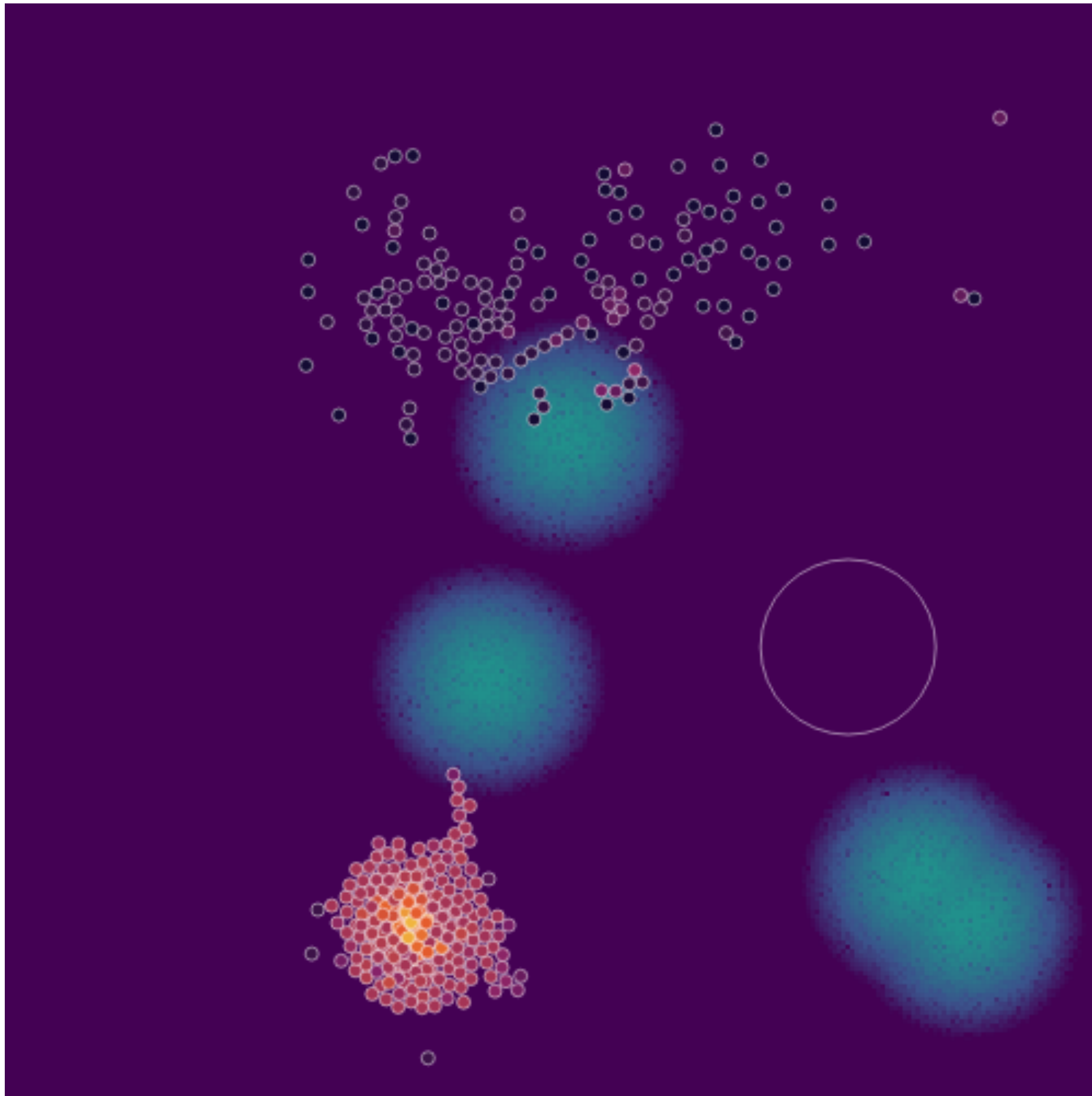
Kan dat dan wel, “echte” evolutie in de computer?

Kan dat dan wel, “echte” evolutie in de computer?

Natuurlijk! De biologie zou je “nep” kunnen noemen, maar de evolutie niet!

