

Curs d'actualització de conceptes de Microbiologia en base al nou currículum de Batxillerat

## Bloc 4: Sistemes de transferència genètica horitzontal en bacteris. Importància d'aquests processos en l'evolució.


Susana Campoy

Grup de Microbiologia Molecular  
Dept. de Genètica i de Microbiologia



[Susana.Campoy@uab.cat](mailto:Susana.Campoy@uab.cat)





L'objectiu d'aquesta xerrada és l'actualització de sabers recollits sota la formulació genèrica:

**“Els microorganismes i les formes acel·lulars:  
Anàlisi dels mecanismes de transferència genètica horitzontal en  
bacteris”**

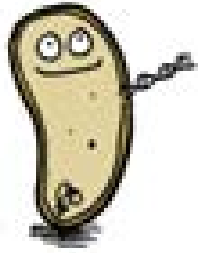
que forma part dels sabers de segon curs de la matèria Biologia d'acord amb la nova descripció del currículum per aquest nivell de l'ensenyament (DOGC del 22 de setembre de 2022)

Aquesta xerrada en **cap moment** pretén ser una classe de Batxillerat, sinó una revisió i actualització dels conceptes més rellevants sobre aquest tema que han sofert noves formulacions en, aproximadament, els darrers 30 anys.

# DE QUÈ PARLAREM??

## MECANISMES DE TRANSFERÈNCIA HORIZONTAL

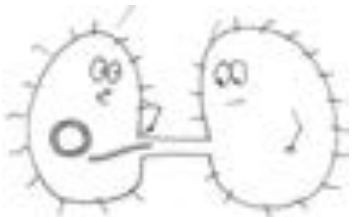
---



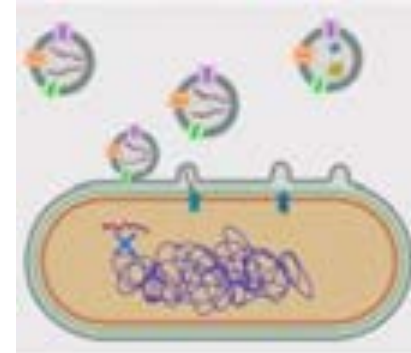
Transformació



Transducció



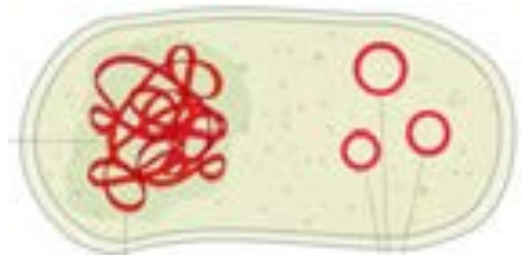
Conjugació



Transferència per  
vessícules

# DE QUÈ PARLAREM??

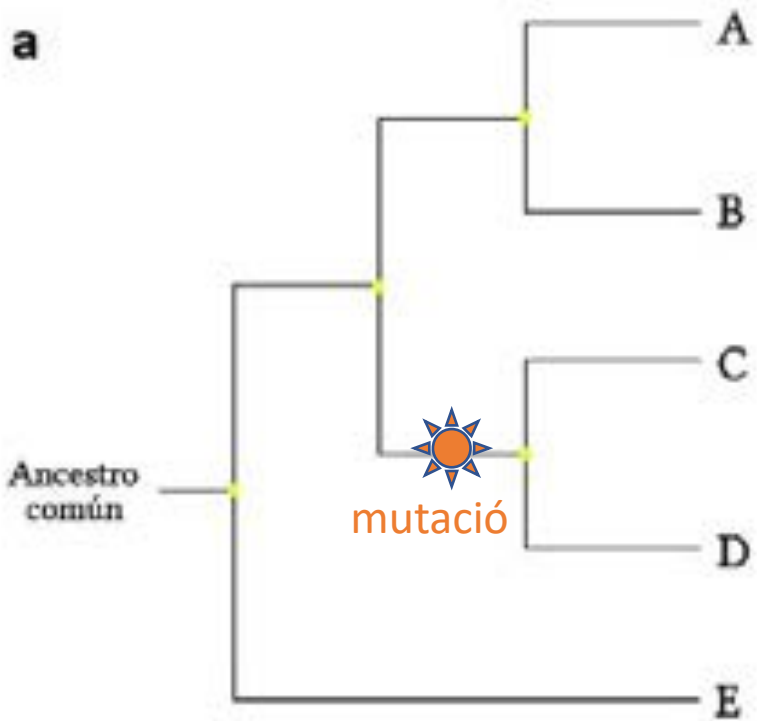
---



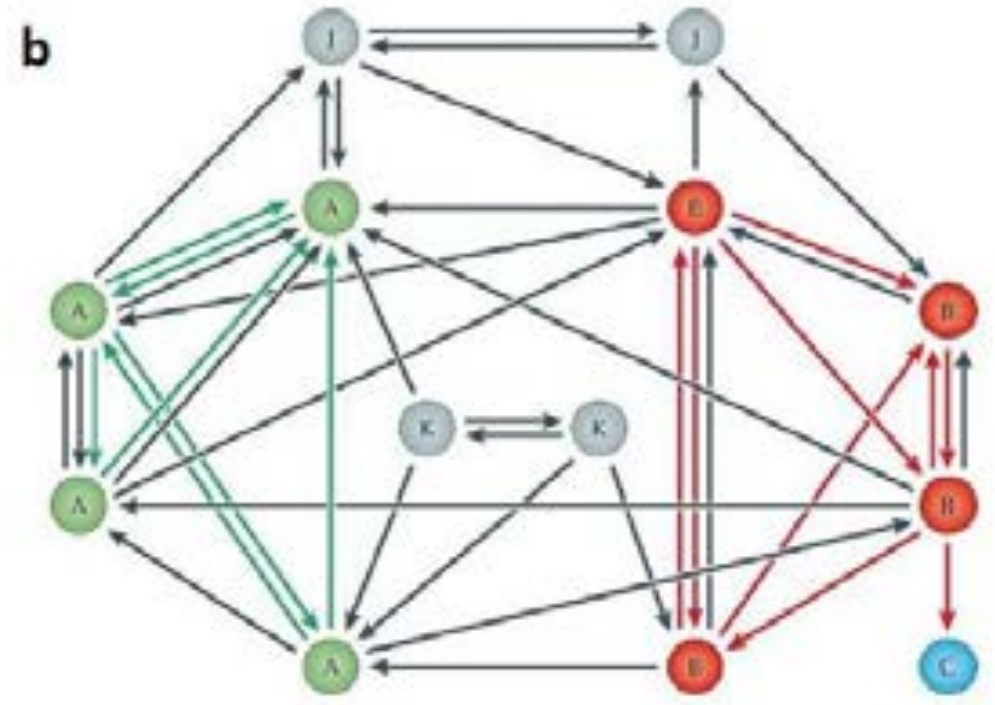
Diferències entre la transferència del DNA plasmídic i del cromosòmic



Elements mòbils. Els transposons i el seu paper en la transferència genètica.



SISTEMA **NOMÉS** AMB  
TRANSFERÈNCIA VERTICAL

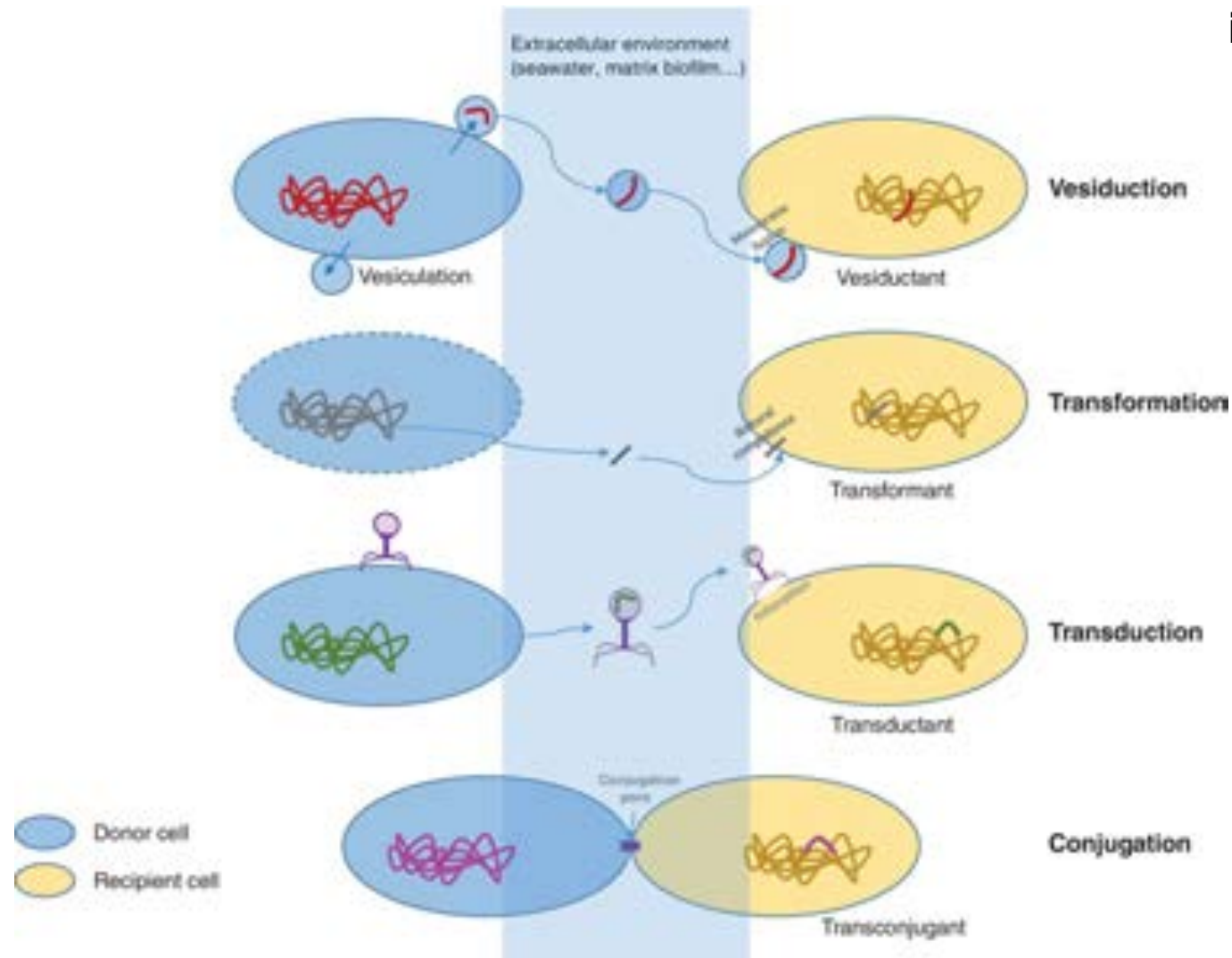


SISTEMA **AMB** TRANSFERÈNCIA  
VERTICAL I **HORIZONTAL**

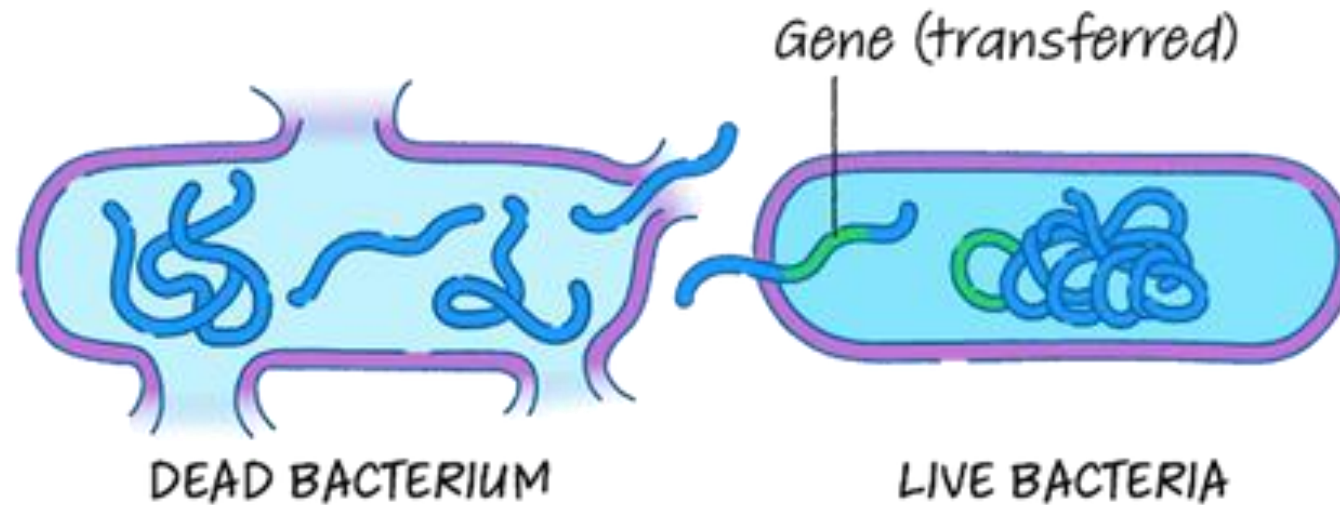
 Mutació permet el canvi (EVOLUCIÓ)

