

Opdracht evolutie (10 min)

Beantwoord de volgende vragen in je eigen woorden. Gebruik eventueel pagina 439 (13.6) van het boek:

- Wat zijn allelen?
- Wat is het verschil tussen mutatie en recombinitie?
- Wat is het verschil tussen homologe en niet-homologe recombinitie?
- De meeste mutaties zijn _____ voor een bacterie. (kies uit: nadelig/voordelig/ neutraal)
- Wat is het verschil tussen selectie en genetische drift?
- Noem twee situaties waarin genetische drift een groot effect kan hebben.

Selectie

op basis van **fitness** → vermogen om te overleven en te reproduceren (vergeleken met competerende organismen)

mutaties kunnen neutraal, nadelig of voordelig zijn

LET OP: mutaties ontstaan toevallig (en niet a.g.v. selectie)

Genetic drift

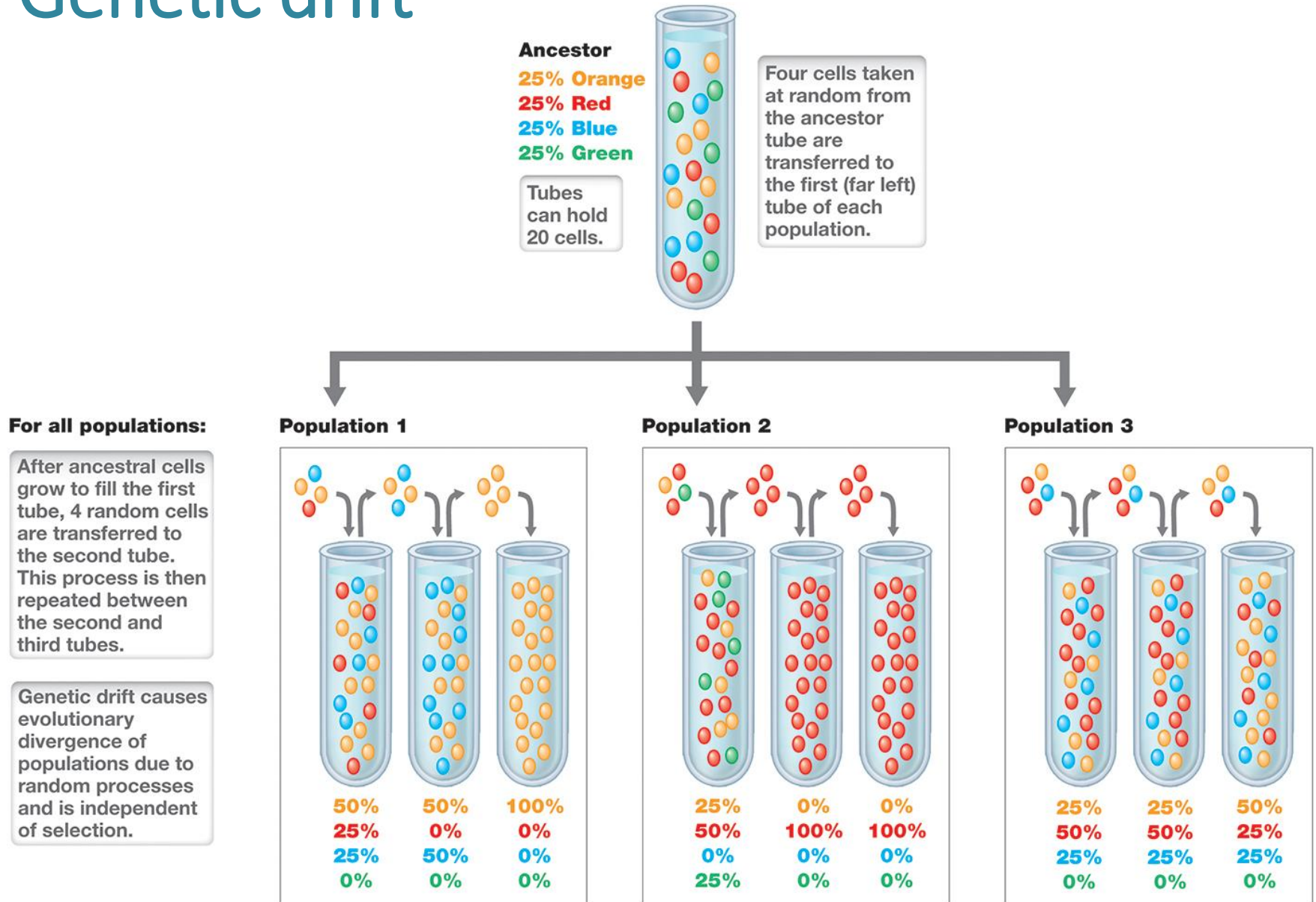
genfrequenties in populatie veranderen

geen gevolg selectie, maar van willekeurige veranderingen in
hoeveelheid nageslacht

willekeurig proces

Vooraf in kleine populaties en bij ‘**bottleneck** events’
(→ b.v. pathogenen die gastheer koloniseren)

Genetic drift



Molecular clock

Sequence changes can be used as a molecular clock

Approach based on the assumptions that nucleotide changes:

- accumulate in sequence in proportion to time
- are generally neutral
- do not interfere with gene function
- are random

Calibration with evidence from geological record

Example: *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*

- 2.8% dissimilarity in 16S rRNA gene
- last shared common ancestor 100-140 million years ago

Experimental evolution: *Rhodobacter*

Fototrofe paarse bacterie (anoxigene fotosynthese)