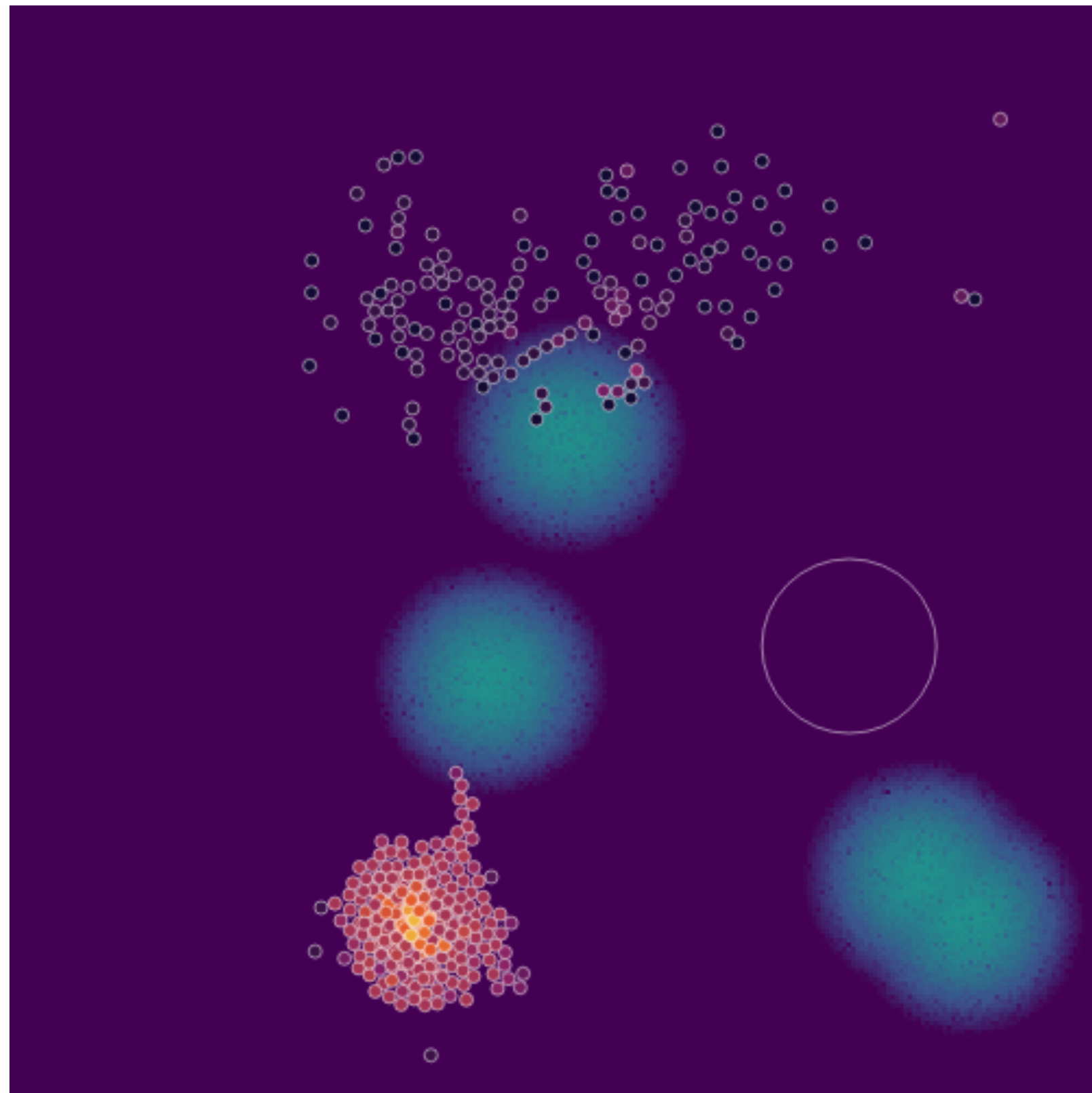
Kan dat dan wel, “echte” evolutie in de computer?

Natuurlijk! De biologie zou je “nep” kunnen noemen, maar de evolutie niet!