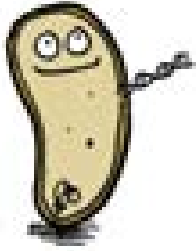
# MECANISMES DE TRANSFERÈNCIA HORIZONTAL EN BACTERIS

**Transferència** de DNA d'una cèl·lula donadora a una receptora i en una sola direcció (**no hi ha intercanvi**)



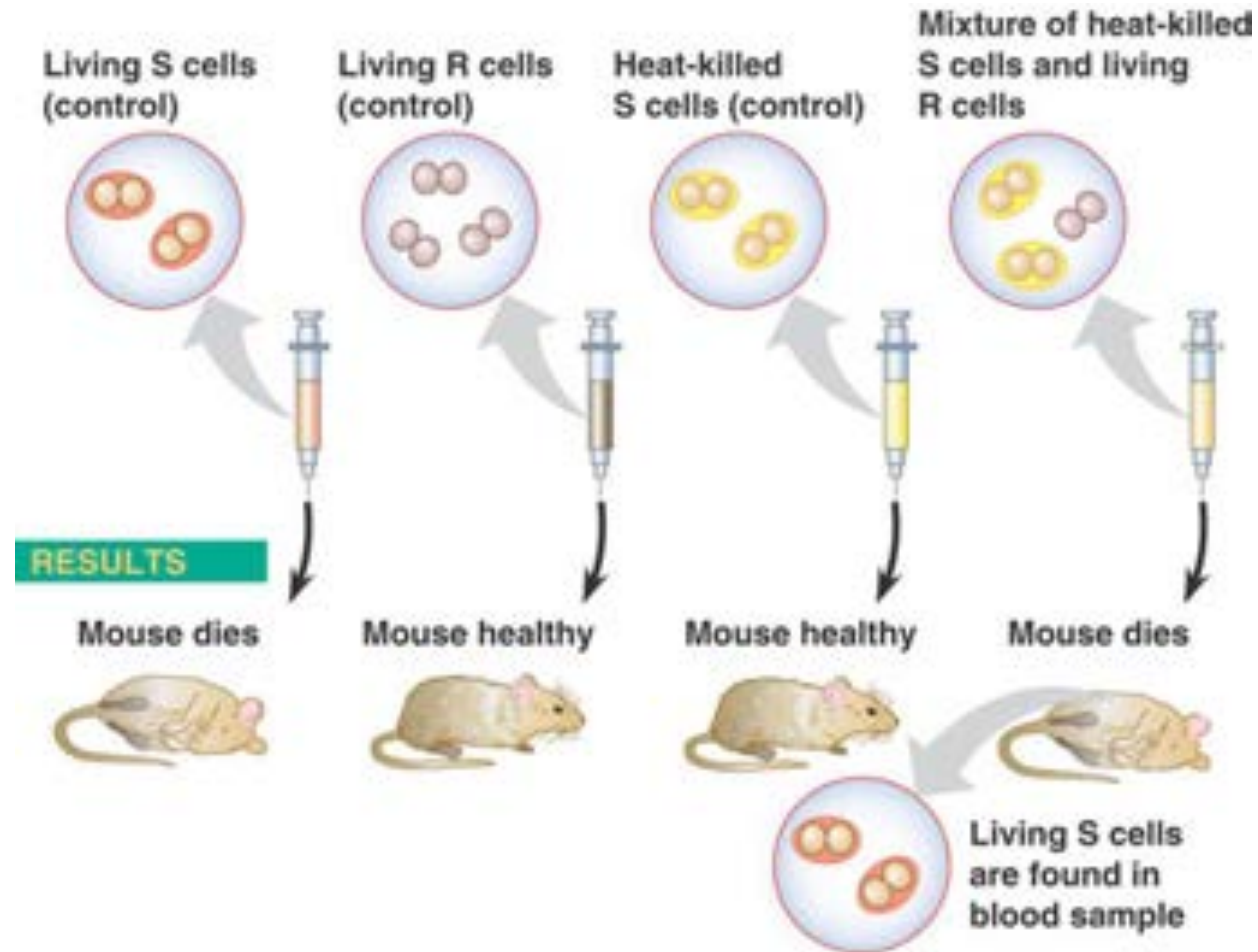
# TRANSFORMACIÓ





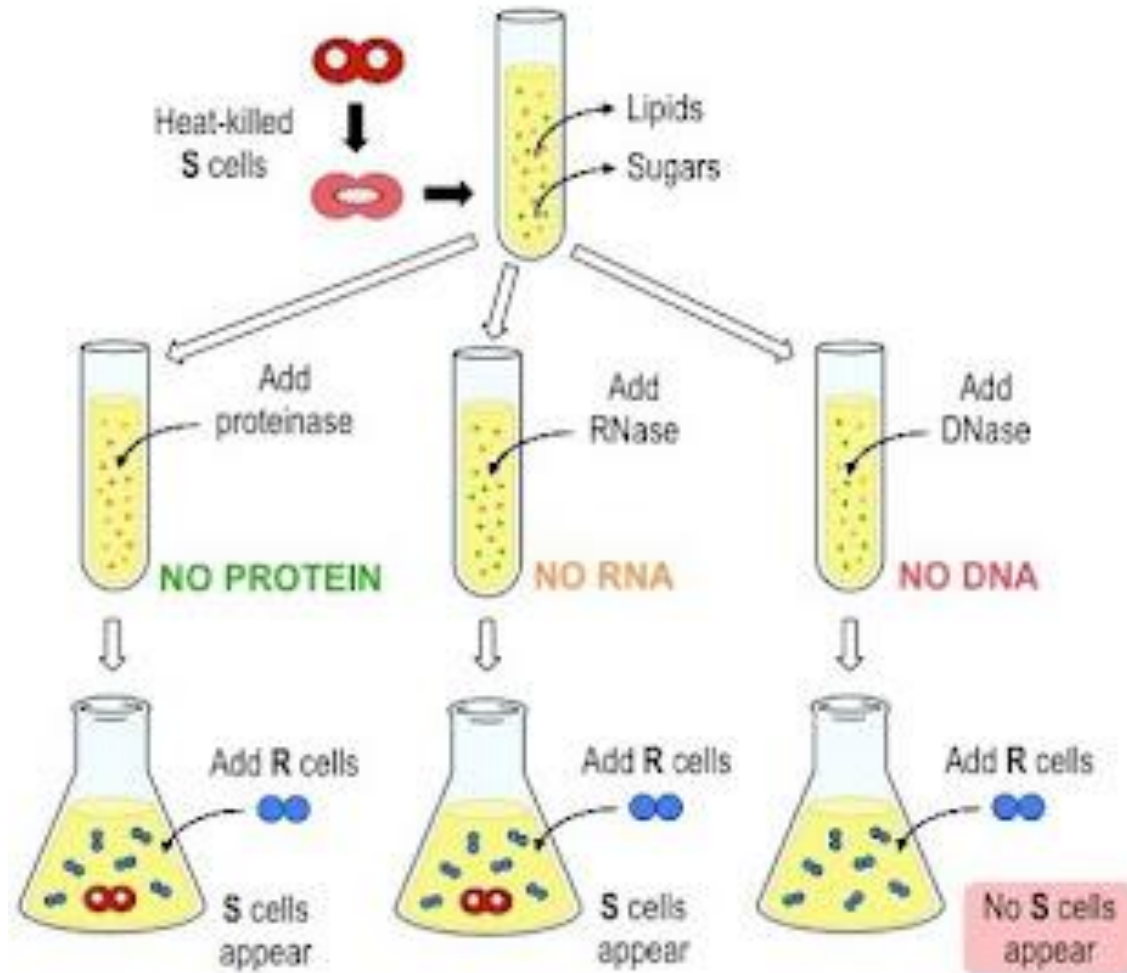
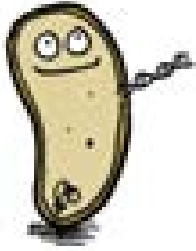
# Transformació en bacteris

*Streptococcus pneumoniae*



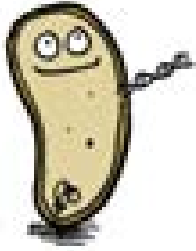
Experiment de F.  
Griffith (1928)



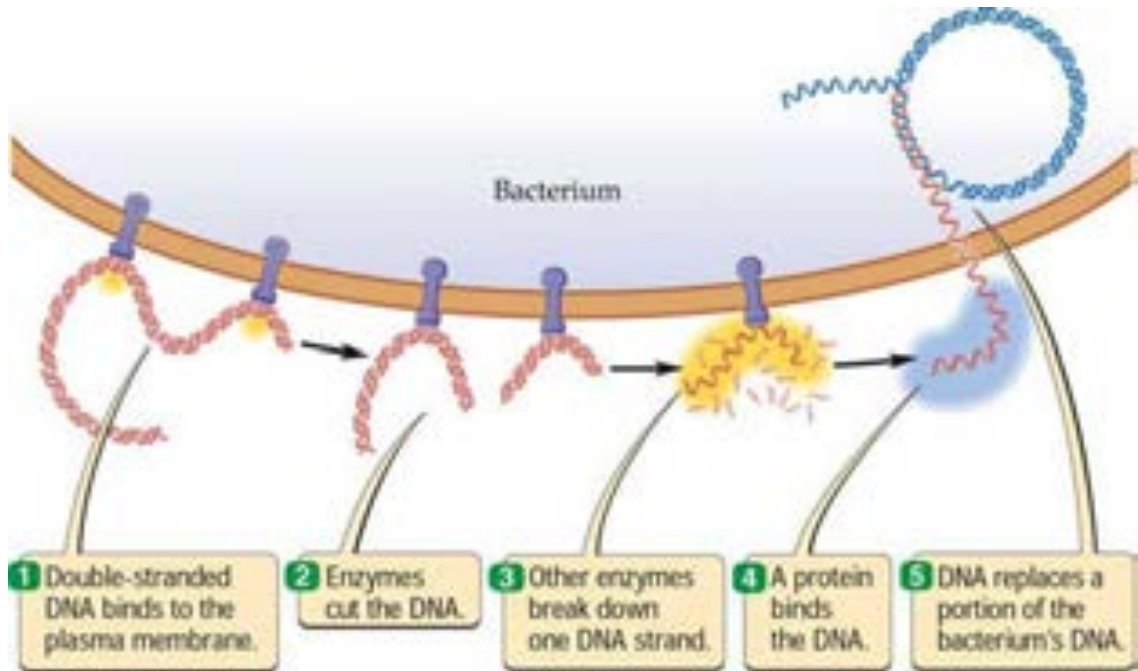


<https://biolearnspace.blogspot.com/2017/11/experiments-of-avery-macleod-and.html>

## Experiments Avery MacLeod i McCarthy (1944)



# TRANSFORMACIÓ NATURAL



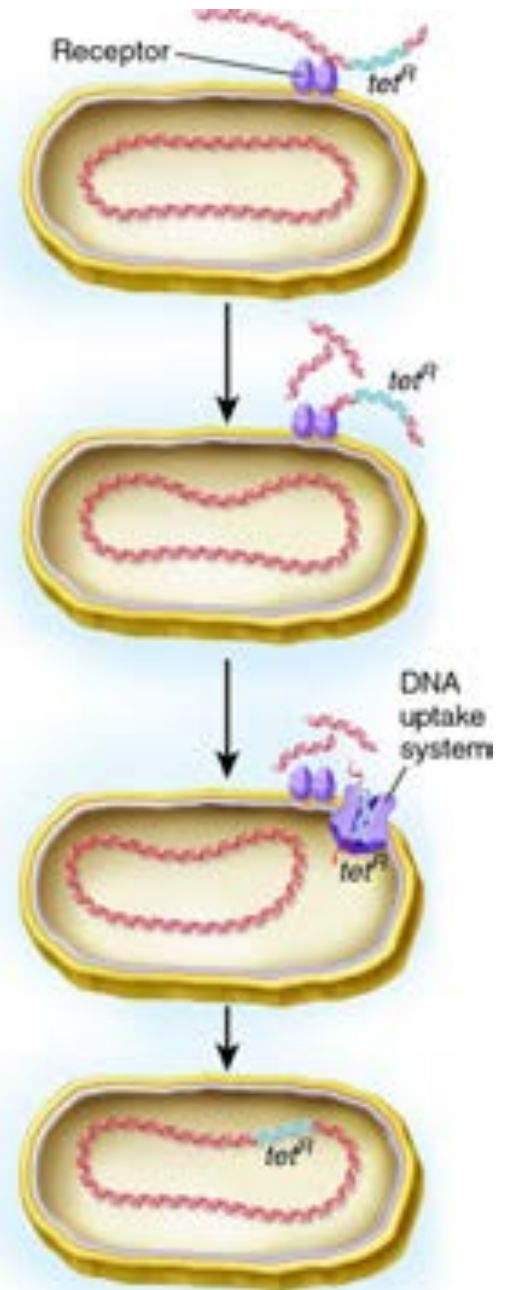
<http://www.nicerweb.com/doc/class/med/Transformation.jpg>

1 A DNA fragment containing the *ter<sup>R</sup>* gene binds to a cell surface receptor.

2 Bacterial enzymes cut the DNA into smaller fragments.

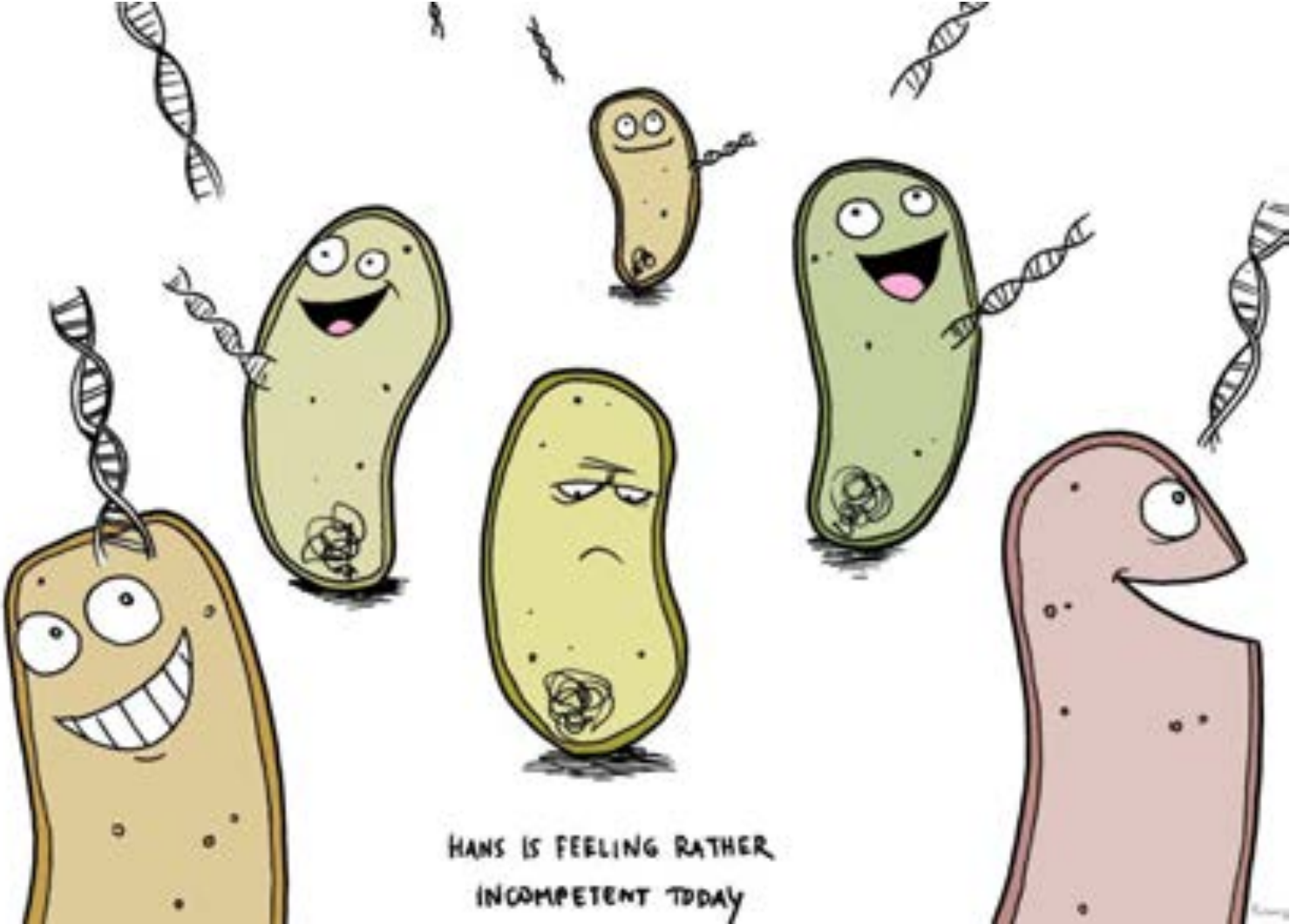
3 One strand is degraded, and a single strand is imported into the cell by a DNA uptake system.