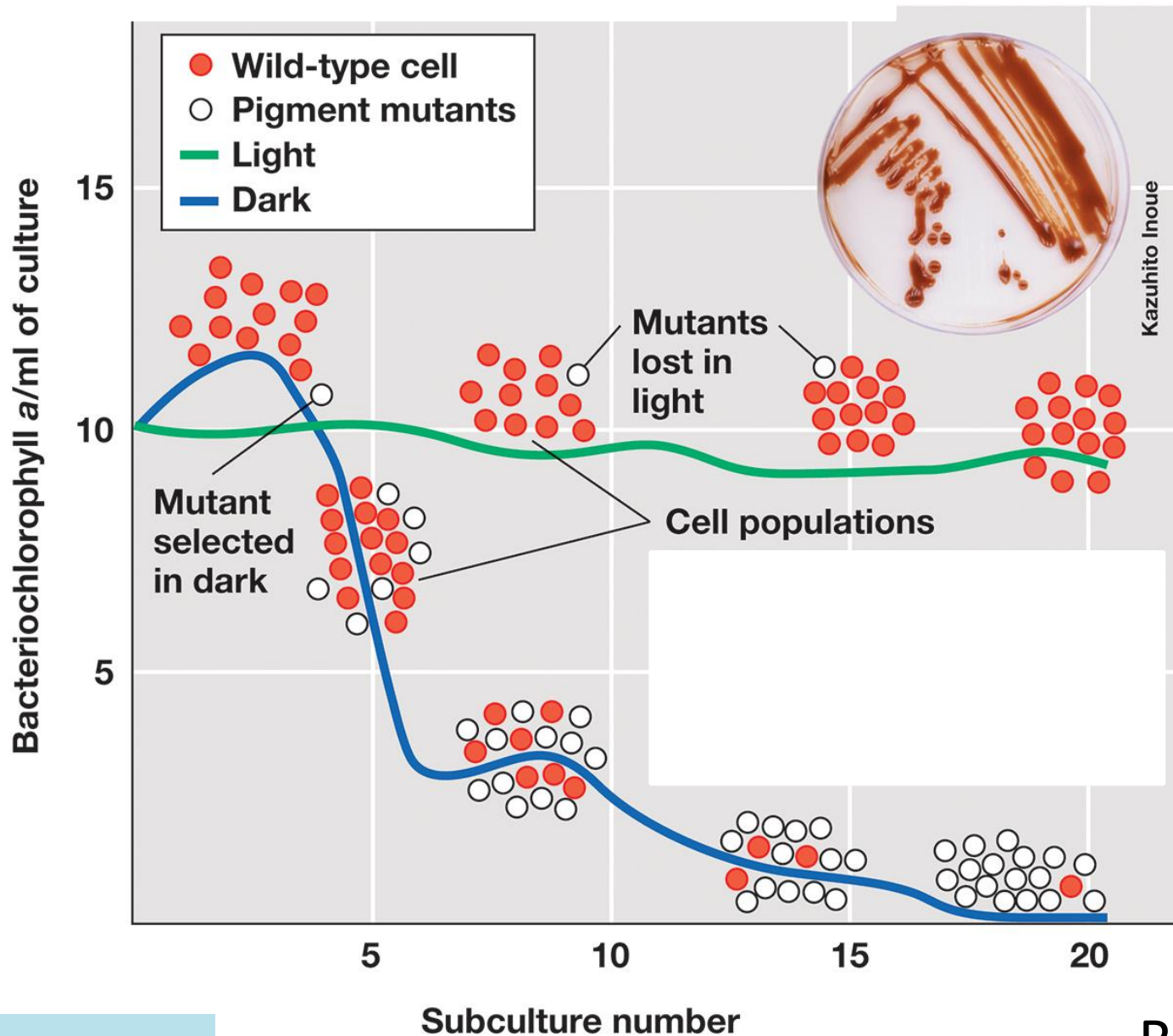
Modelorganisme onderzoek fotosynthese

Anaeroob omstandigheden (licht of donker): productie bacteriochlorophyl en carotenoiden

Random mutaties: synthese ftopigmenten ↓



Voorbeeld: *Rhodobacter*



Rhodobacter

Voorbeeld: *E. coli* long-term evolution experiment

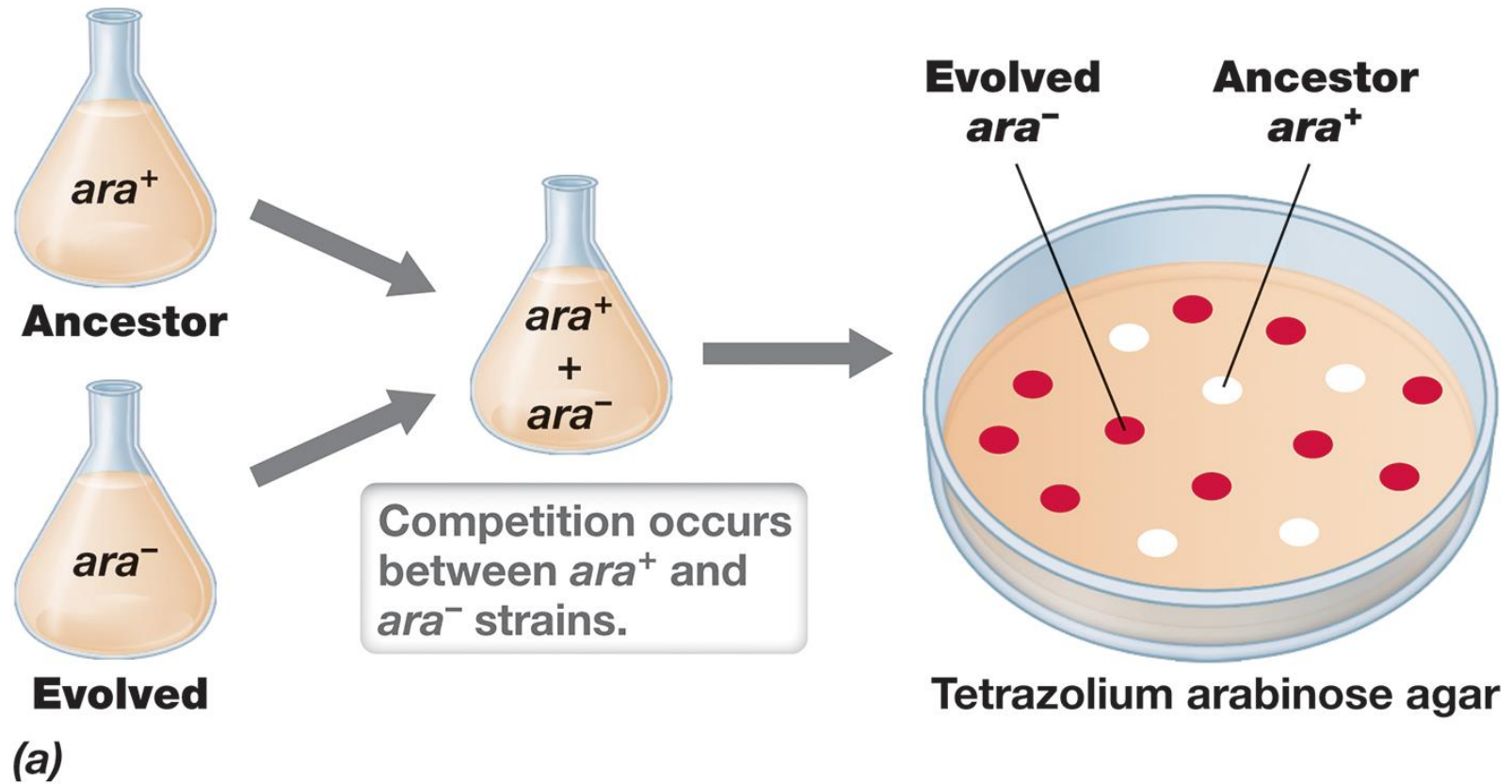
- Richard Lenski, vanaf 24 februari 1988
- Genetische aanpassingen in 12 *Escherichia coli* populaties
 - minimal medium met glucose (energie- en koolstofbron) en citraat (buffer)
 - Invriezen 'fossil records'
 - Sequencen
- Begin 2020: 73,500 generaties!