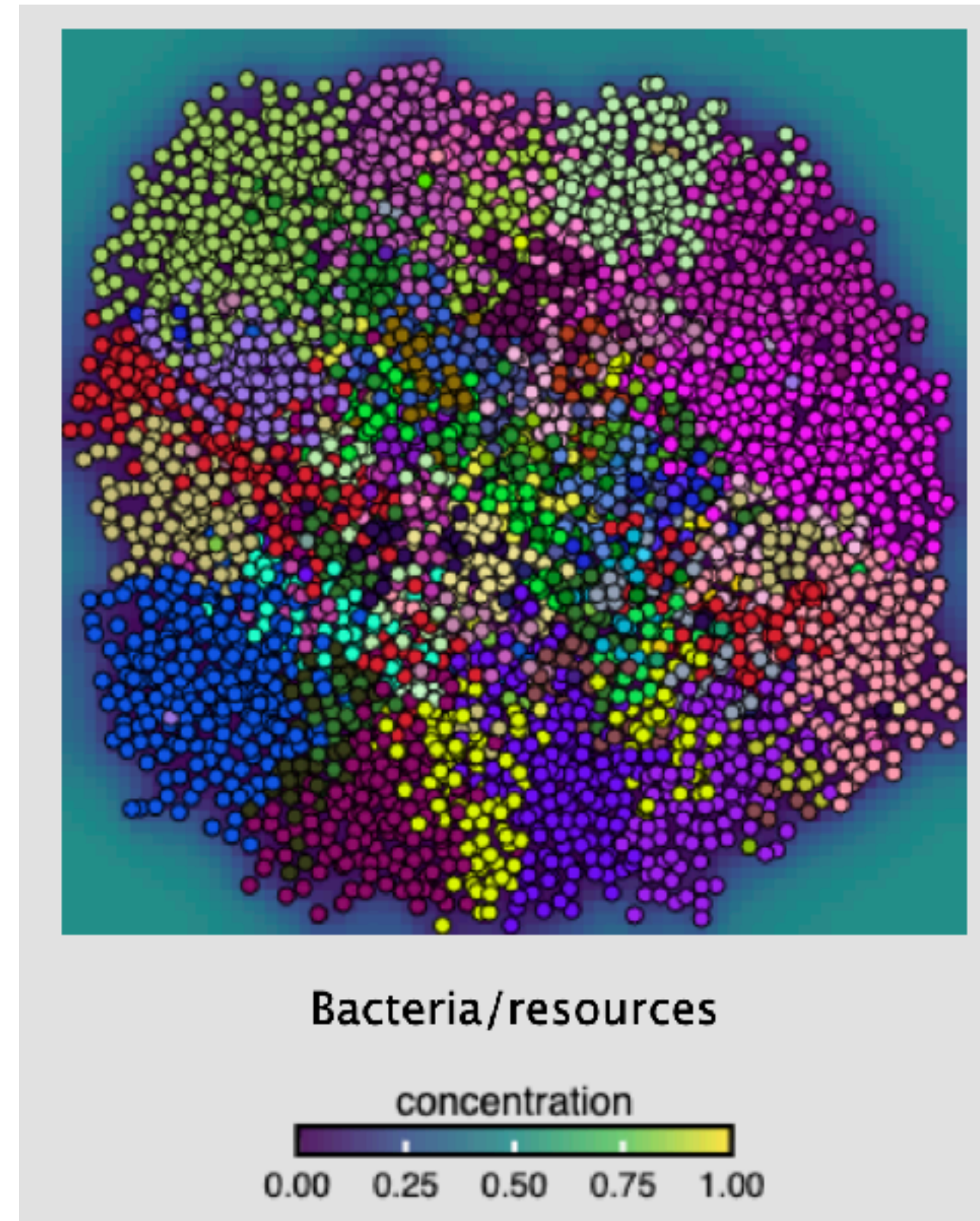


Kan dat dan wel, “echte” evolutie in de computer?

Natuurlijk! De biologie zou je “nep” kunnen noemen, maar de evolutie niet!