4 The imported DNA is incorporated into the bacterial chromosome.

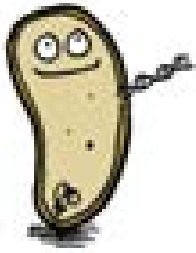


Transformed cell that is resistant to the antibiotic tetracycline

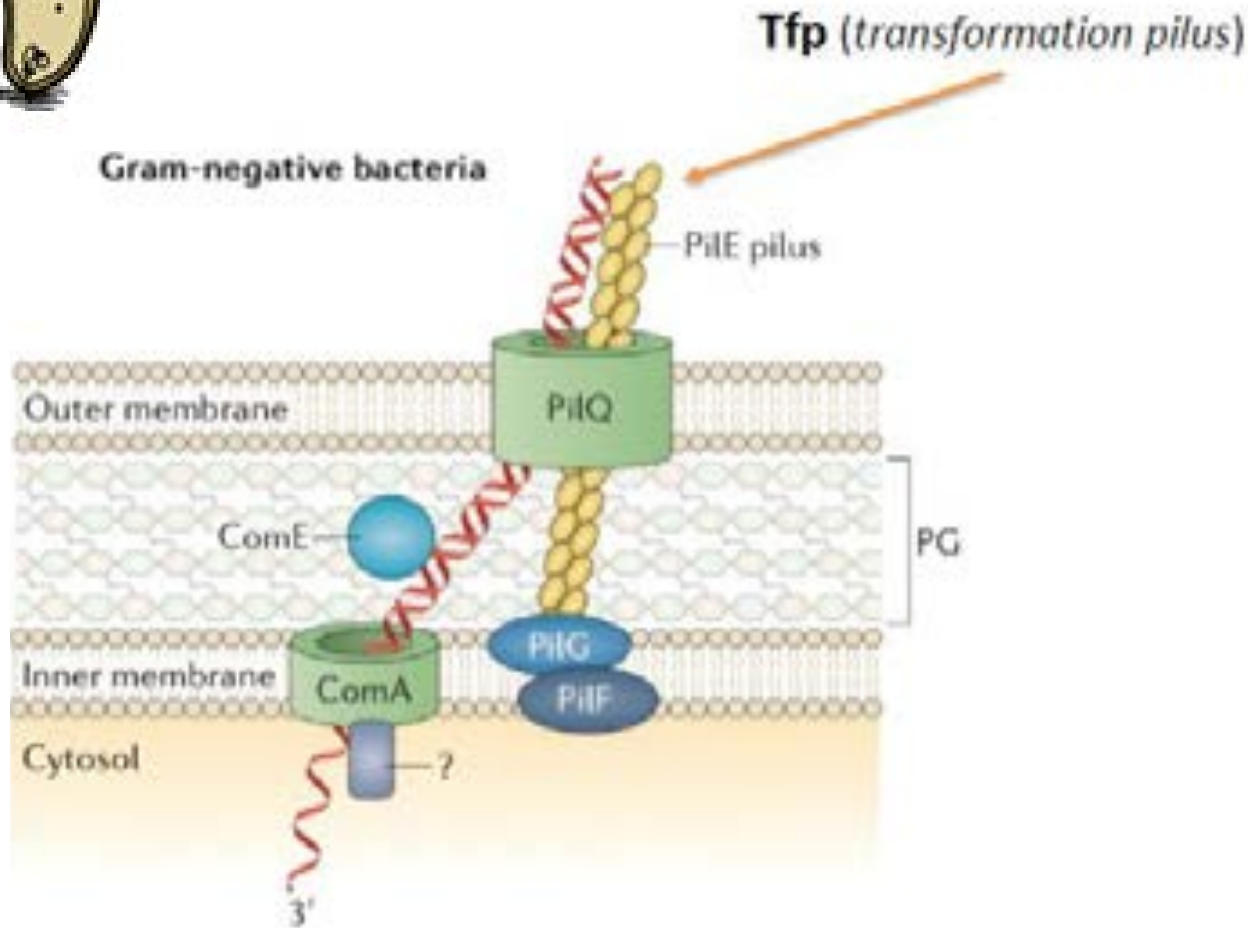
# Estat de **COMPETÈNCIA**



HANS IS FEELING RATHER INCOMPETENT TODAY

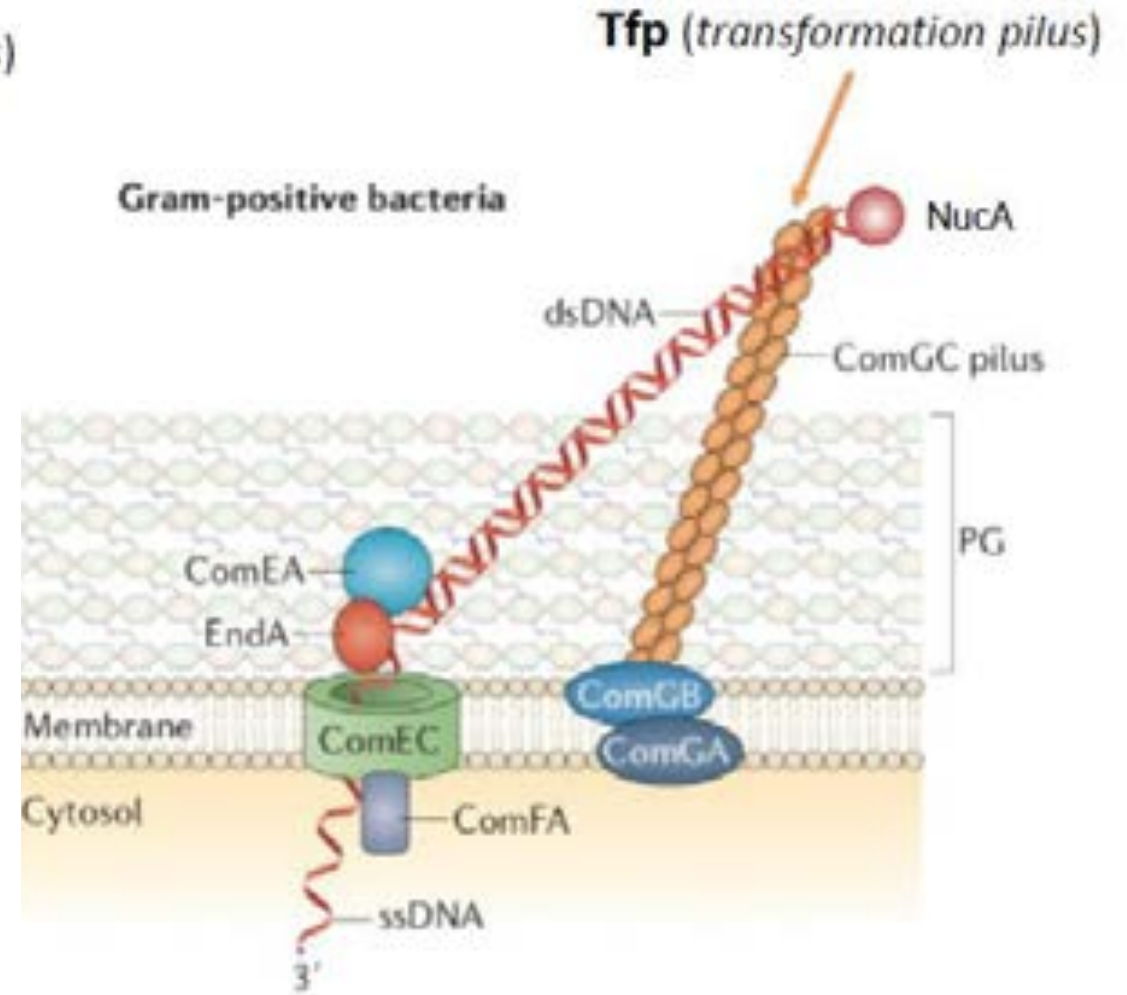


### Gram-negative bacteria



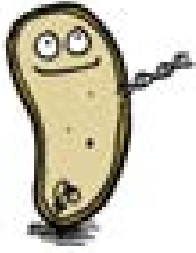
Nat Rev Microbiol (2014) 12, 181-198

### Gram-positive bacteria

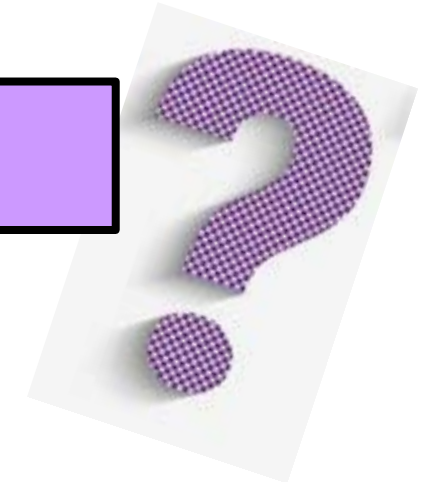


Nat Rev Microbiol (2014) 12, 181-198

La transformació de DNA és un procés **ACTIU** que requereix de **sistemes de captació** presents a la paret bacteriana



# Qualsevol DNA pot ser incorporat?



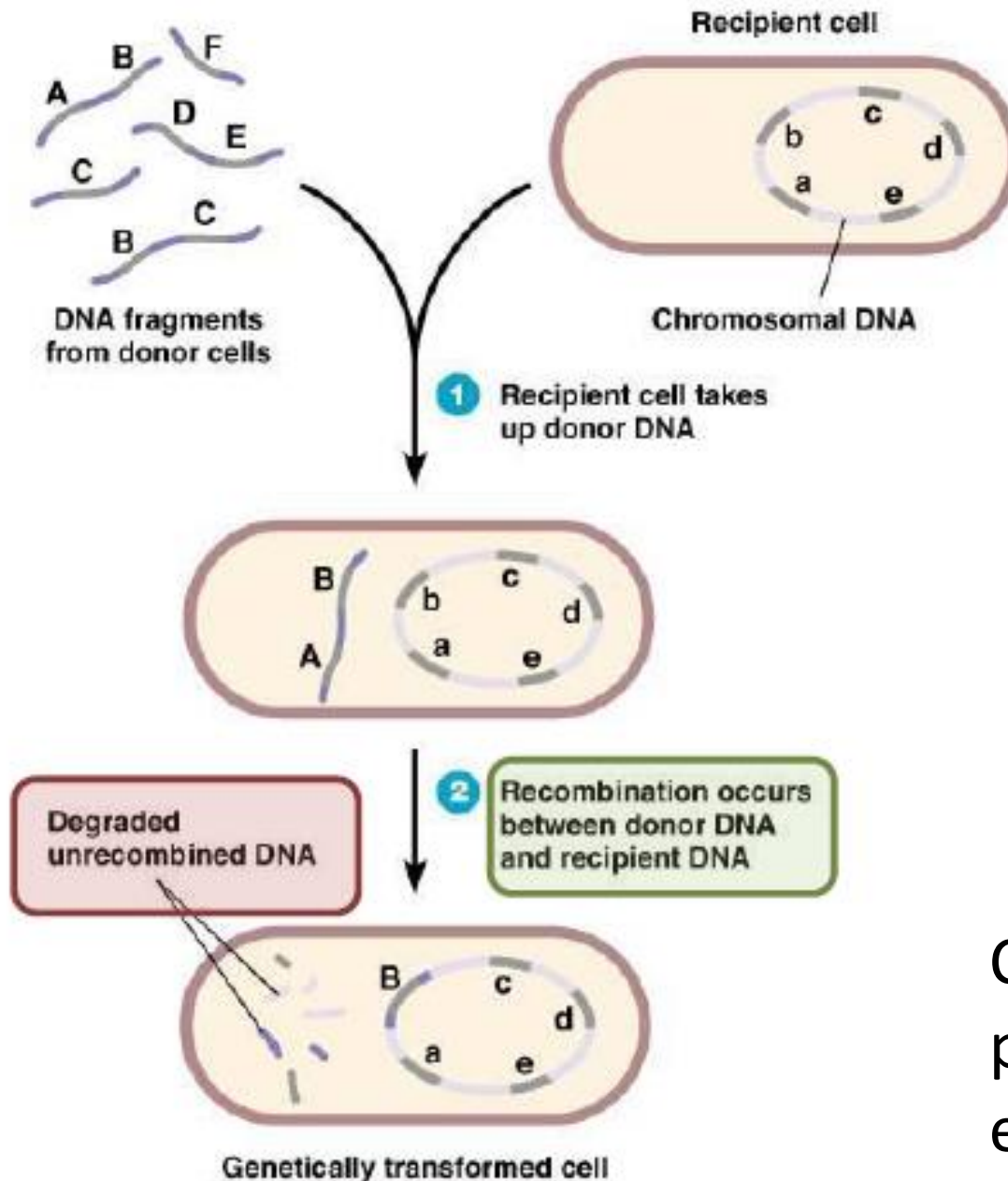
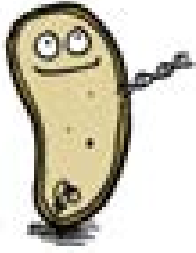
En **bacteris grampositius** qualsevol dsDNA pot ser incorporat

En **bacteris gramnegatius** el sistema de captació detecta una **seqüència determinada** que està present en el DNA

**Table 1.** Highly repeated oligonucleotide sequences in transformable bacteria with sequenced genomes.

Bacterial name	Gram +/−	NTR <sup>a</sup>	Repeated sequence	Sites total	SD <sup>b</sup>	Sites plus	Sites minus	Sites per kb
<i>H. influenzae</i> Rd	−	+	AAGTGC GGT	1471	517	737	734	0.80
<i>N. meningitidis</i> Z2491	−	+	GCCGTCTGAA	1891	943	958	933	0.87
<i>N. gonorrhoeae</i> FA1090 <sup>c</sup>	−	+	GCCGTCTGAA	1952 <sup>d</sup>	974	959 <sup>d</sup>	993 <sup>d</sup>	0.91 <sup>d</sup>
<i>Synechocystis</i> sp. PCC6803	−	+	GGCGATCGCC <sup>e</sup>	2823	1993	2823	NA <sup>f</sup>	0.79
<i>B.subtilis</i> 168	+	+	None					

<sup>a</sup> Naturally transforming. <sup>b</sup> Standard deviation of the observed frequency compared to the mean frequency calculated from the base composition. <sup>c</sup> Sequence not completed. <sup>d</sup> Data based on incomplete sequence. <sup>e</sup> Not known to be involved in DNA uptake. <sup>f</sup> Nonapplicable; palindromic sequence has only the plus orientation.

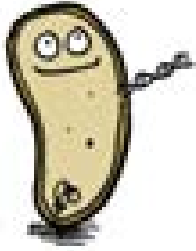


Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

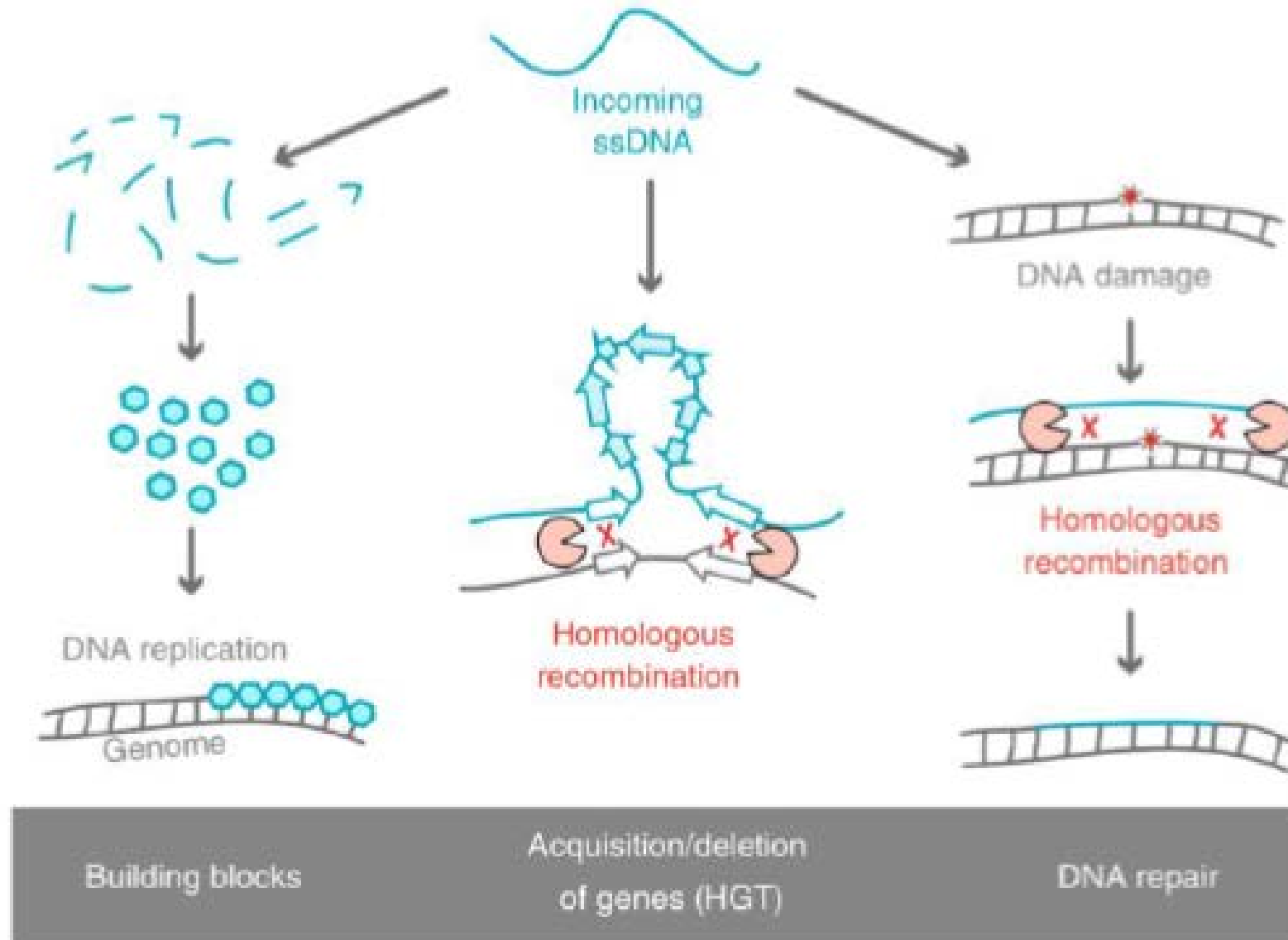


Què passa amb el DNA que és captat per la cèl·lula?