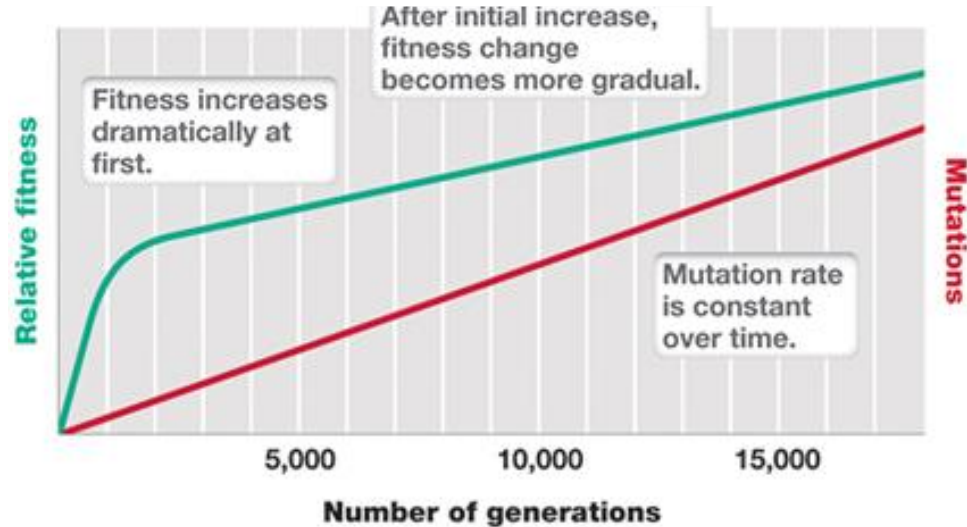
Brian Baer and Neerja Hajela, CC BY-SA 1.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/1.0>>, via Wikimedia Commons

LTEE

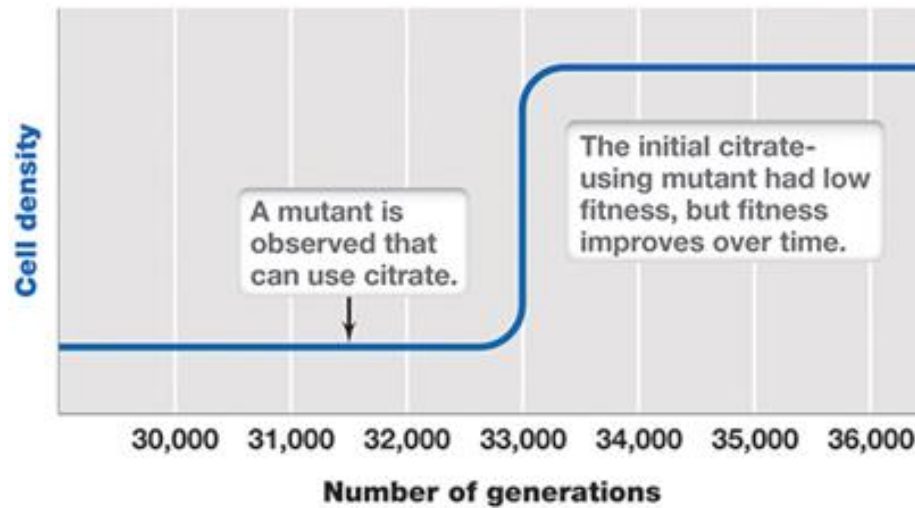
strains engineered to contain a neutral marker
→ competitie experimenten mogelijk



LTEE



(b)



(c)

Voorbeeld: antibioticum resistentie

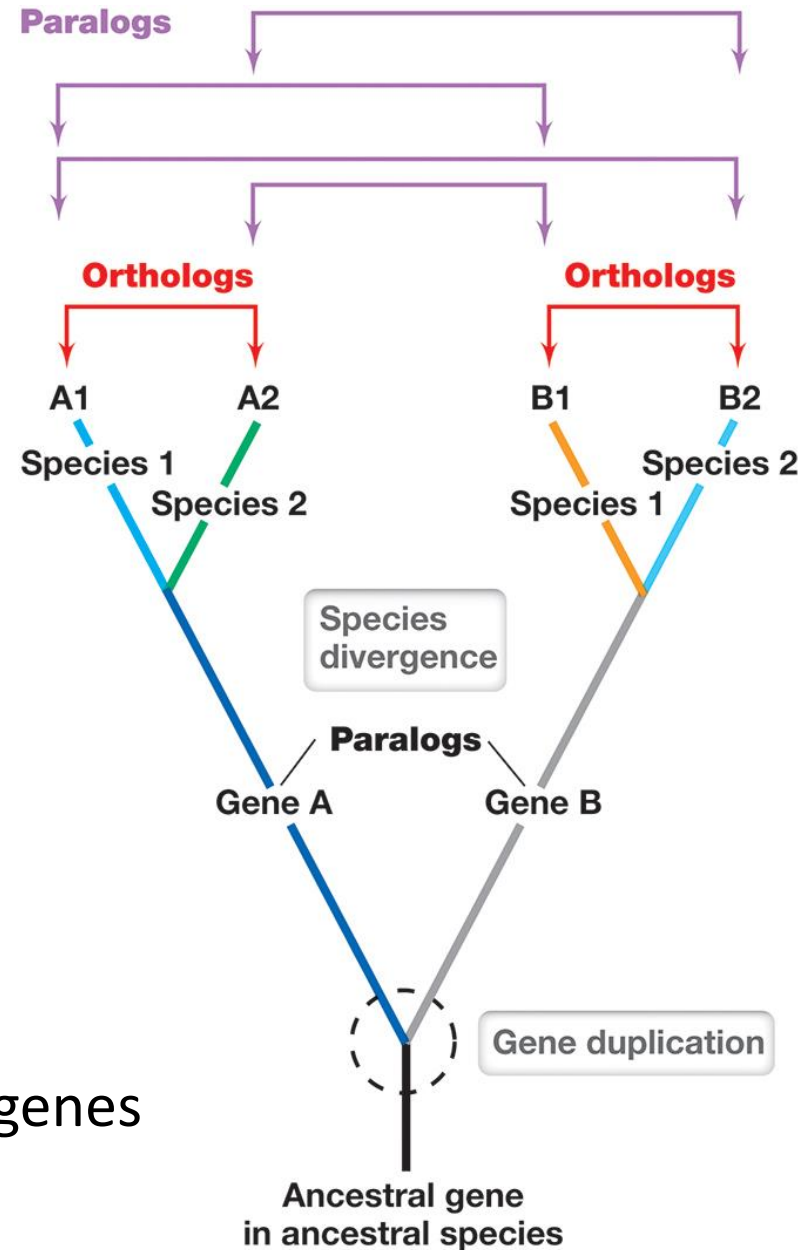
<https://www.youtube.com/watch?v=yybsSqcB7mE>