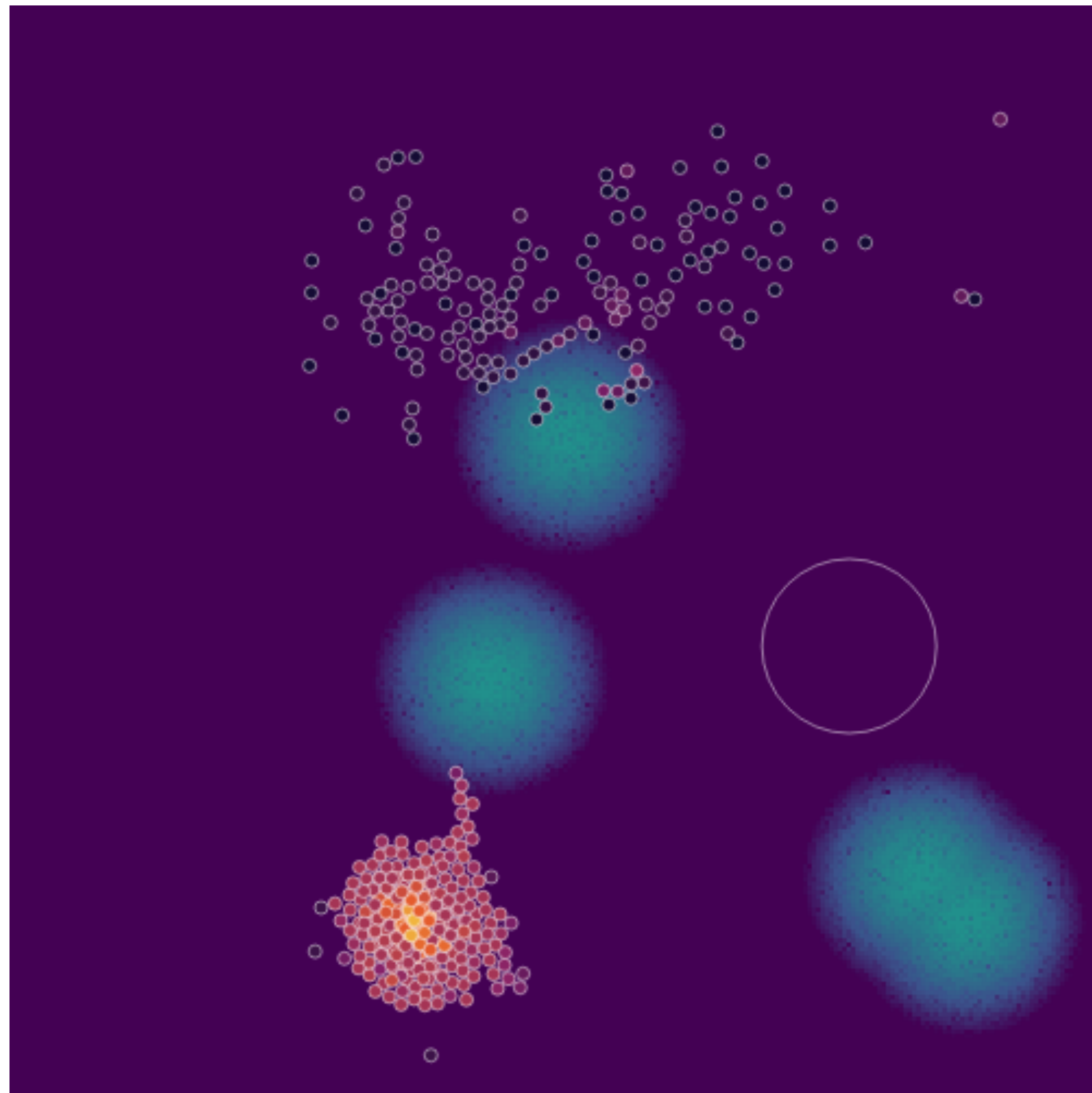
https://tbb.bio.uu.nl/bvd/simulations/collective_evolution_multi/