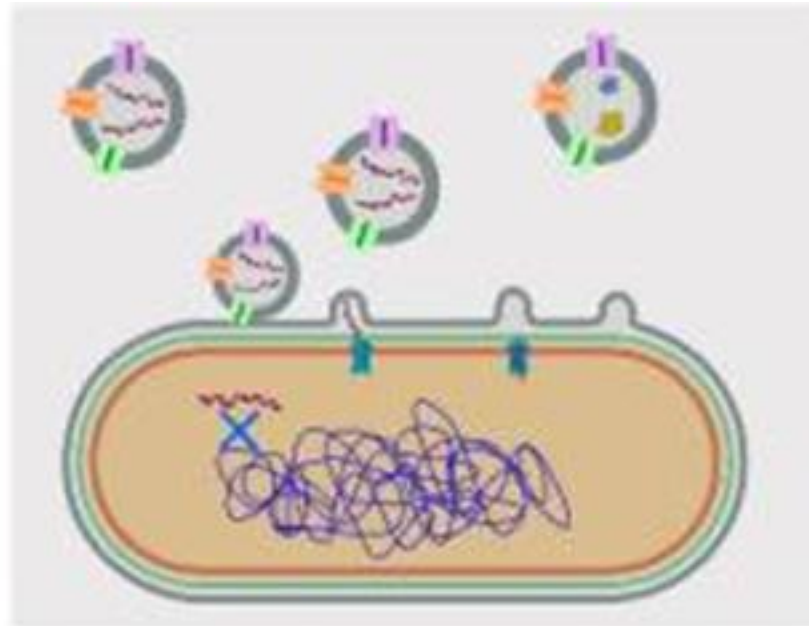
Cal que hi hagi **homologia** perquè el DNA s'incorpori en el cromosoma de la soca receptora.



# Funció de la transformació natural



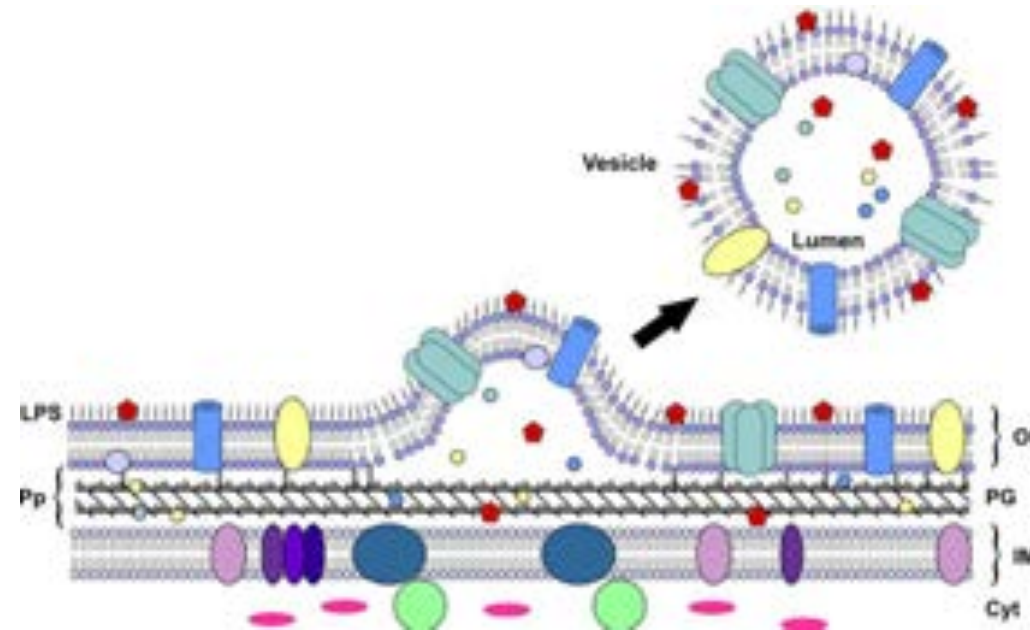
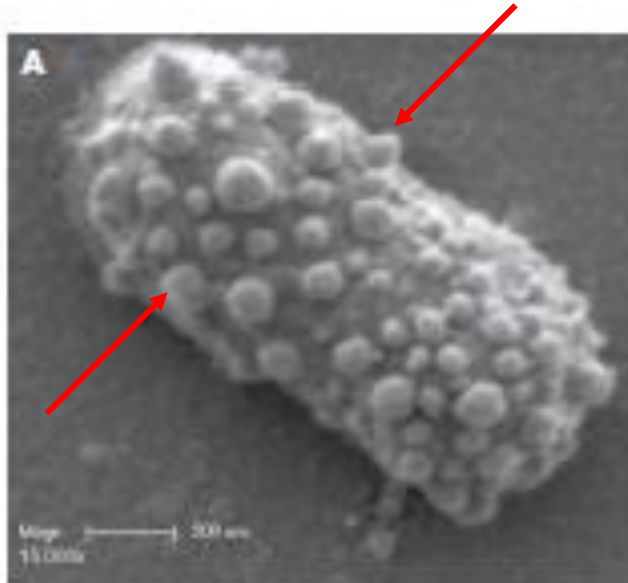
# TRANSFERÈNCIA PER VESSÍCULES







# Què són?



## Mida de les vesícules bacterianes

Gram negatius	10 - 500 nm
Gram positius	20 - 400 nm

## Espècies bacterianes en les que s'han descrit vesícules

*E. coli*

*Acinetobacter baumannii*

*Campylobacter jejunii*

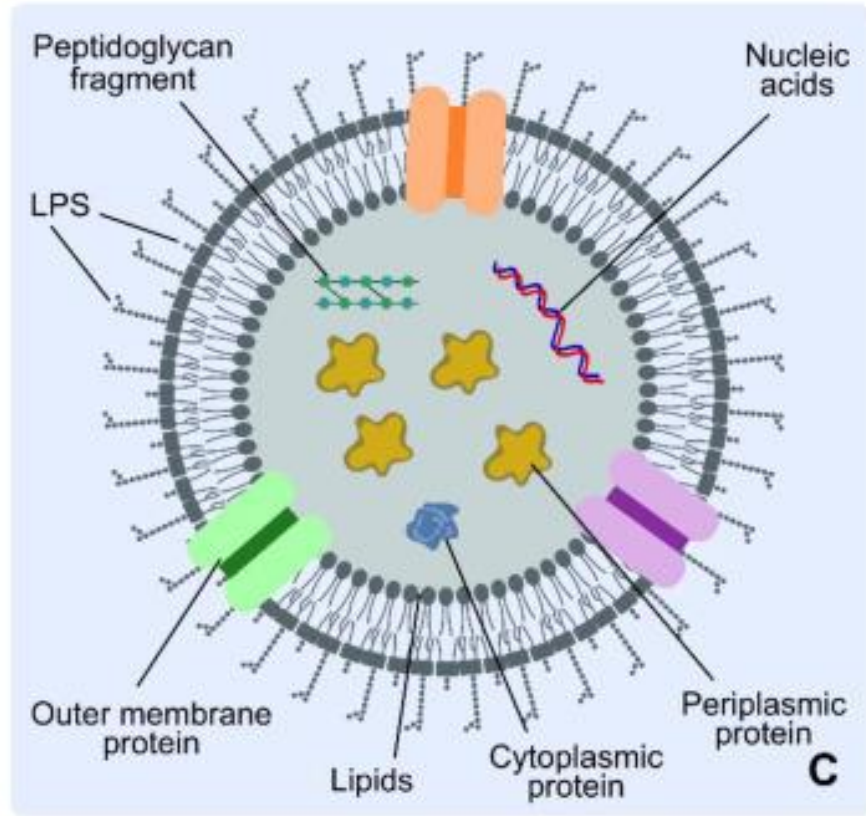
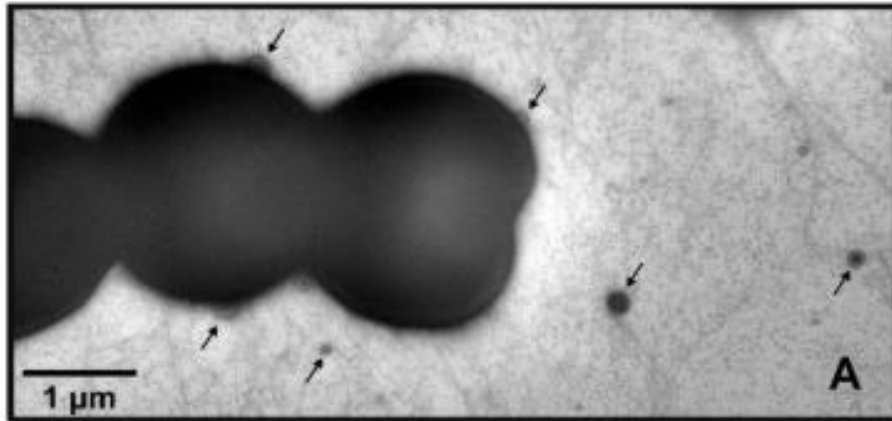
*Porphyromonas gingivalis*

*Thermus thermophilus*

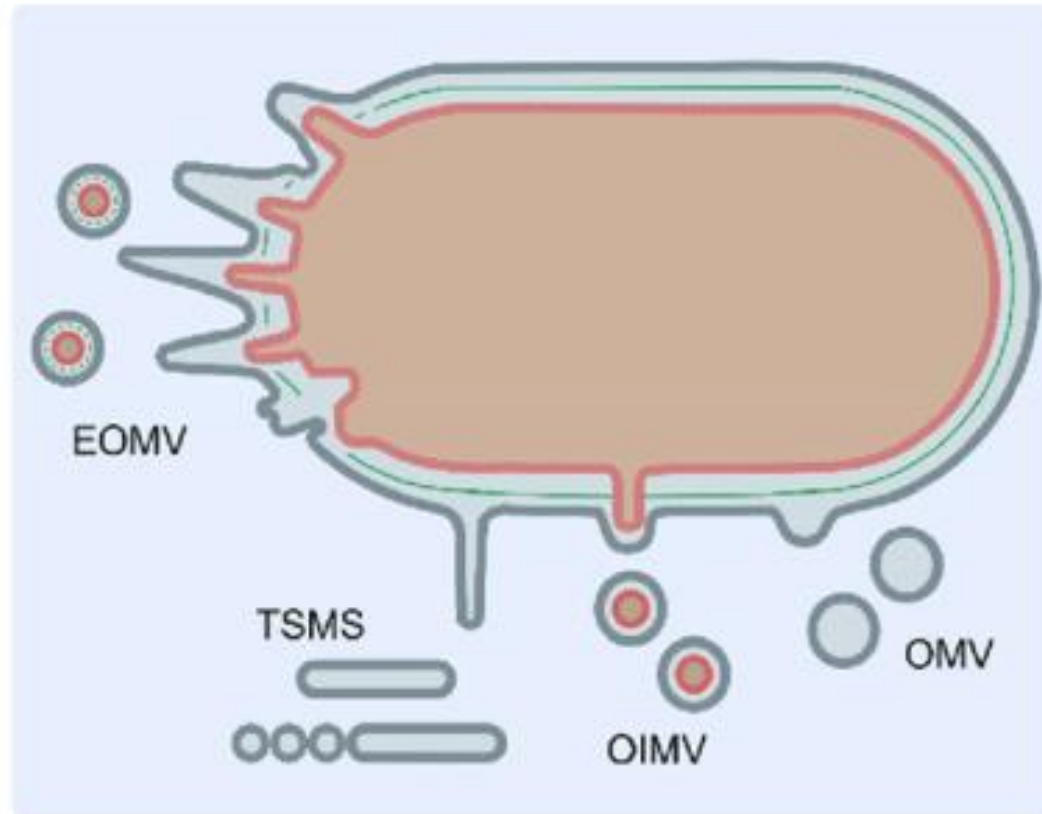
*Bacillus anthracis*

*Clostridium perfringens*

*Mycobacterium tuberculosis*



Life (Basel). 2020 Jul 31;10(8):129. doi: 10.3390/life10080129.