Homologs

Orthologs share the same function

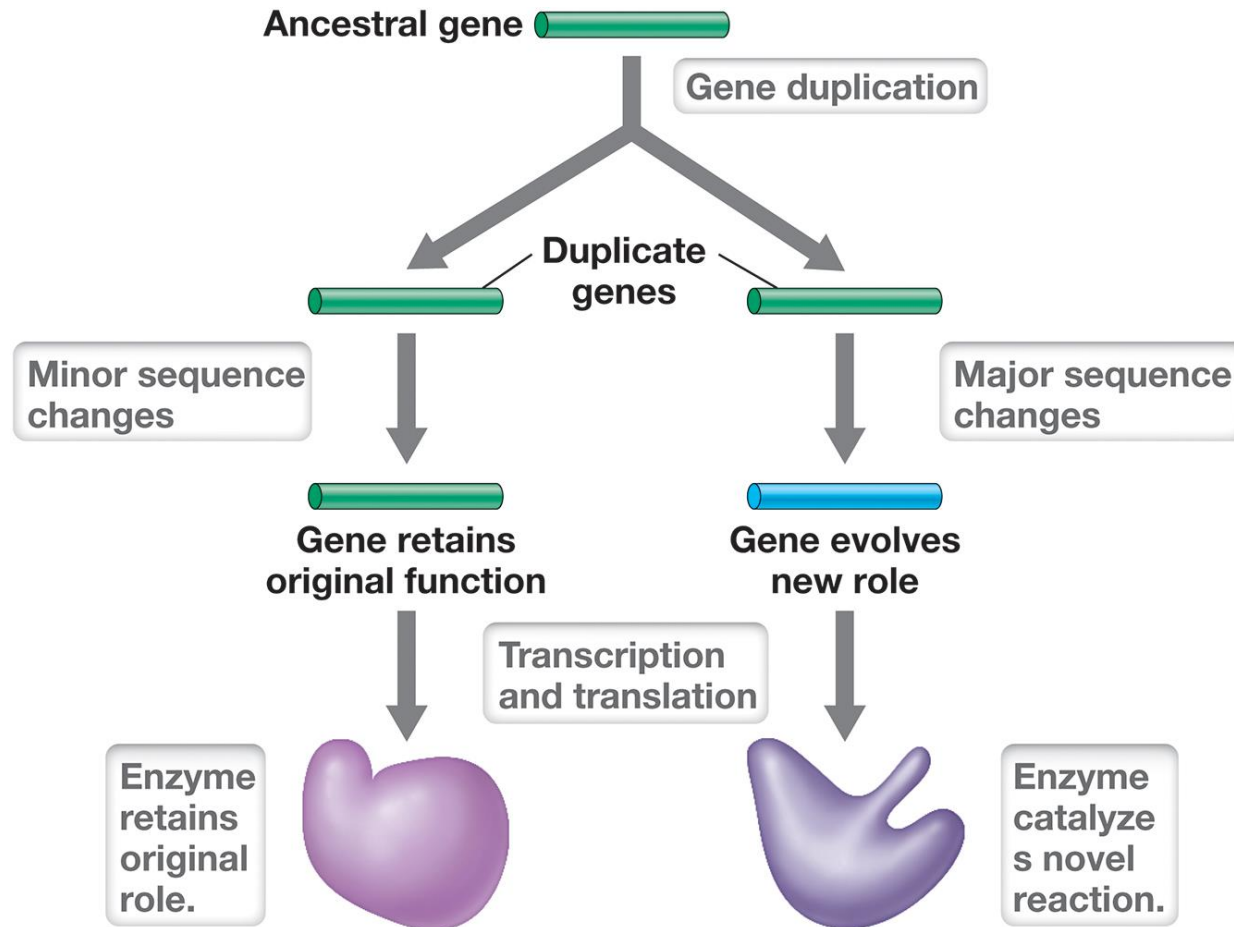
Paralogs not the same function

Gene family = group of homologous genes



Gene duplication

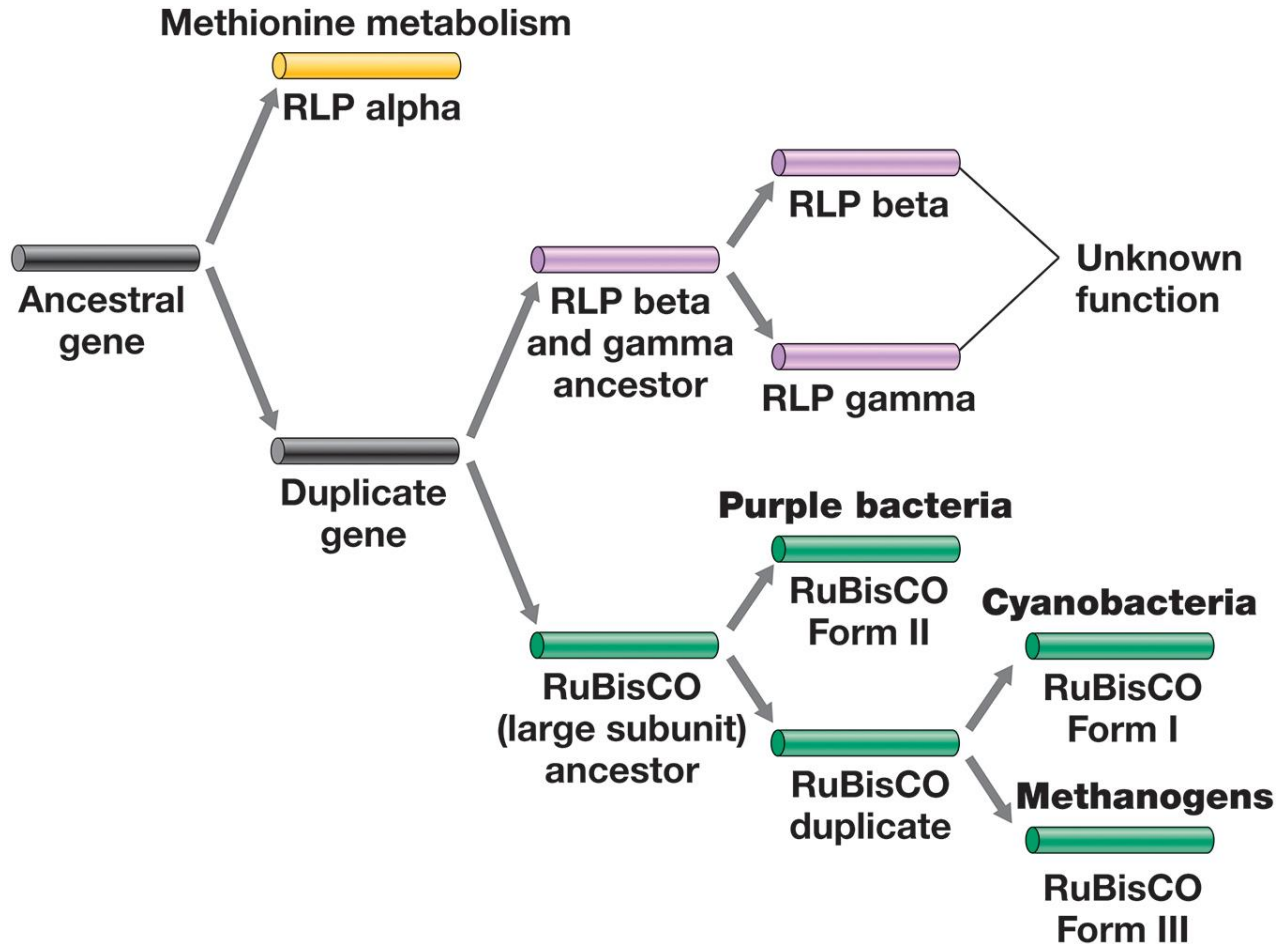
Thought to be a major driving force behind the evolution of gene families