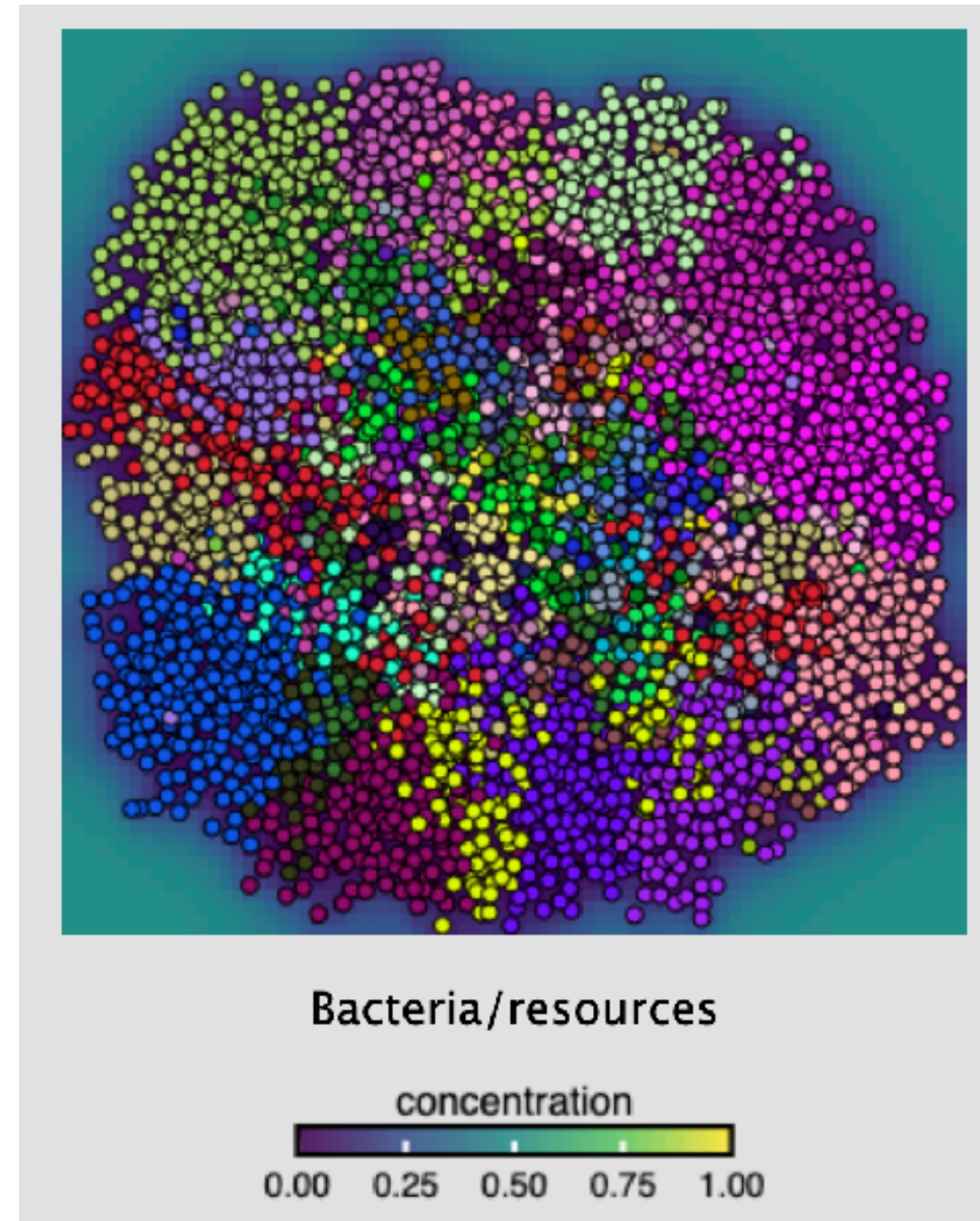
<https://tbb.bio.uu.nl/bvd/simulations/coevolution/>

Kan dat dan wel, “echte” evolutie in de computer?