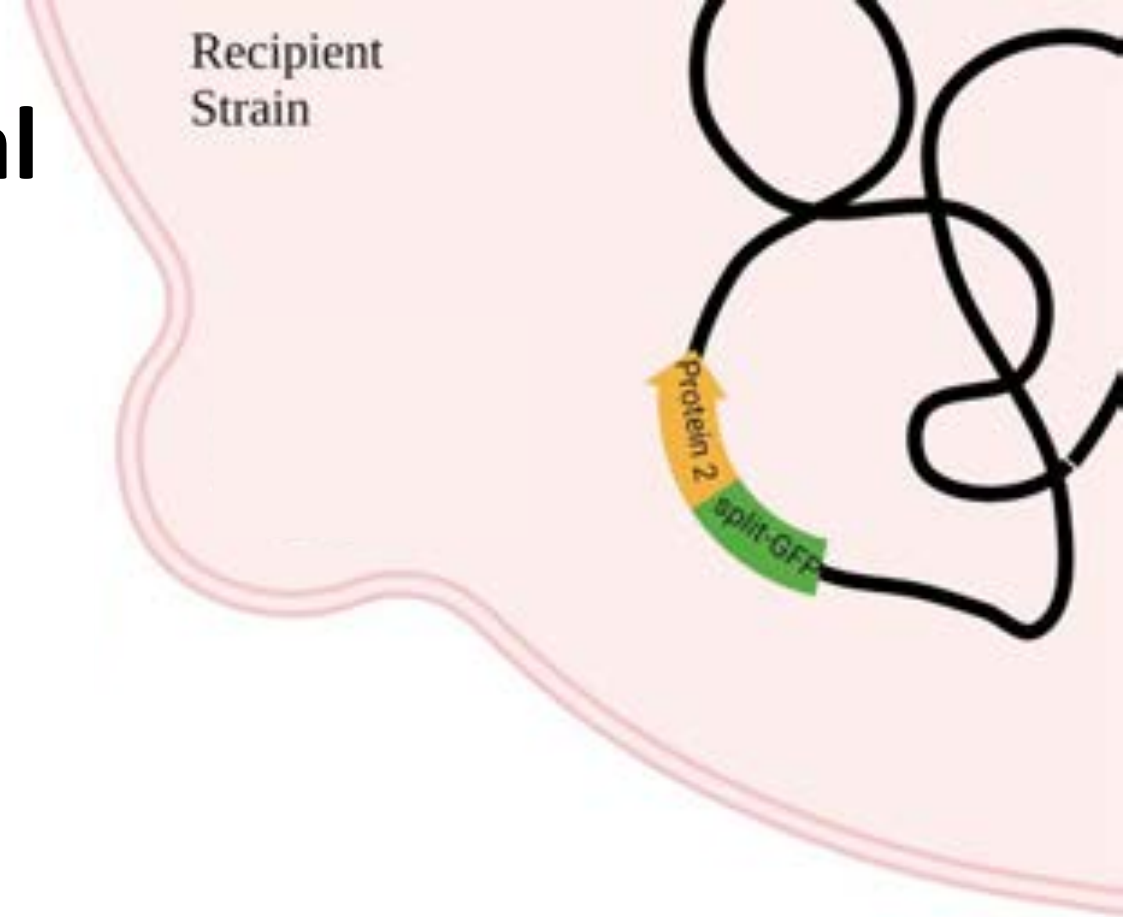
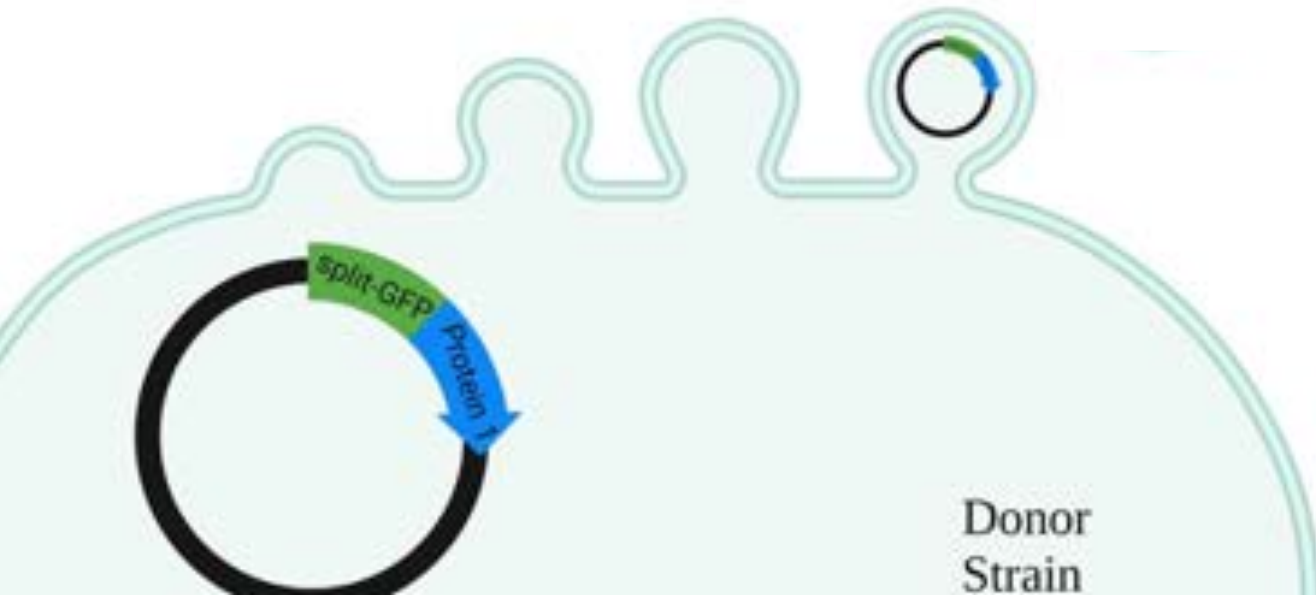


Life (Basel). 2020 Jul 31;10(8):129. doi: 10.3390/life10080129.



# Transferència horitzontal

Plasmid  
Introduced  
Into MV



# Transferència horitzontal



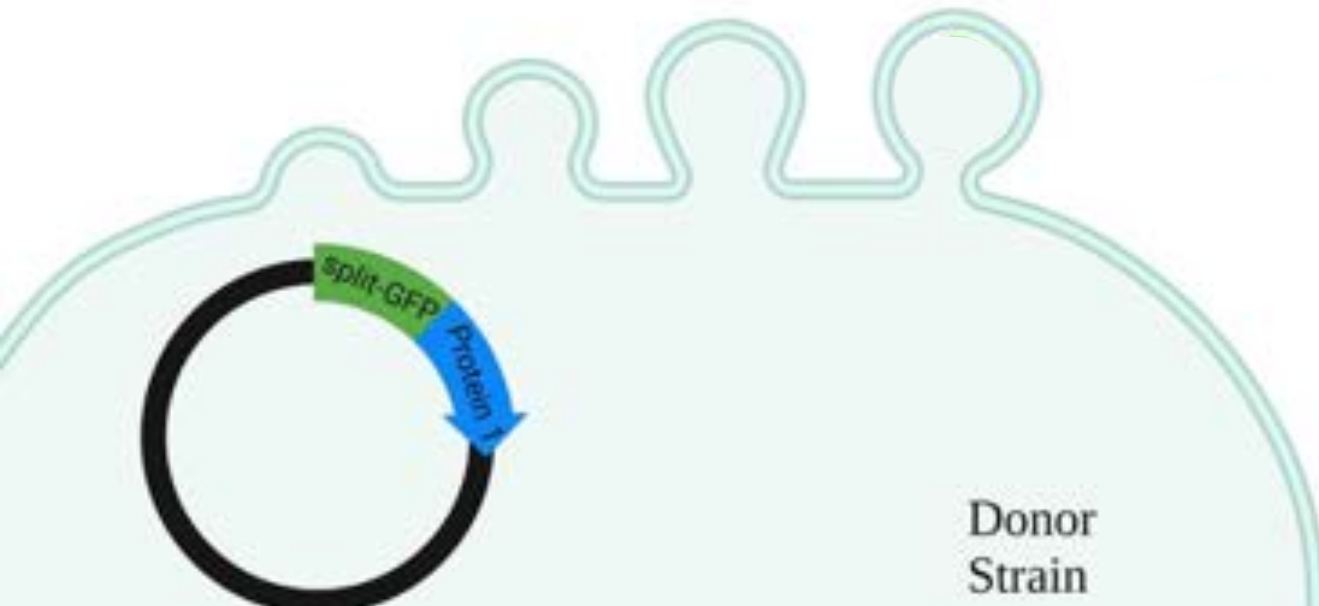
# Transferència horitzontal



Plasmid  
Carrier MV



Recipient  
Strain

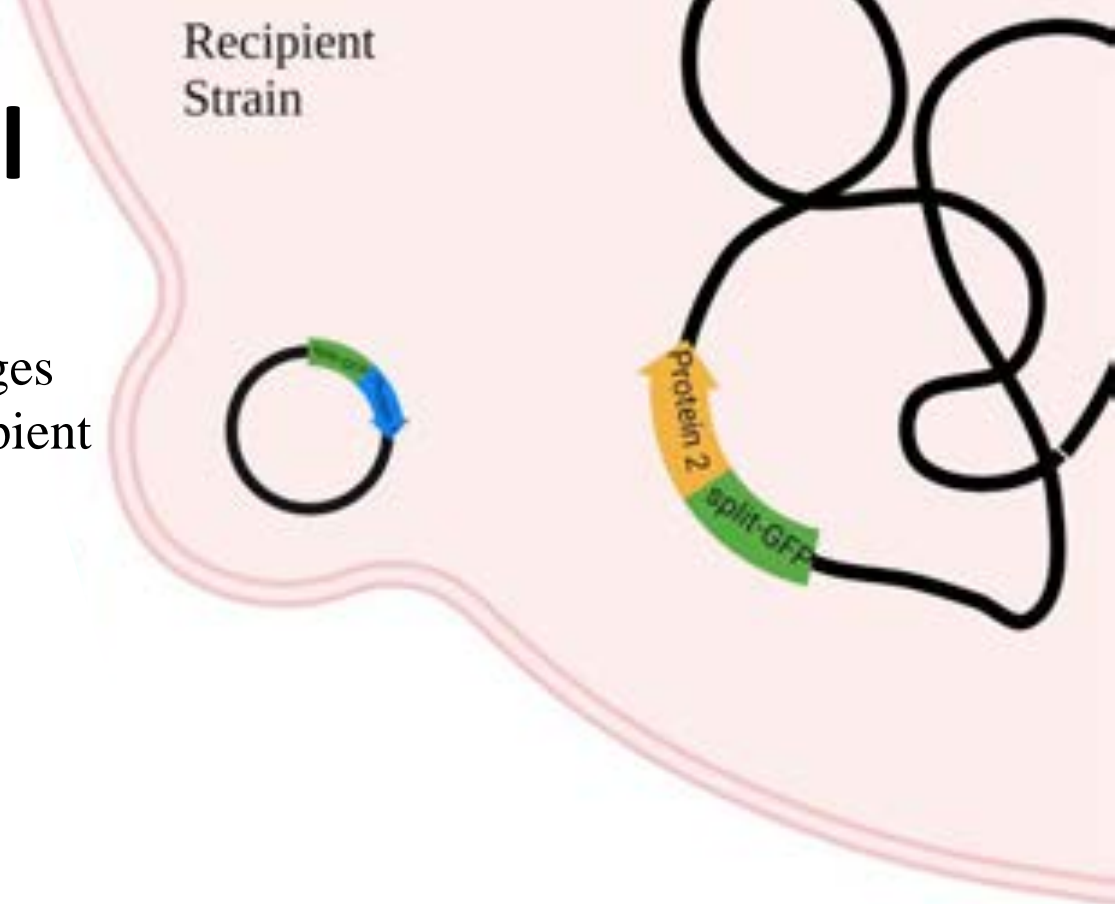
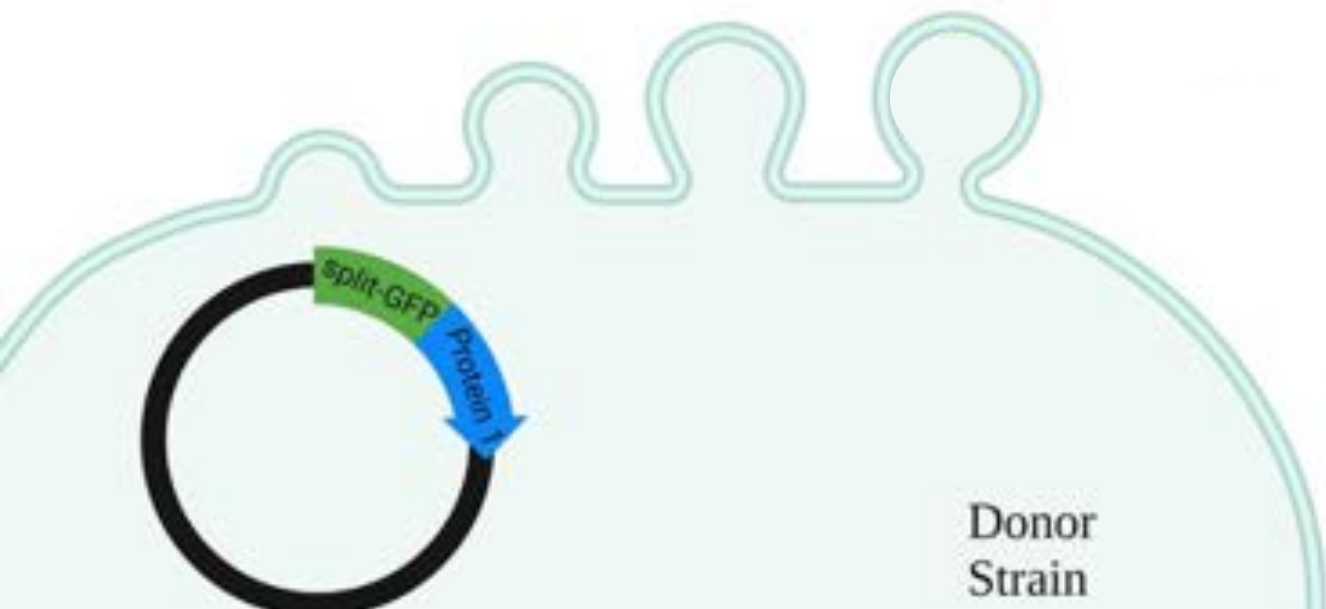


Donor  
Strain

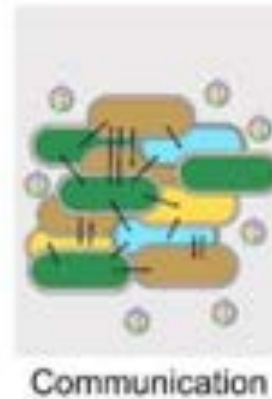
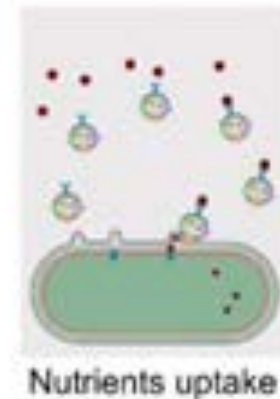
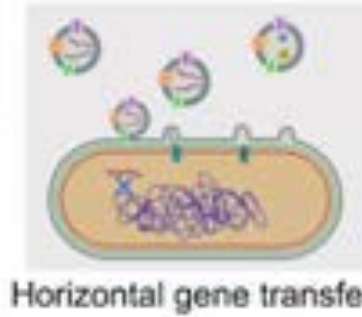
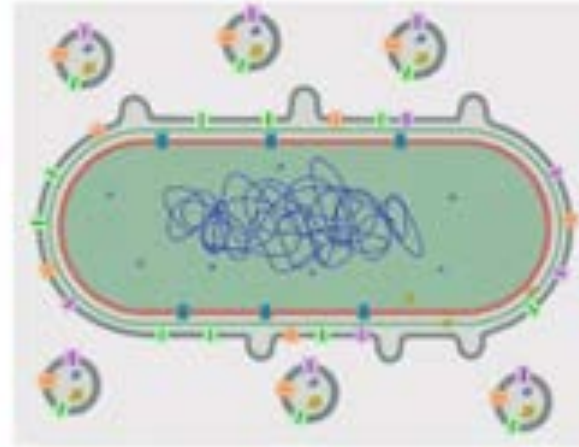
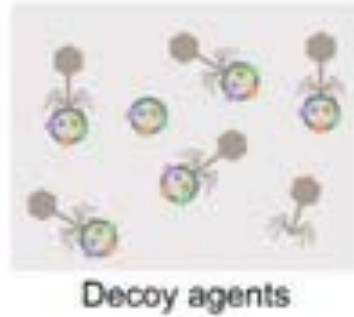
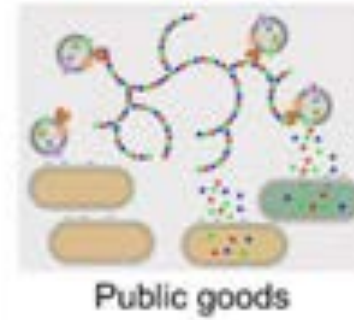
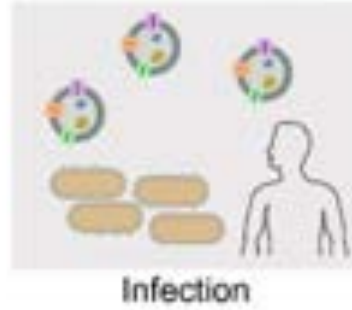
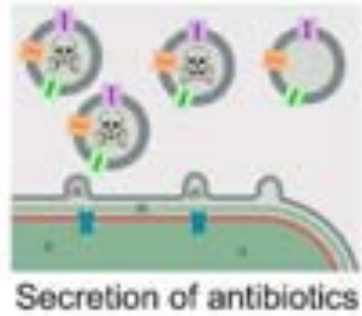