(a)

Voorbeeld: RuBisCo

RuBisCo: betrokken bij CO₂ fixatie

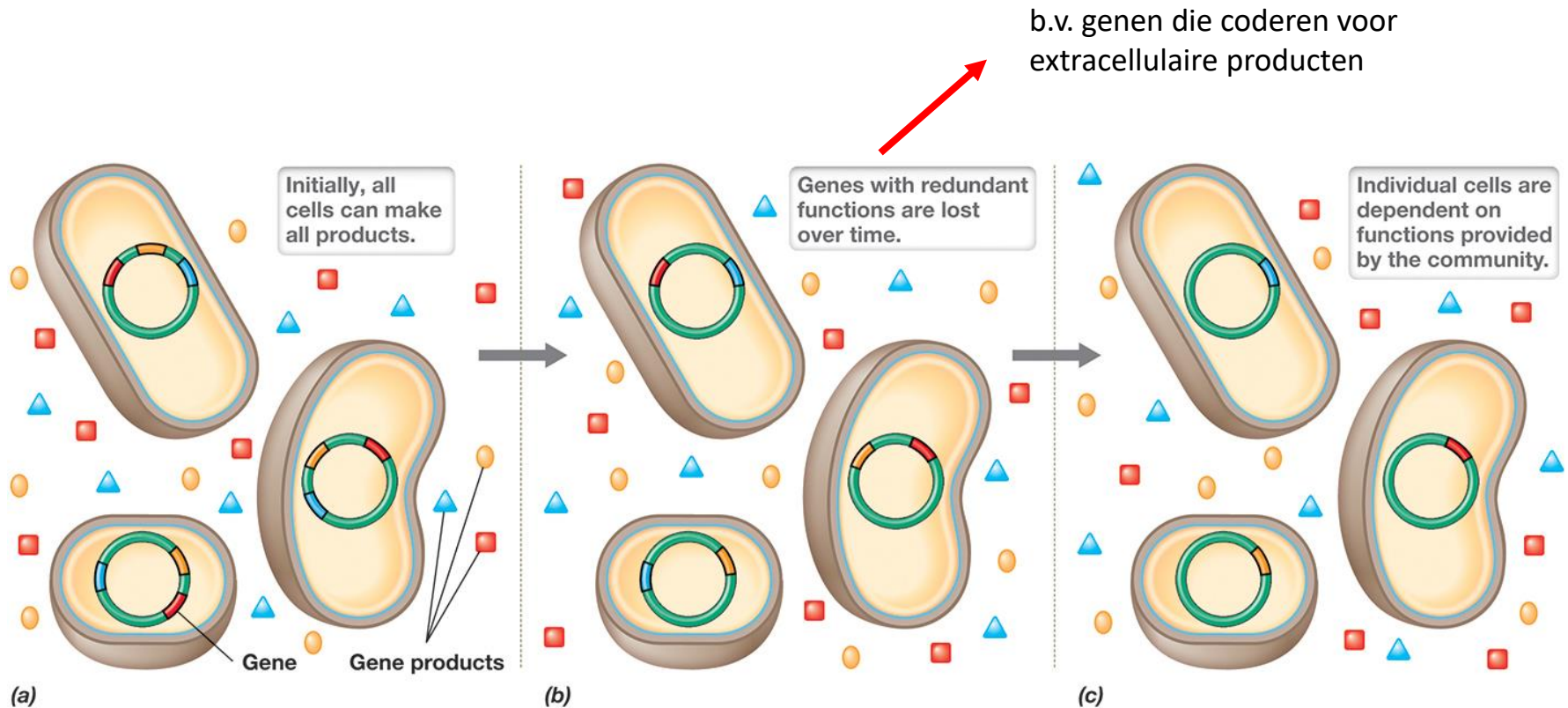


(b)

Waar of niet waar?

Evolutie leidt ertoe dat organismen steeds complexer worden.