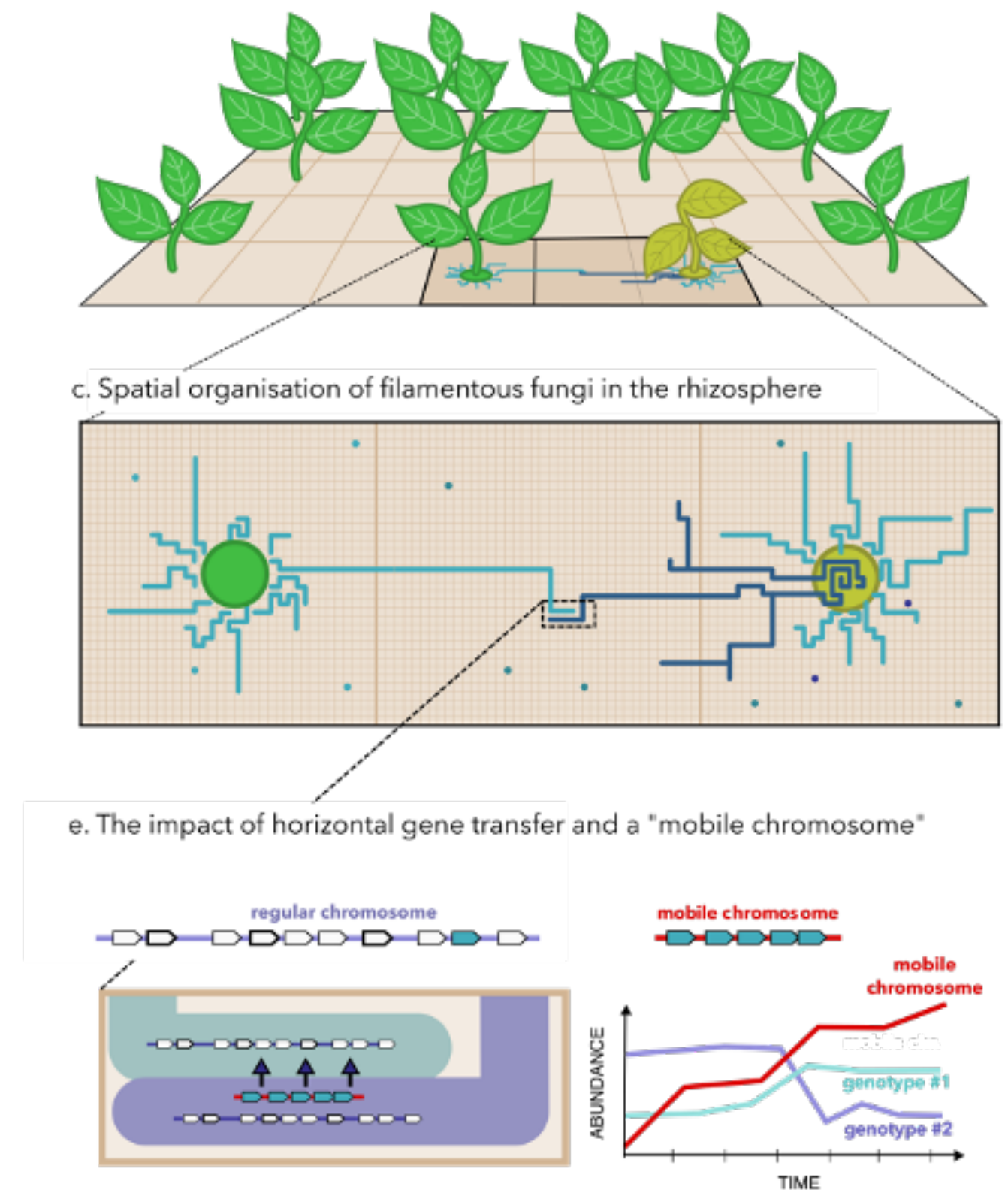
Natuurlijk! De biologie zou je “nep” kunnen noemen, maar de evolutie niet!