# Transferència horitzontal

MV Merges  
with recipient  
Strain

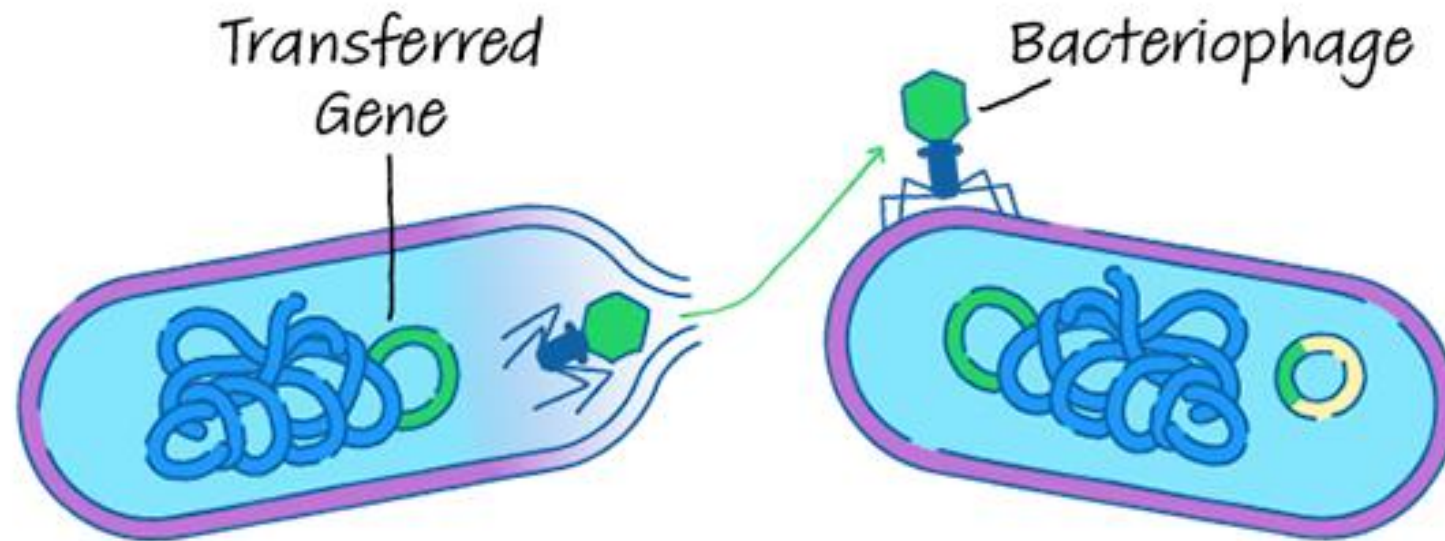


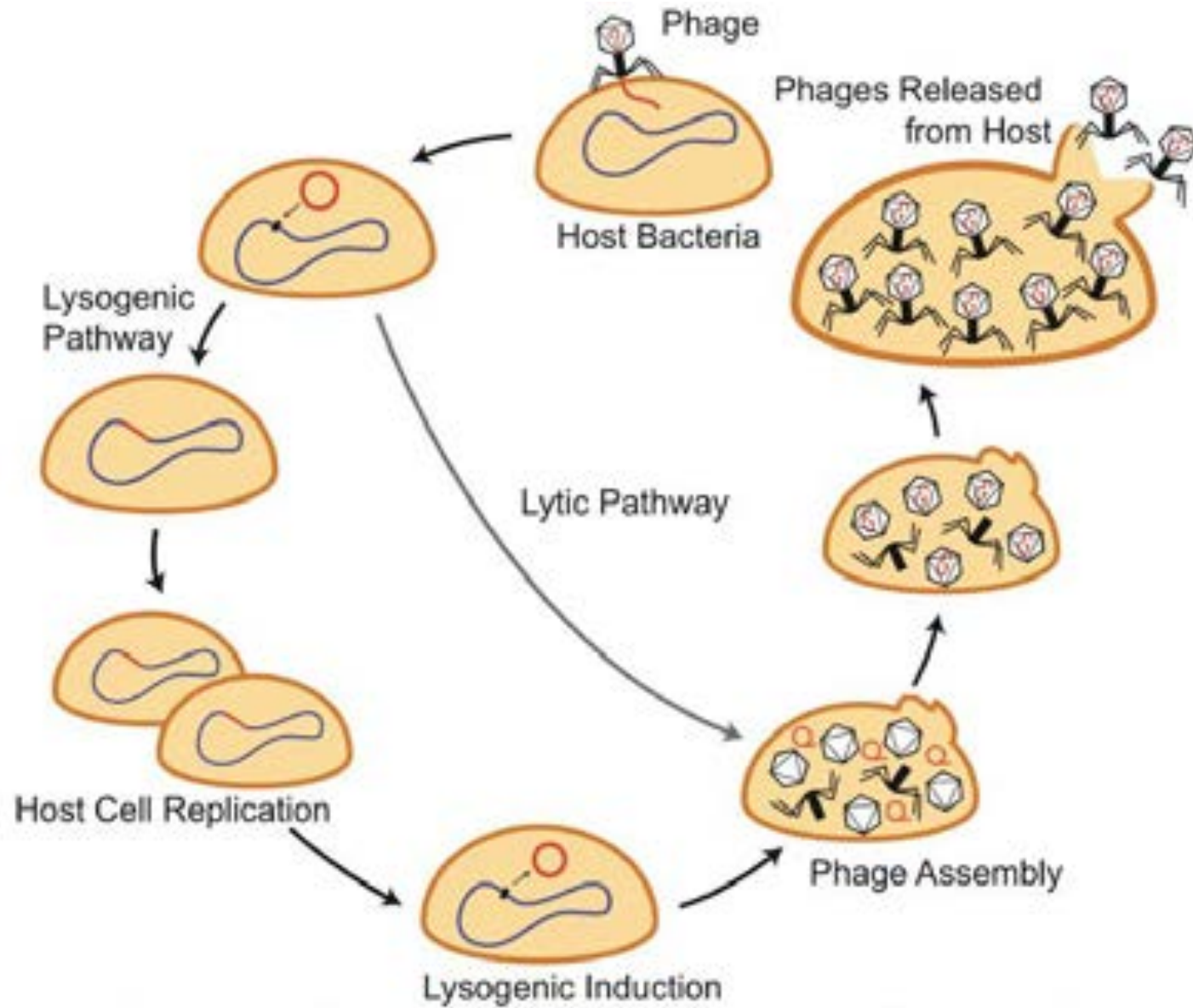
# Funció de les vessícules



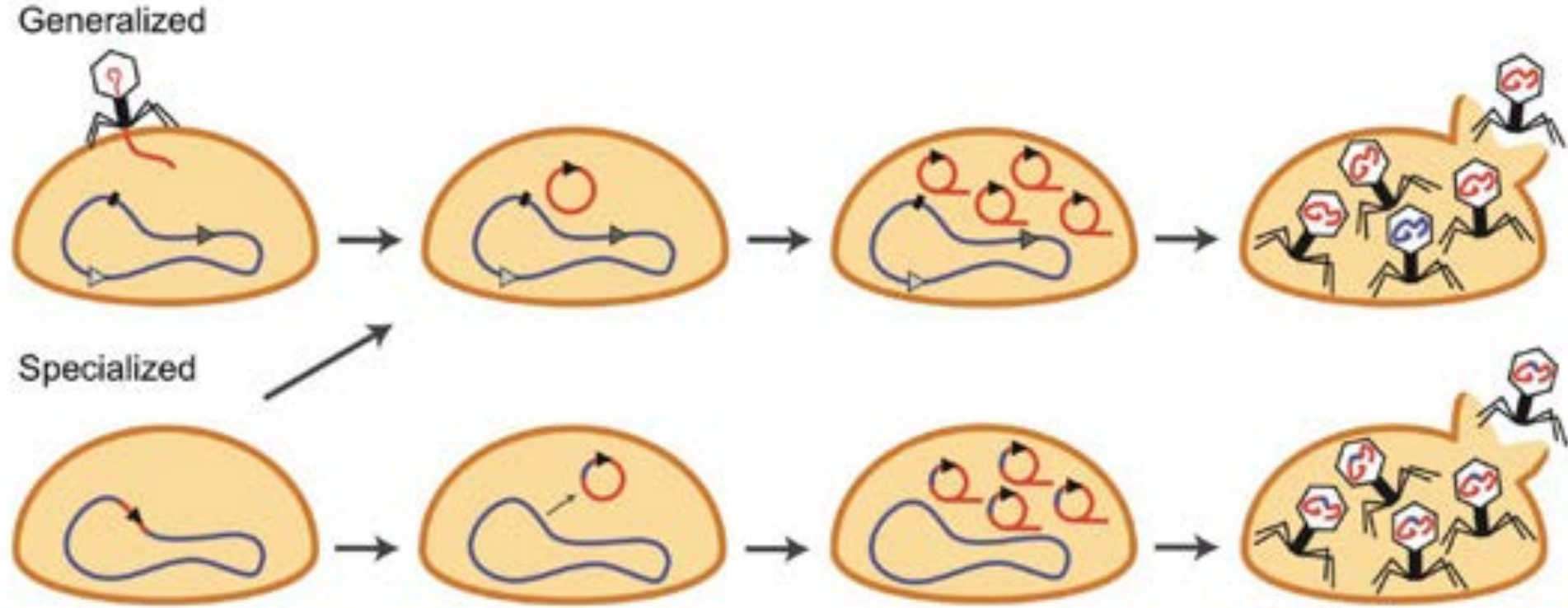


# TRANSDUCCIÓ





**Fig 1. Phage life cycles.** Temperate phages can insert their genomes (in red) into the host bacterial chromosome (in blue) to become a prophage in the lysogenic life cycle. Following lysogenic induction, prophages excise and enter the lytic life cycle.

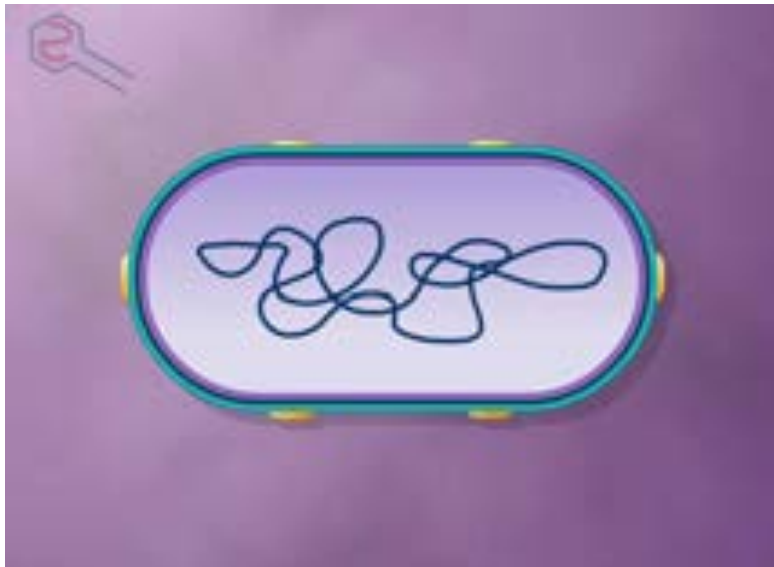
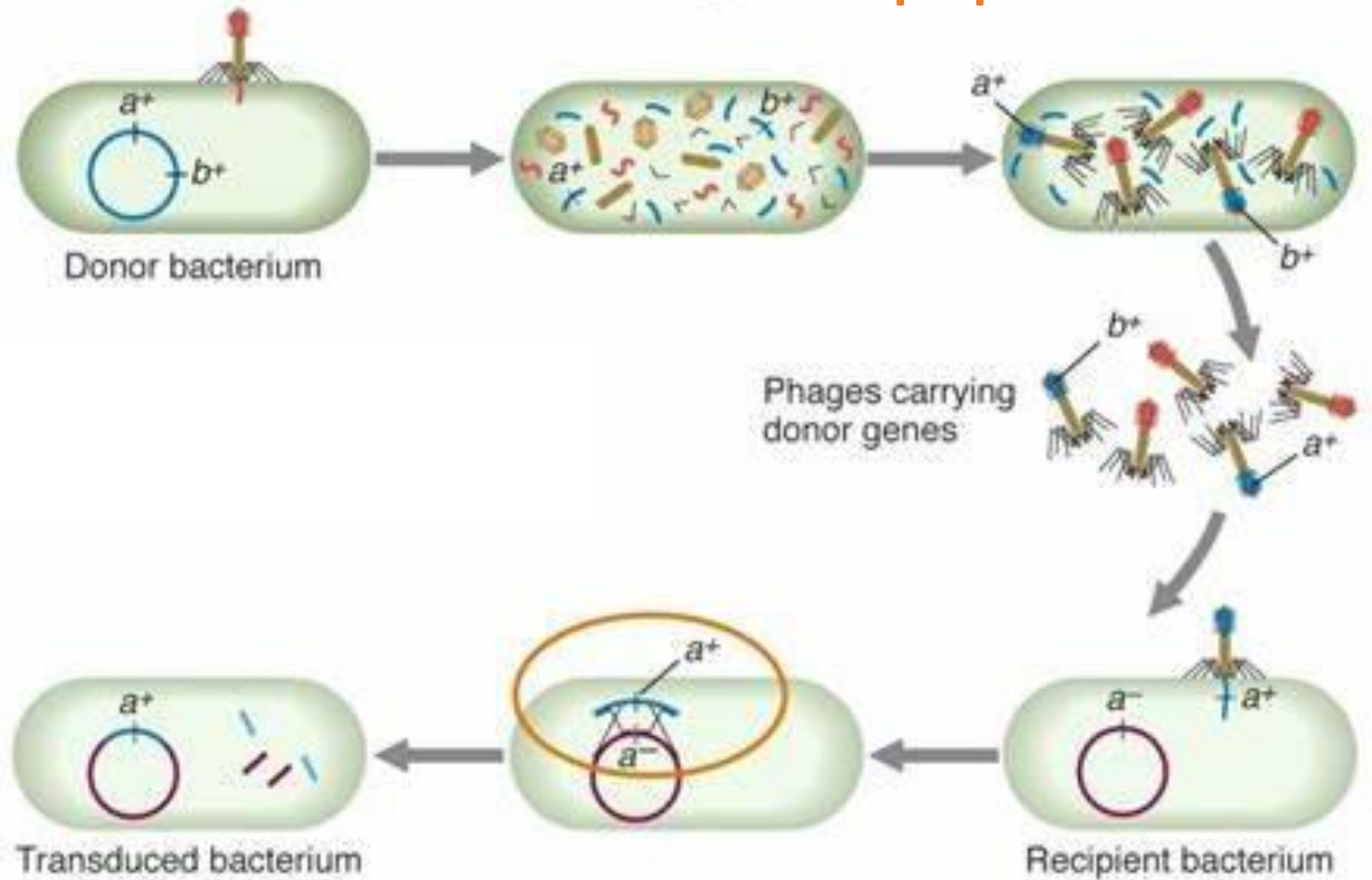


**Fig 2. Mechanisms of genetic transduction.** Generalized (top), specialized (middle), and lateral transduction (bottom). The viral genome (in red) first undergoes theta replication, followed by rolling circle replication. In lateral transduction, theta replication occurs prior to prophage excision. Phage terminase initiates DNA packaging from phage *pac* sites (black triangles) or pseudo-*pac* sites (gray triangles).