Evolutie van afhankelijkheid

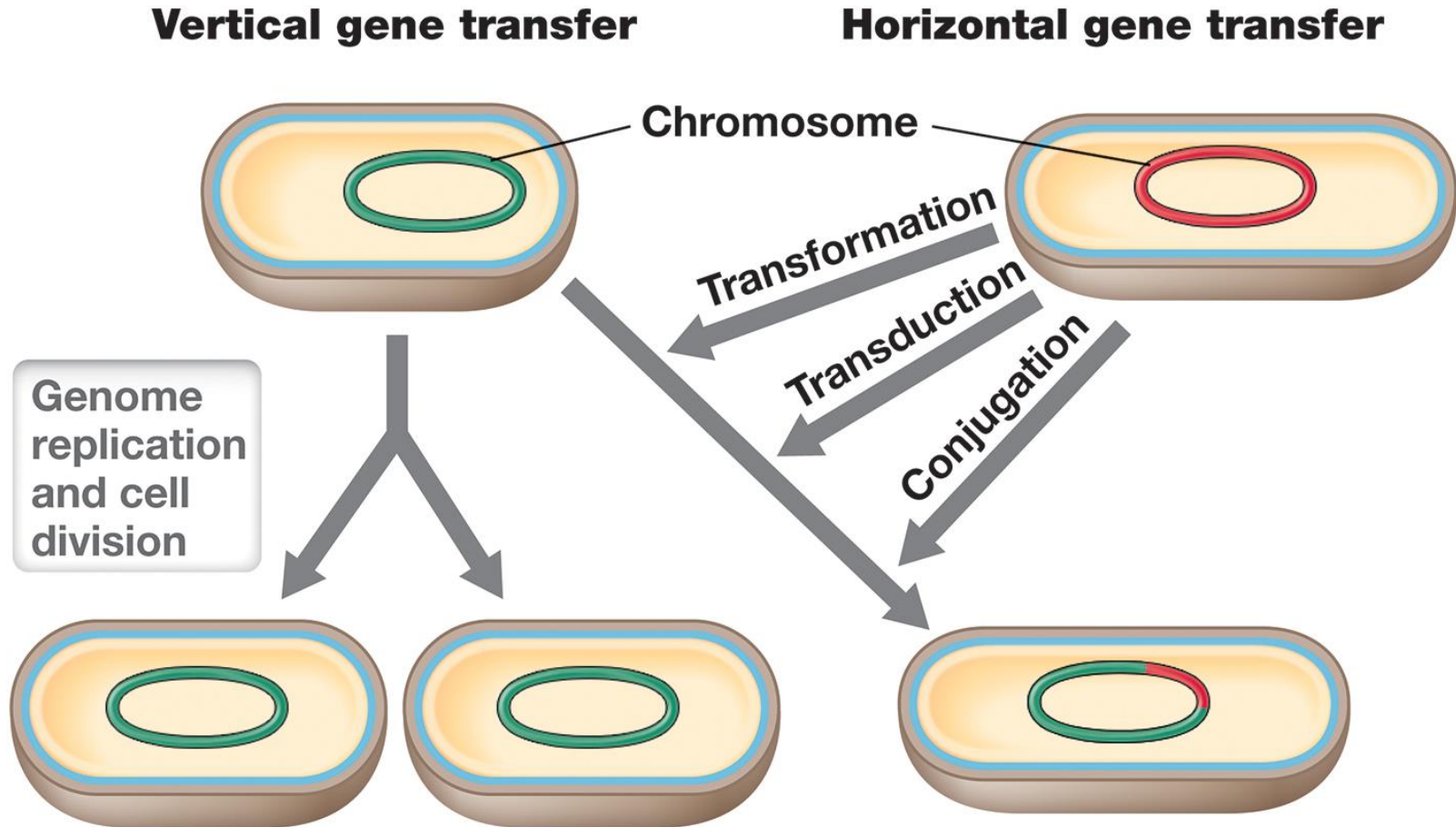


Verskillende strategieën:

- Verlies van functies
- Behouden alle functies

Beide strategieën hebben voor- en nadelen

Horizontal and vertical gene transfer



Horizontal gene transfer

Groot effect op evolutie van micro-organismen

Verschillende mechanismen

- Transformatie (opname DNA uit de omgeving)
- Transductie (bacteriofagen brengen DNA over)
- Conjugatie (overdracht van bacterie naar bacterie m.b.v. pili)

Horizontal gene transfer

Mogelijke effecten:

- Bij non-homologe recombinatie: additief
- Bij homologe recombinatie: gen conversie

Verschil met sexuele recombinatie:

- HGT is unidirectioneel
- HGT is assymetrisch (alleen klein deel DNA wordt overgedragen)
- HGT kan ook tussen verschillende soorten plaatsvinden

Mobiele genetische segmenten

Vergemakkelijken horizontal gene transfer

Voorbeelden:

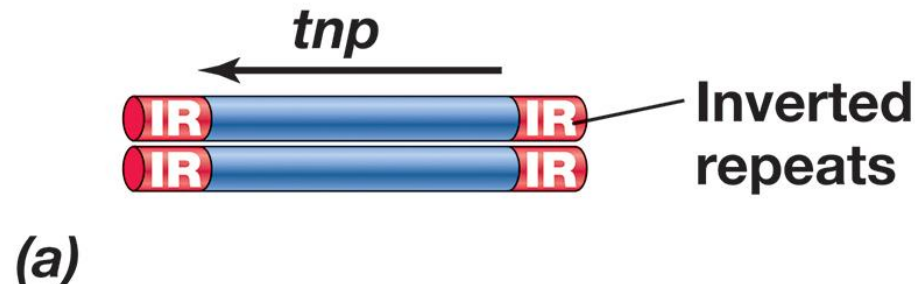
- Plasmiden
- Profagen (in bacteriele genoom geïntegreerde bacteriofaag)
- Insertie sequenties
- Transposons
- Integrans

Mobilome: totaal van alle mobiele genetische elementen in een cel

Insertiesequenties

- Transposase gen, geflankeerd door inverted repeats
- Transposase herkent inverted repeats en katalyseert homologe recombinatie
- Als er meerdere insertie sequenties in een genoom aanwezig zijn, kan dit leiden tot deleties, inversies en translocaties

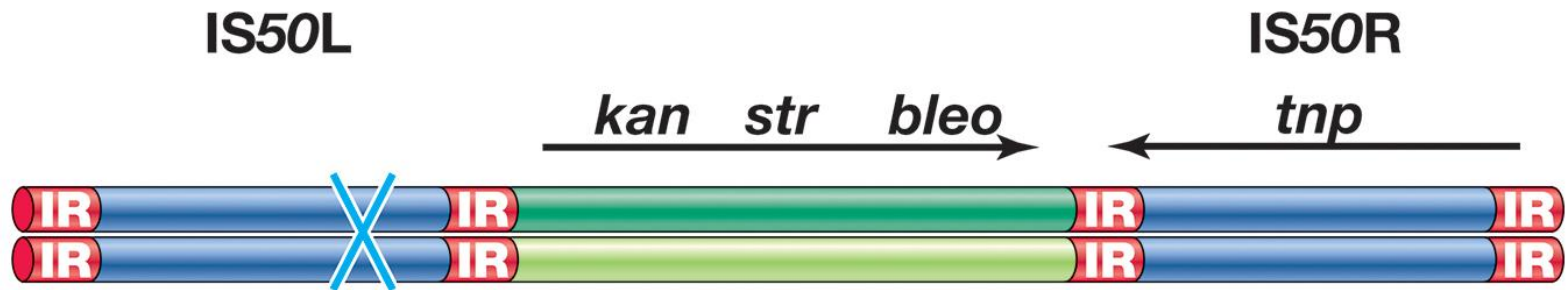
IS2



Transposons

- Vergelijkbaar met insertie sequentie, maar langer en meerdere genen (niet gerelateerd aan transposase, b.v. antibioticum resistentiegenen)
- Uitwisseling genen tussen verschillende segmenten van het DNA
- Bevatten soms genen voor conjugatieve overdracht