https://tbb.bio.uu.nl/bvd/simulations/collective_evolution_multi/

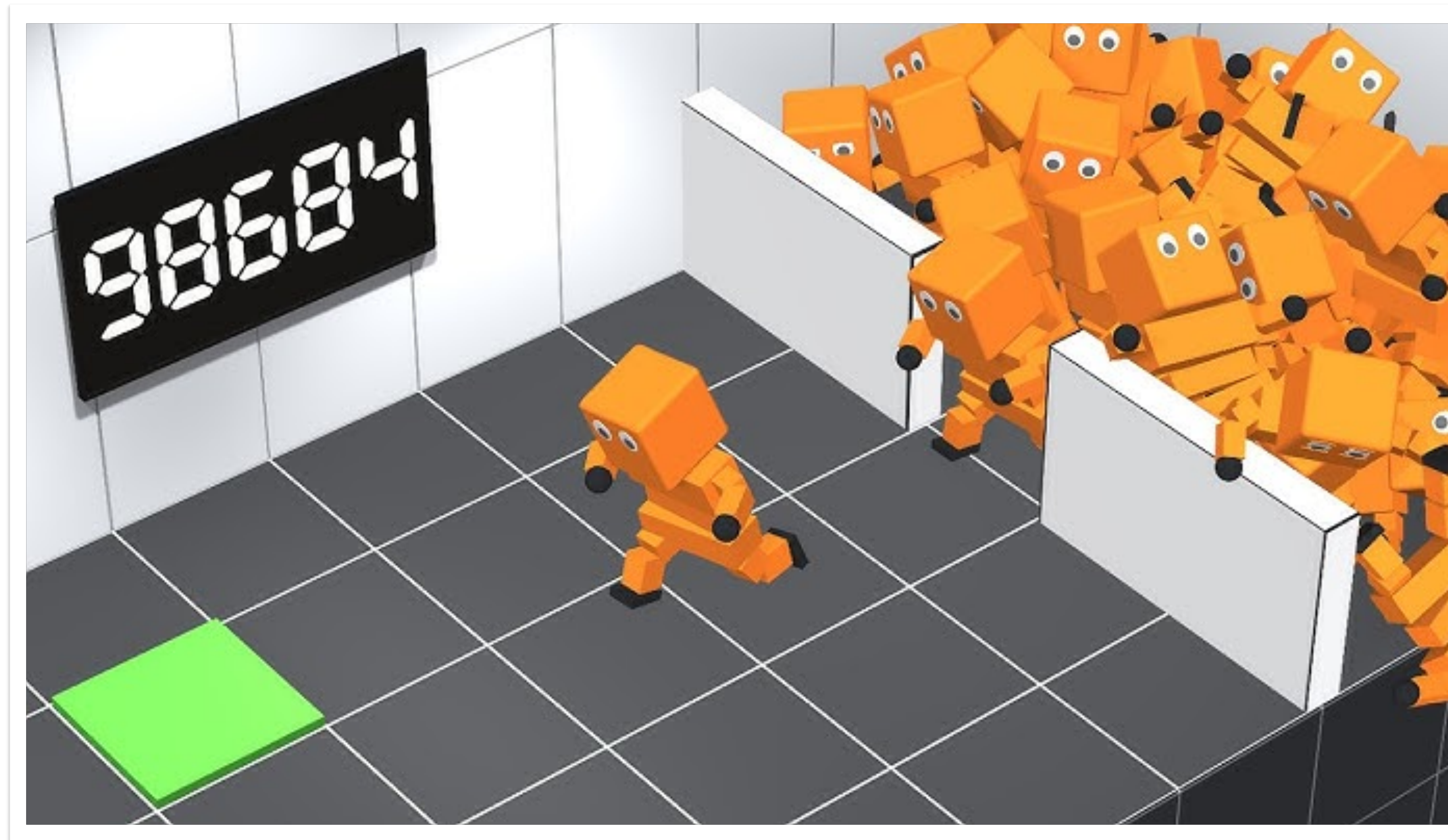


<https://tbb.bio.uu.nl/bvd/simulations/coevolution/>



WIP: maybe next year!

En daarnaast: veel machine learning is evolutie







- Ruimtelijke simulaties hoeven niet op een grid: door een continue ruimte kun je veel **soepeler bewegen** (vergelijkbaar met hoe ODEs soepeler door de tijd bewegen!)



- Ruimtelijke simulaties hoeven niet op een grid: door een continue ruimte kun je veel **soepeler bewegen** (vergelijkbaar met hoe ODEs soepeler door de tijd bewegen!)
- **Emergente eigenschappen** zijn eigenschappen die ontstaan door de interactie tussen de onderdelen, en die niet zichtbaar zijn in de losse onderdelen zelf.



- Ruimtelijke simulaties hoeven niet op een grid: door een continue ruimte kun je veel **soepeler bewegen** (vergelijkbaar met hoe ODEs soepeler door de tijd bewegen!)
- **Emergente eigenschappen** zijn eigenschappen die ontstaan door de interactie tussen de onderdelen, en die niet zichtbaar zijn in de losse onderdelen zelf.
- Met individual-based modellen in een continue ruimte wordt veel **onderzoek naar gedrag** gedaan: mieren, spreeuwen, aapjes, maar ook zwermende cellen!



- Ruimtelijke simulaties hoeven niet op een grid: door een continue ruimte kun je veel **soepeler bewegen** (vergelijkbaar met hoe ODEs soepeler door de tijd bewegen!)
- **Emergente eigenschappen** zijn eigenschappen die ontstaan door de interactie tussen de onderdelen, en die niet zichtbaar zijn in de losse onderdelen zelf.
- Met individual-based modellen in een continue ruimte wordt veel **onderzoek naar gedrag** gedaan: mieren, spreeuwen, aapjes, maar ook zwermende cellen!
- **Parameter sweeps** kun je gebruiken om te verkennen hoe je model zich onder verschillende omstandigheden gedraagt (vergelijkbaar met bifurcatiediagrammen)