# Transducció generalitzada

Error d'empaquetament



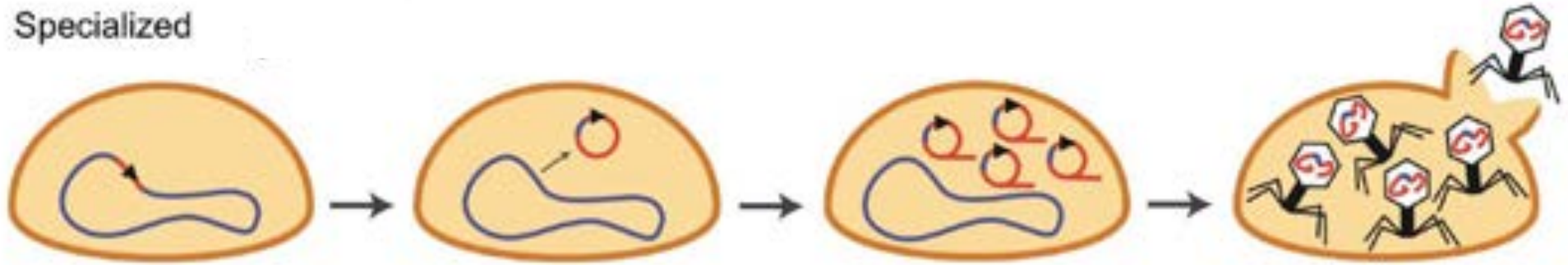
**Cal recombinació per establir  
DNA en la soca receptora**



# Transducció especialitzada

Error en l'escissió

Specialized



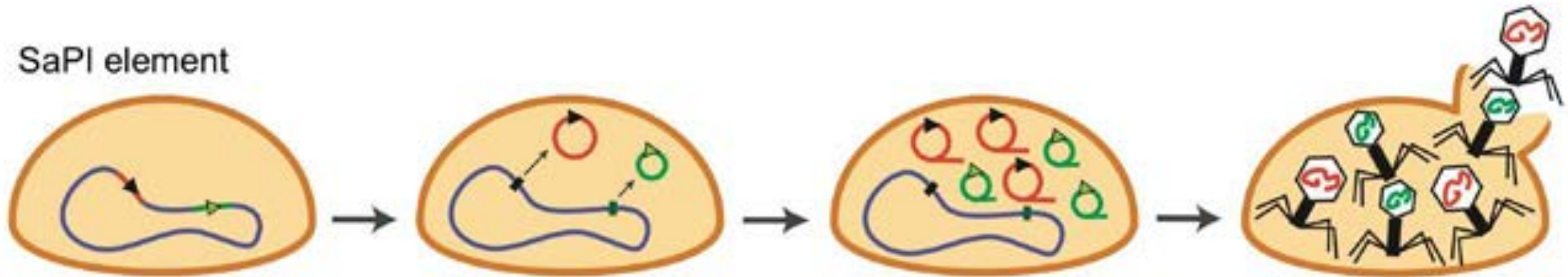
PLoS Pathog. 2019 Aug; 15(8): e1007878





# Elements mòvils que aprofiten les càpsides víriques com a vehicle de transferència

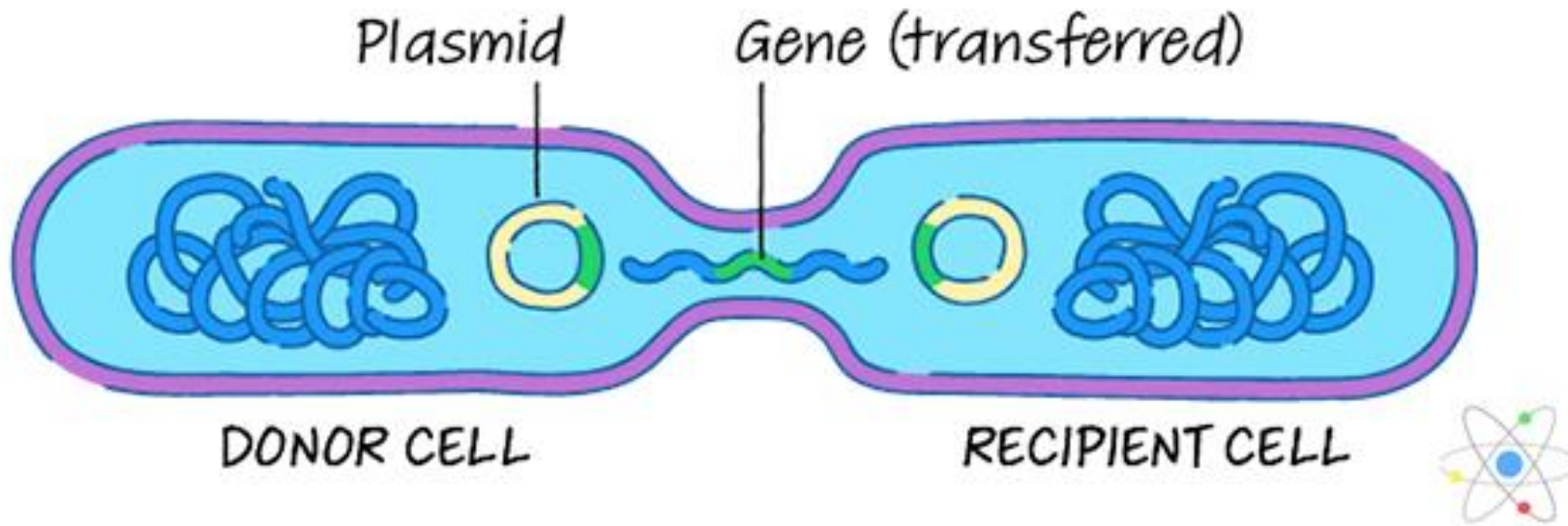
SaPI element

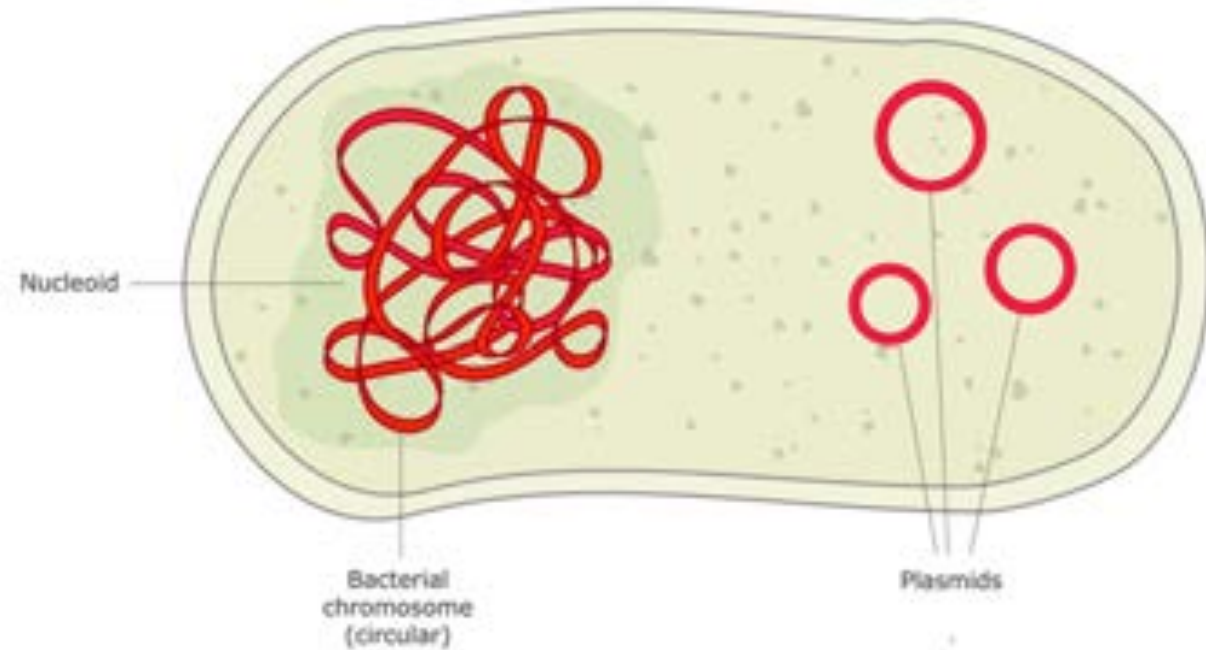


Ex. Movilització de illes de patogenicitat de *Staphylococcus aureus*

PLoS Pathog. 2019 Aug; 15(8): e1007878

# CONJUGACIÓ





© The University of Waikato Te Whare Wānanga o Waikato | [www.sciencelearn.org.nz](http://www.sciencelearn.org.nz)

- ✓ Plasmidi es un element autoreplicatiu extracromosòmic
- ✓ Una cèl·lula pot tenir diferents plasmidis
- ✓ El nombre de còpies de cada plasmidi per cèl·lula varia de 2 a moltíssimes còpies segons les característiques del plasmidi.

- ✓ Els plasmidis acostumen a contenir gens que aporten característiques addicionals a les cèl·lules que els contenen

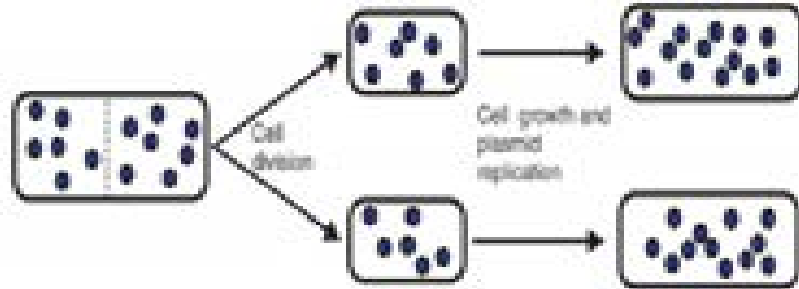




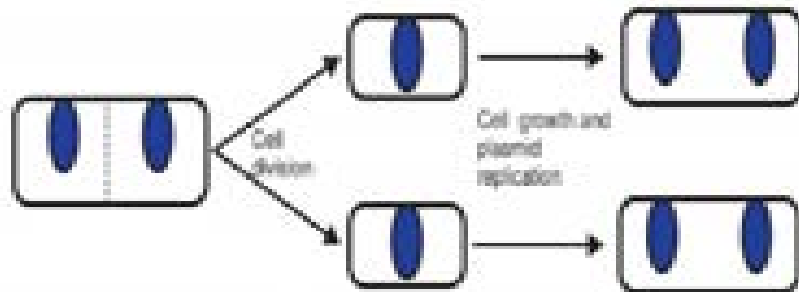
✓ Presenten sistemes que assegurin el seu manteniment dins de la població bacteriana

## Manteniment pel nombre de còpies

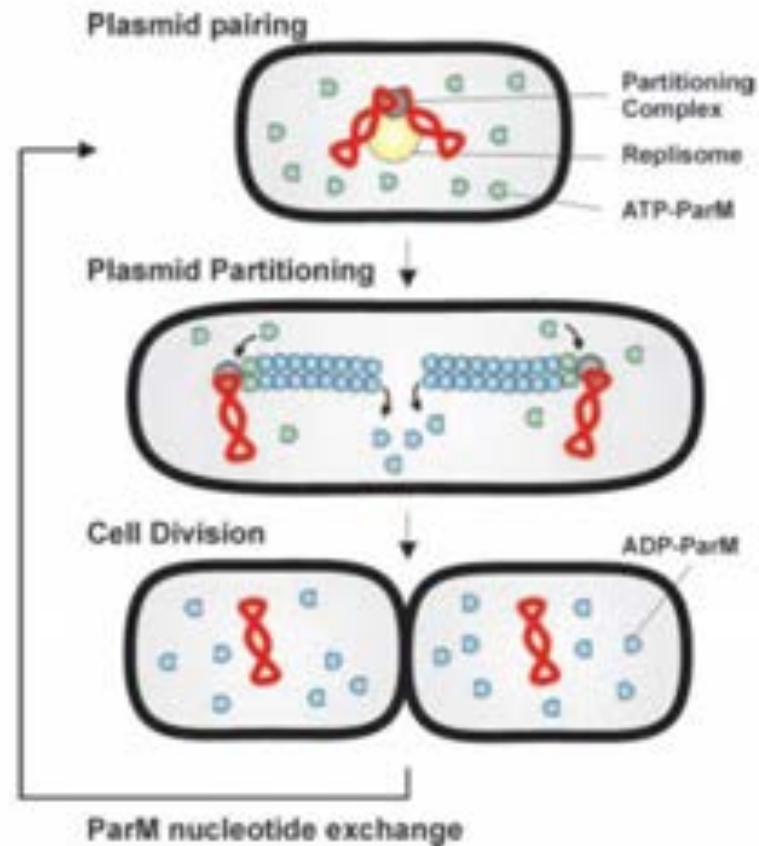
(a) Multicopy plasmid; random partitioning



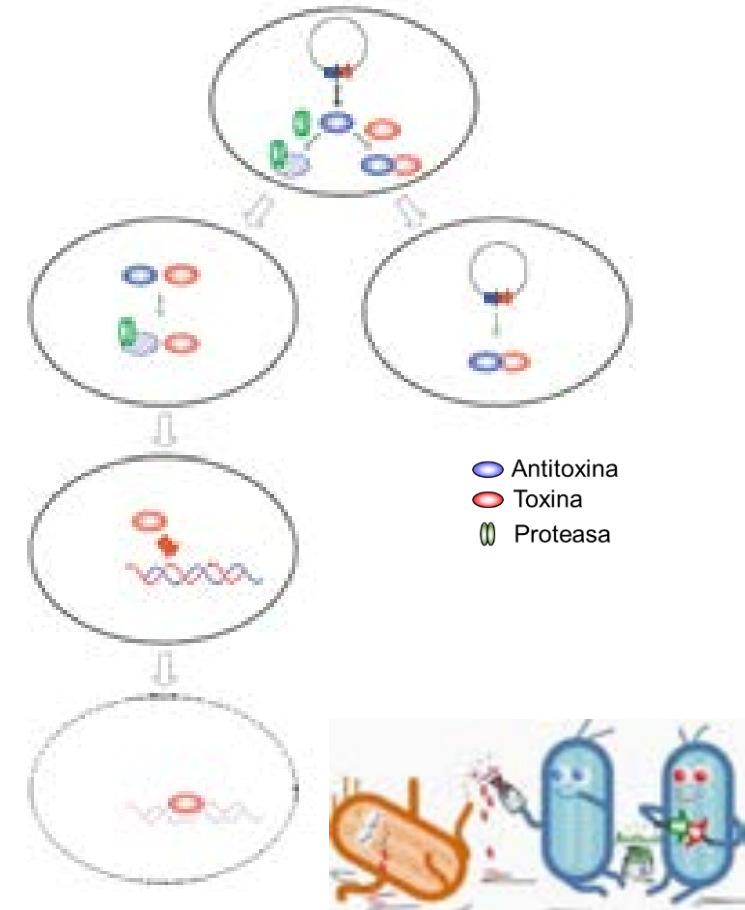
(b) Low-copy-number plasmid; directed partitioning