Tn5

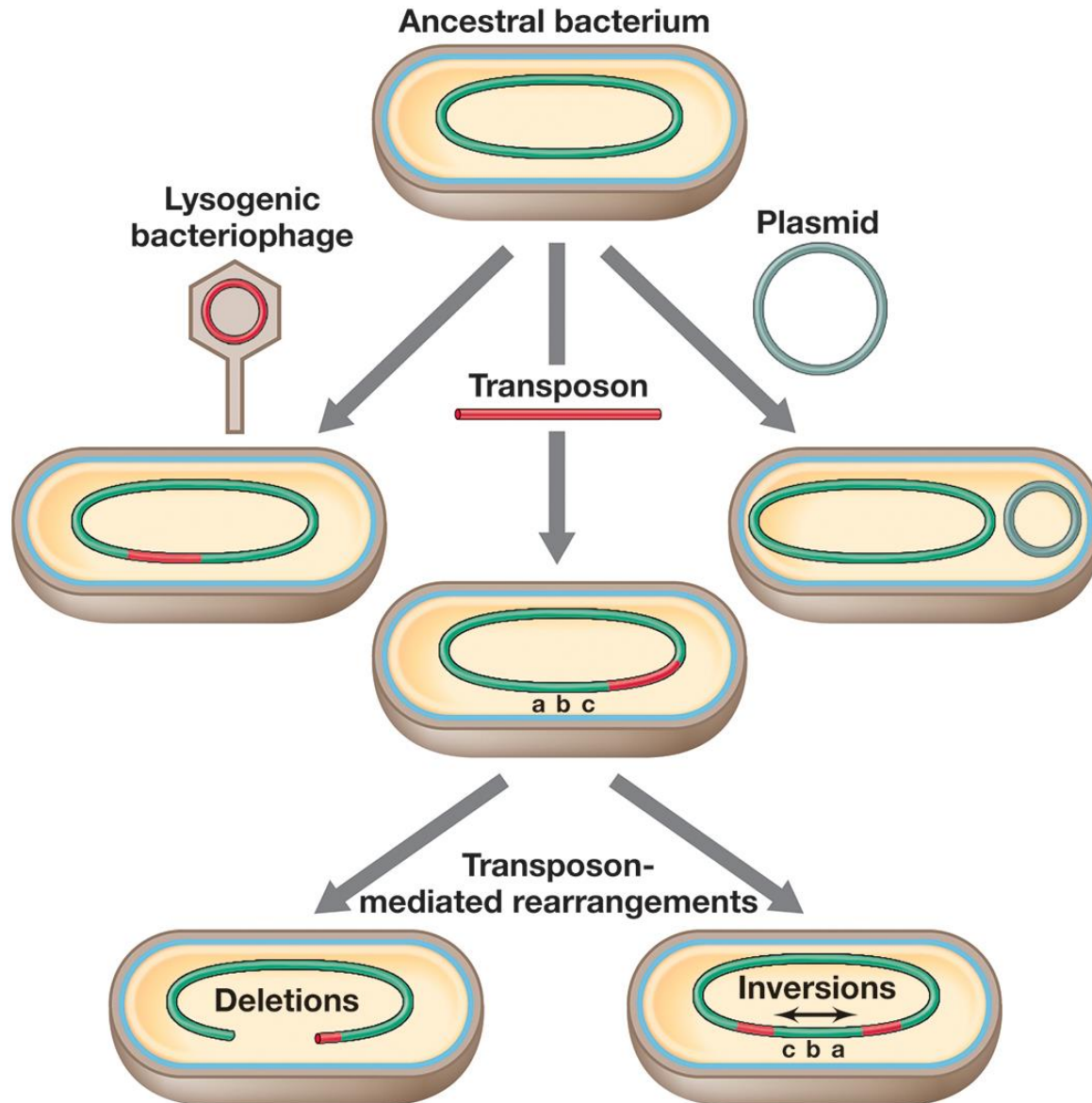


(b)

Integrans

- *Integrase* gen, promoter en recombinatie site met direct repeats
- Faciliteren recombinatie en uitwisseling van DNA
- Bevatten gen cassette waarvan expressie gereguleerd wordt door de integron promoter
- Vaak op andere mobiele elementen (plasmiden, transposons)
- Snelle acquisition/ rearrangement van genen

Mobiele genetische elementen



Horizontal gene transfer

Snelheid per cel per generatie laag, maar meeste genen in een microbieel genoom hebben ergens in de hun evolutionaire geschiedenis HGT doorgemaakt.

Hoe detecteer je dit?

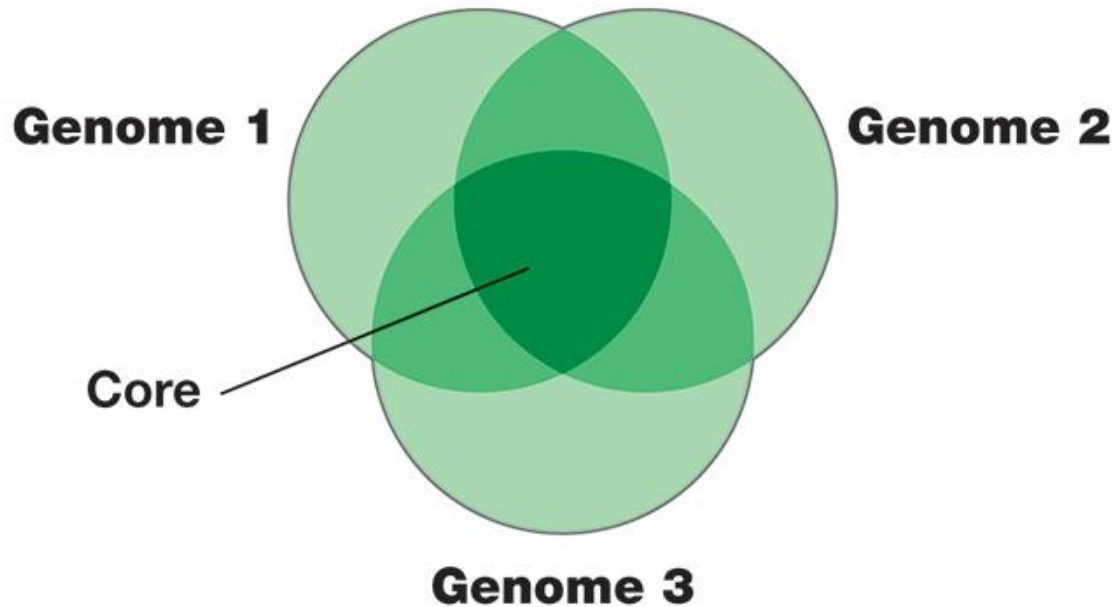
Bijvoorbeeld:

- Methoden om verschillen in GC-content of codon bias in het genoom te vinden.
- Fylogenetische methoden: fylogenetische bomen voor meerdere genen → afwijkend patroon is indicatie voor HGT