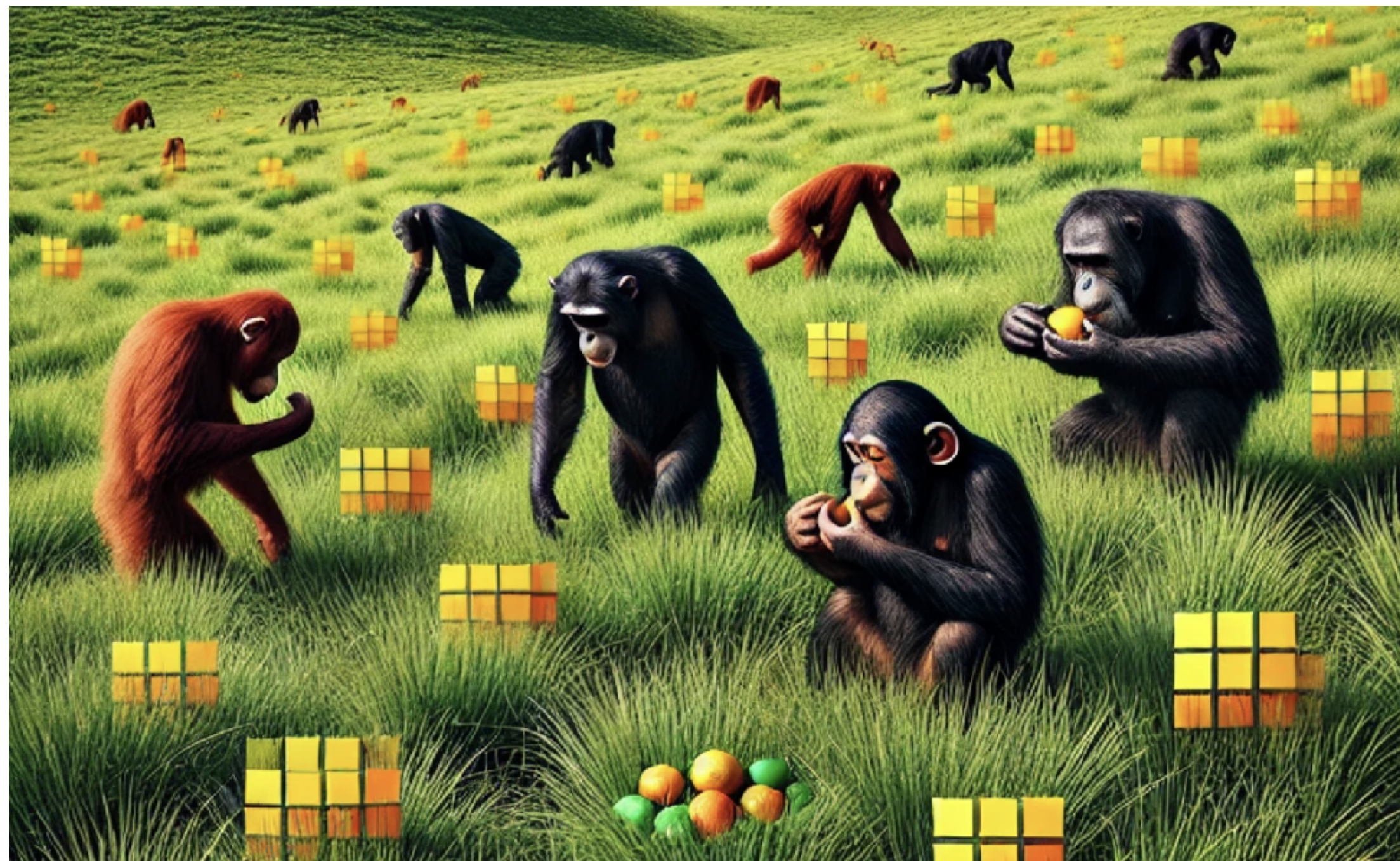


- Ruimtelijke simulaties hoeven niet op een grid: door een continue ruimte kun je veel **soepeler bewegen** (vergelijkbaar met hoe ODEs soepeler door de tijd bewegen!)
- **Emergente eigenschappen** zijn eigenschappen die ontstaan door de interactie tussen de onderdelen, en die niet zichtbaar zijn in de losse onderdelen zelf.
- Met individual-based modellen in een continue ruimte wordt veel **onderzoek naar gedrag** gedaan: mieren, spreeuwen, aapjes, maar ook zwermende cellen!
- **Parameter sweeps** kun je gebruiken om te verkennen hoe je model zich onder verschillende omstandigheden gedraagt (vergelijkbaar met bifurcatiediagrammen)
- Complexe modellen kunnen last krijgen van een ***parameter curse***, er is teveel om te verkennen!



- Ruimtelijke simulaties hoeven niet op een grid: door een continue ruimte kun je veel **soepeler bewegen** (vergelijkbaar met hoe ODEs soepeler door de tijd bewegen!)
- **Emergente eigenschappen** zijn eigenschappen die ontstaan door de interactie tussen de onderdelen, en die niet zichtbaar zijn in de losse onderdelen zelf.
- Met individual-based modellen in een continue ruimte wordt veel **onderzoek naar gedrag** gedaan: mieren, spreeuwen, aapjes, maar ook zwermende cellen!
- **Parameter sweeps** kun je gebruiken om te verkennen hoe je model zich onder verschillende omstandigheden gedraagt (vergelijkbaar met bifurcatiediagrammen)
- Complexe modellen kunnen last krijgen van een ***parameter curse***, er is teveel om te verkennen!
- **Evolutie** kan een uitweg bieden: welke uitkomsten ontstaan er door een proces van natuurlijke selectie?

Werkcollege = Eén vraag (16.1), maar wel belangrijk (komt terug in Statistiek!)



- Pas de **eetsnelheid** van de aapjes aan, en voer herhaaldelijk het virtuele experiment uit.
- Kies **drie** waarden voor **eetsnelheid**, waarvan twee dichtbij elkaar en eentje duidelijk anders.
- Bijvoorbeeld: 0.5, 0.6, en 5.
- Bewaar je resultaten!

Daarna mini-project!