Evolutie van microbiele genomen

Microbiele genomen zijn erg divers en dynamisch

Core en pan genoom

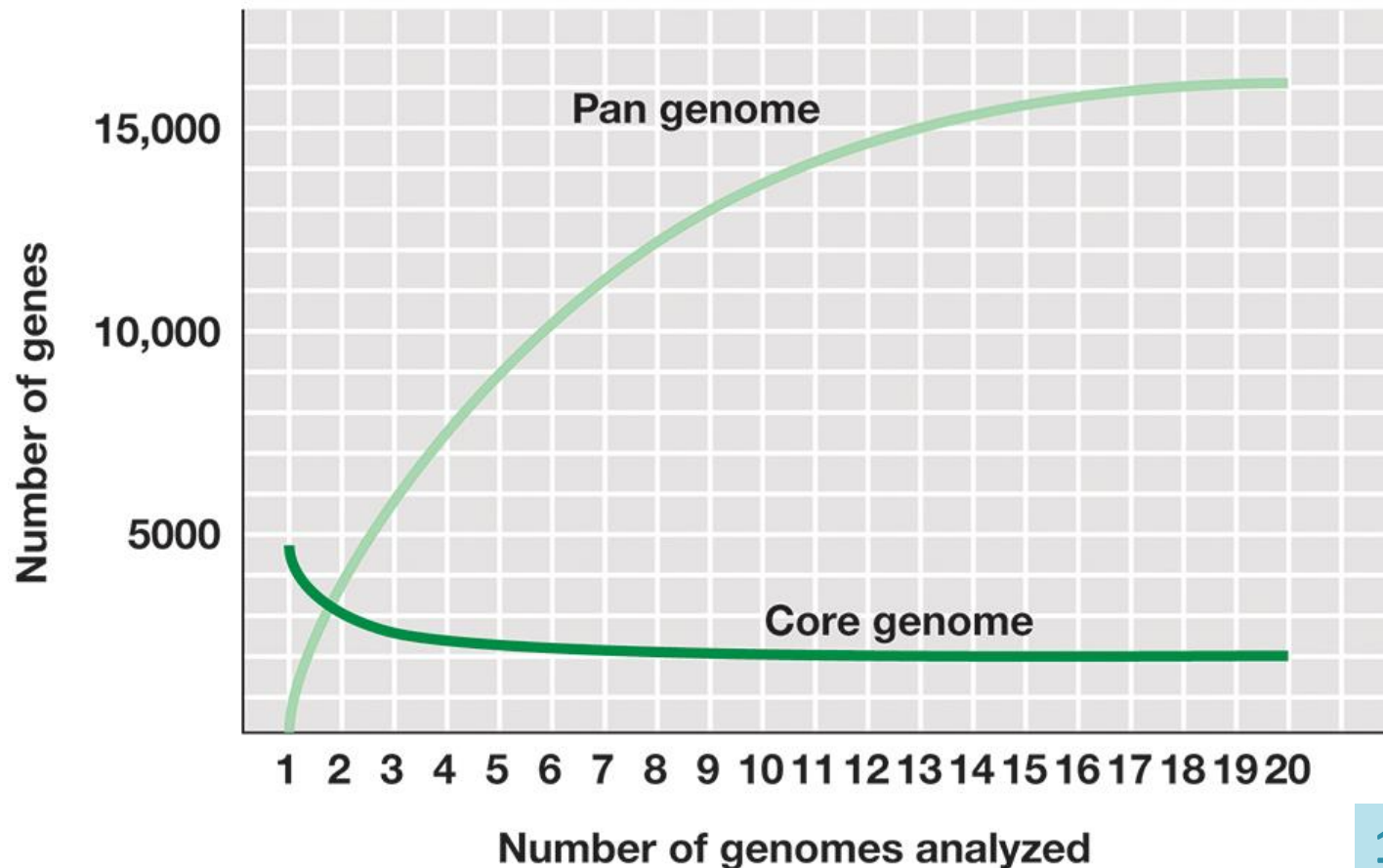


Core genoom: aantal genen dat aanwezig is in elke stam

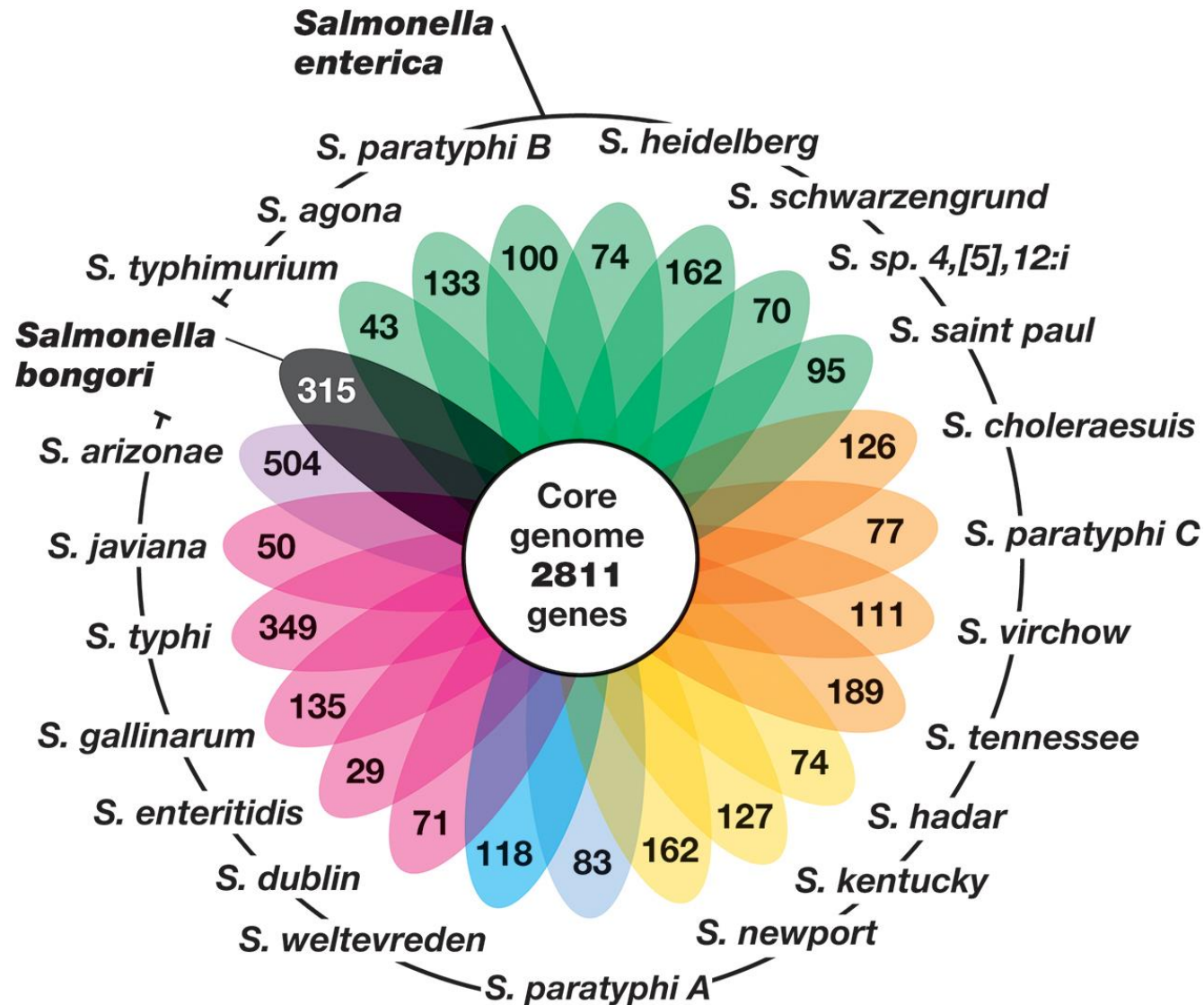
Pan genoom: totaal aantal genen (van alle stammen samen)

Voorbeeld: *Escherichia coli*

- gemiddeld 4721 genen
- **core genome** bestaat uit maar 1976 genen
- 15.826 genen niet in alle stammen (vaak via horizontal gene transfer)



Voorbeeld: *Salmonella enterica*



Alle figuren in deze PowerPoint zijn eigen werk of afkomstig uit Brock Biology of Microorganisms (16th edition, Pearson) tenzij anders vermeld.