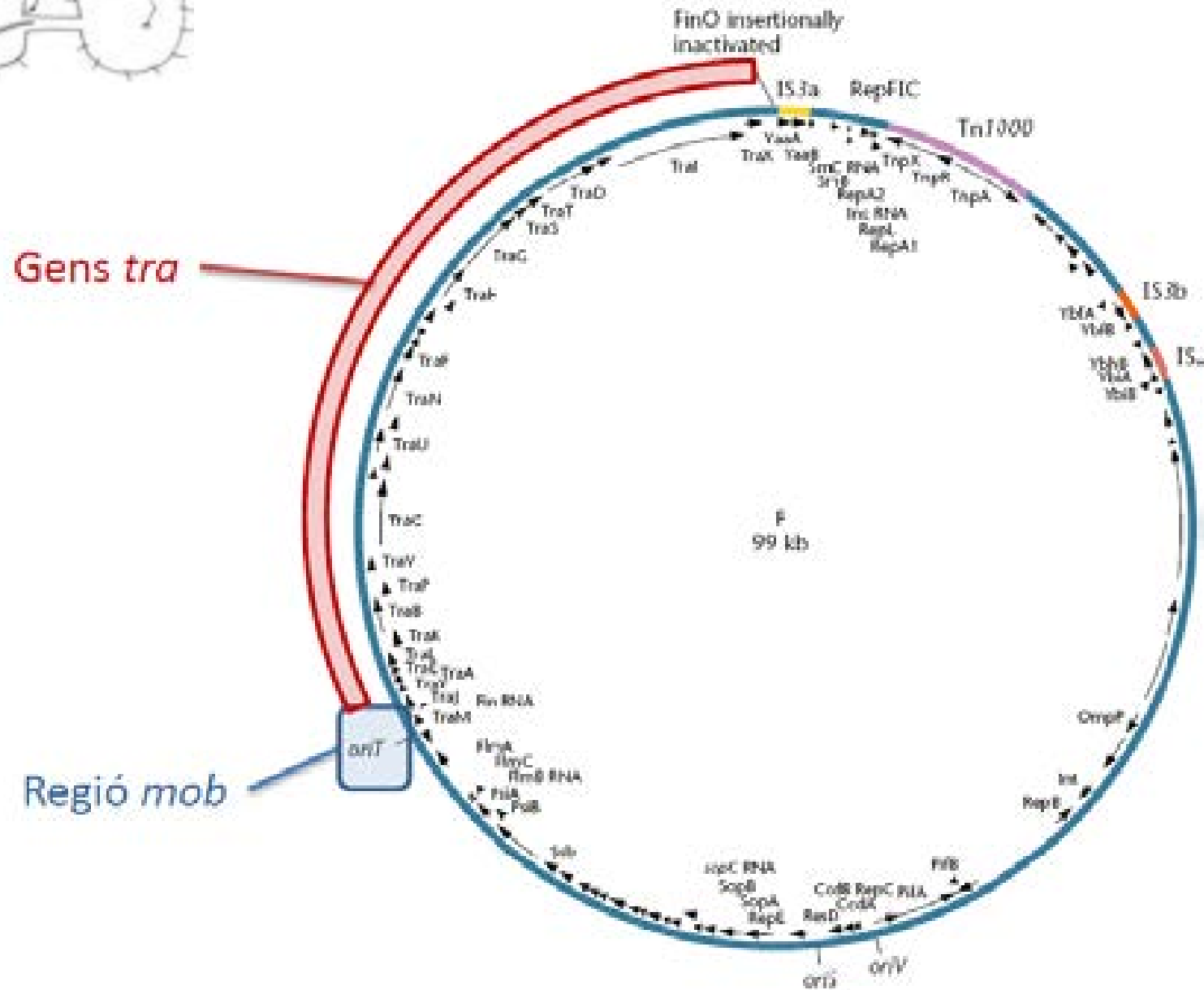
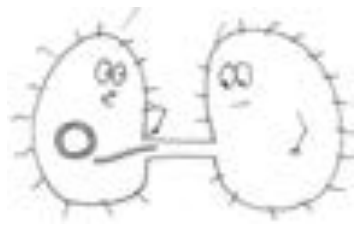


## Acoblament al citoesquelet

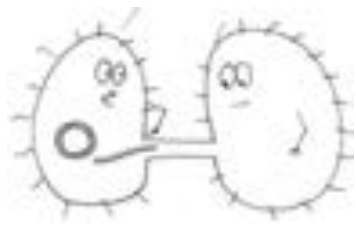


## Sistemes TOXINA/ANTITOXINA

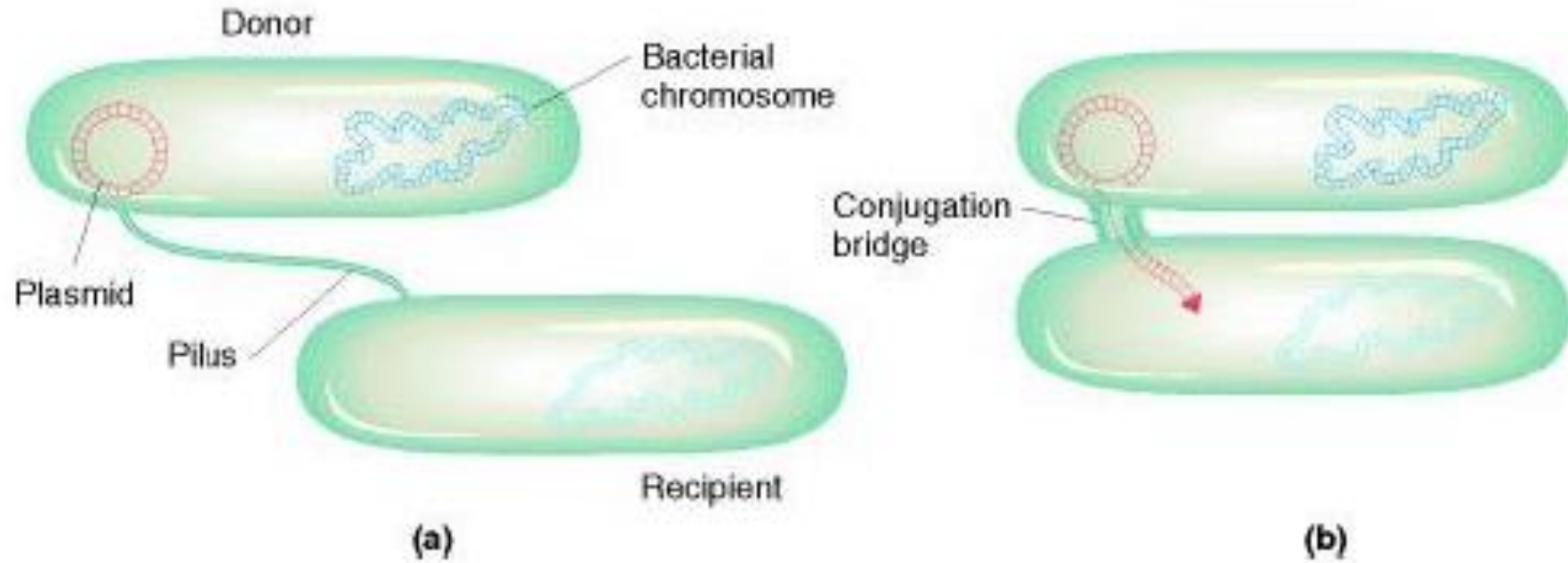




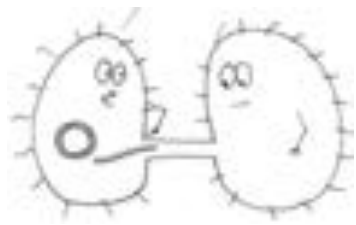
✓ Els plasmidis poden portar tots els gens que permeten la seva transferència per **conjugació**



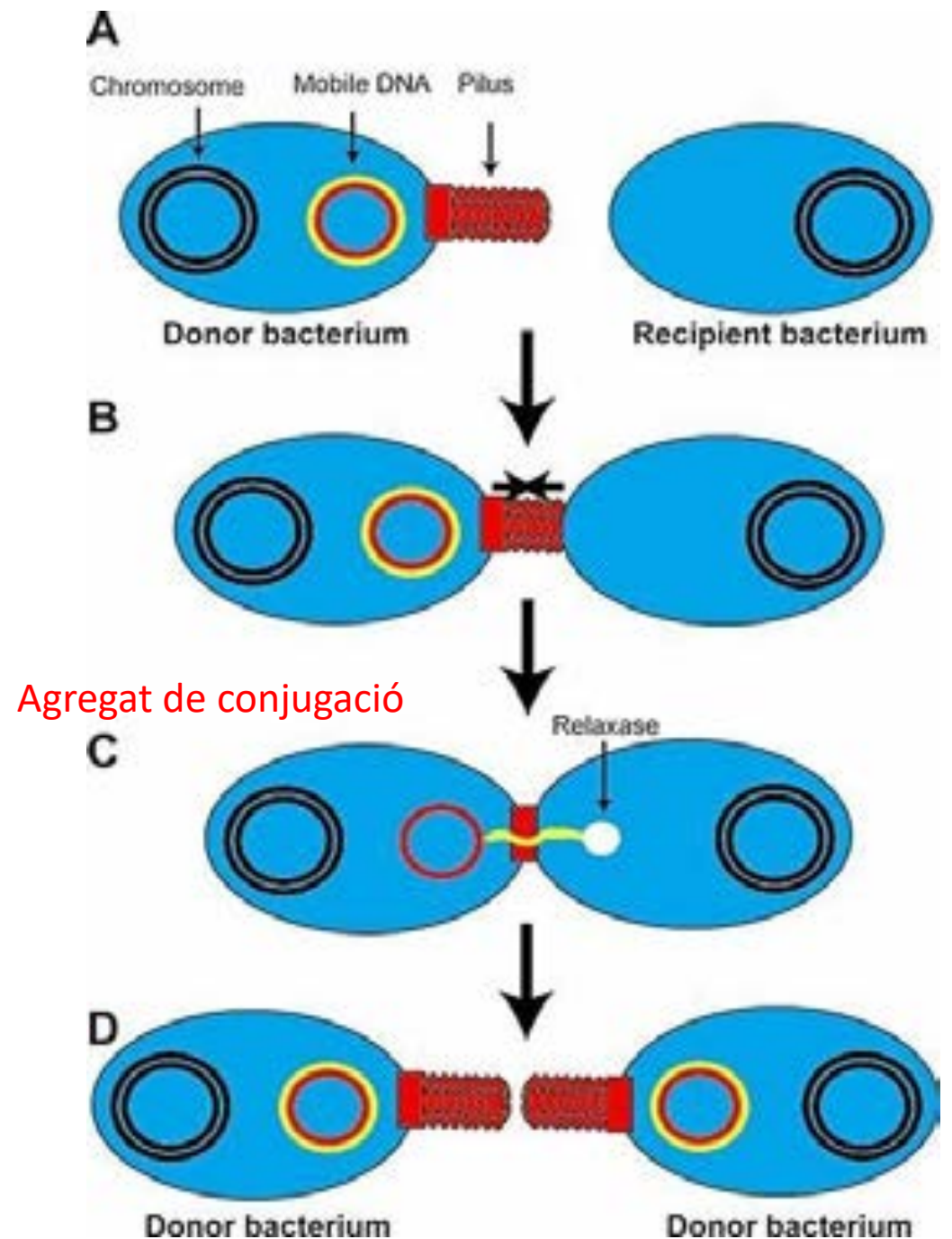
# Conjugació en bacteris gramnegatius

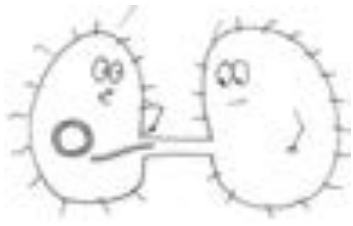


Griffiths *et al.* "An Introduction to Genetic Analysis" 7th Edition (2000)



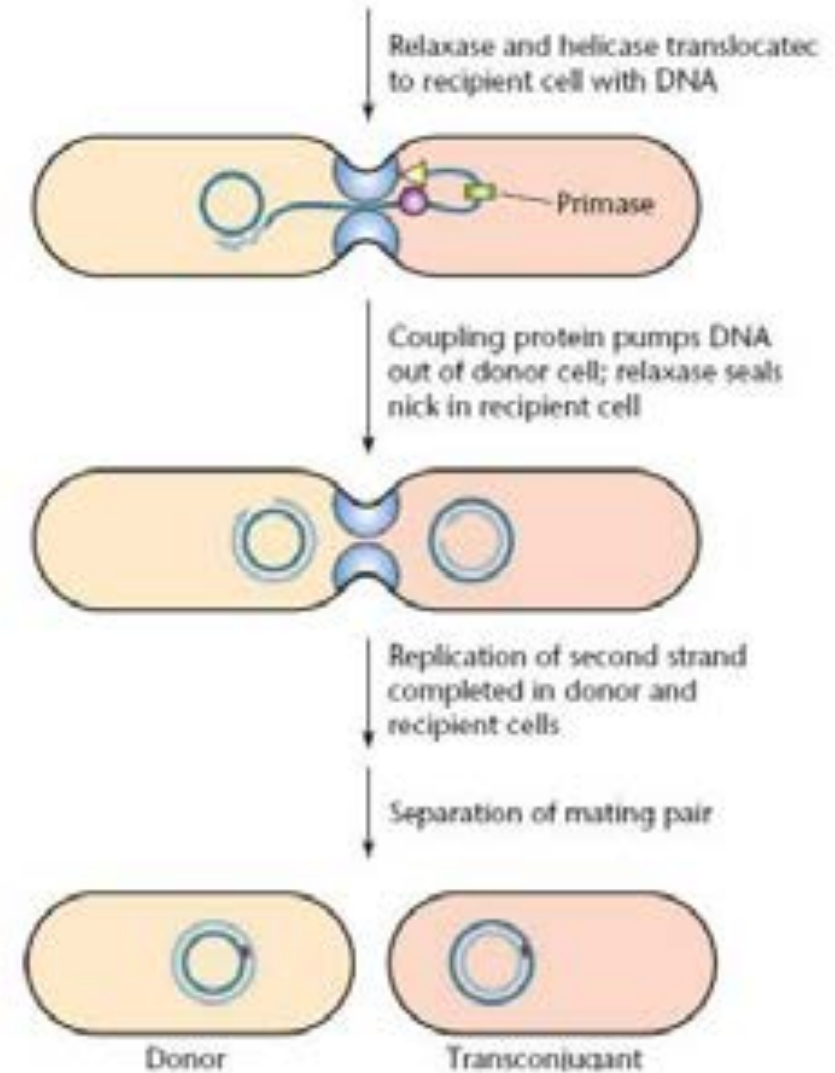
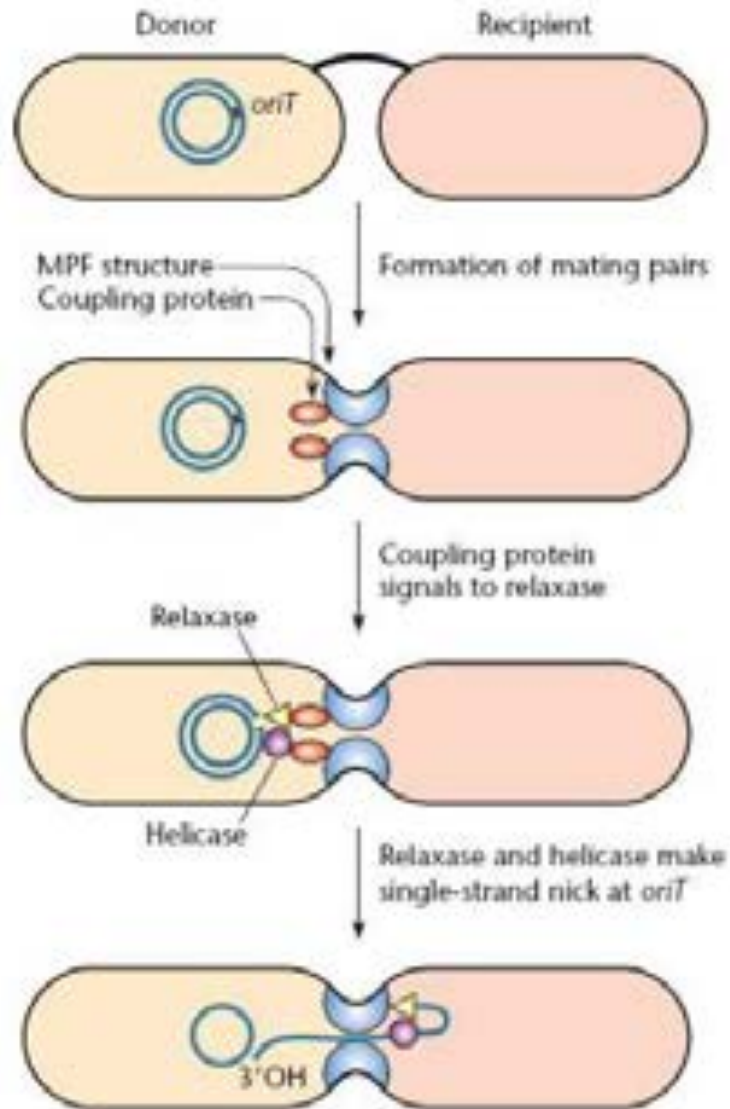
- A. Formació del *pilus* en la cèl·lula donadora i contacte amb la cèl·lula receptora
- B. Acostament de les dues cèl·lules per un procés de despolimerització per la base de *pilus* i formació de l'agregat conjugatiu
- C. Tall del DNA i transferència d'una de les cadenes (ssDNA) a través d'un sistema de secreció de tipus IV
- D. Síntesi de la cadena complementària i generació del transconjugat (nova donadora)

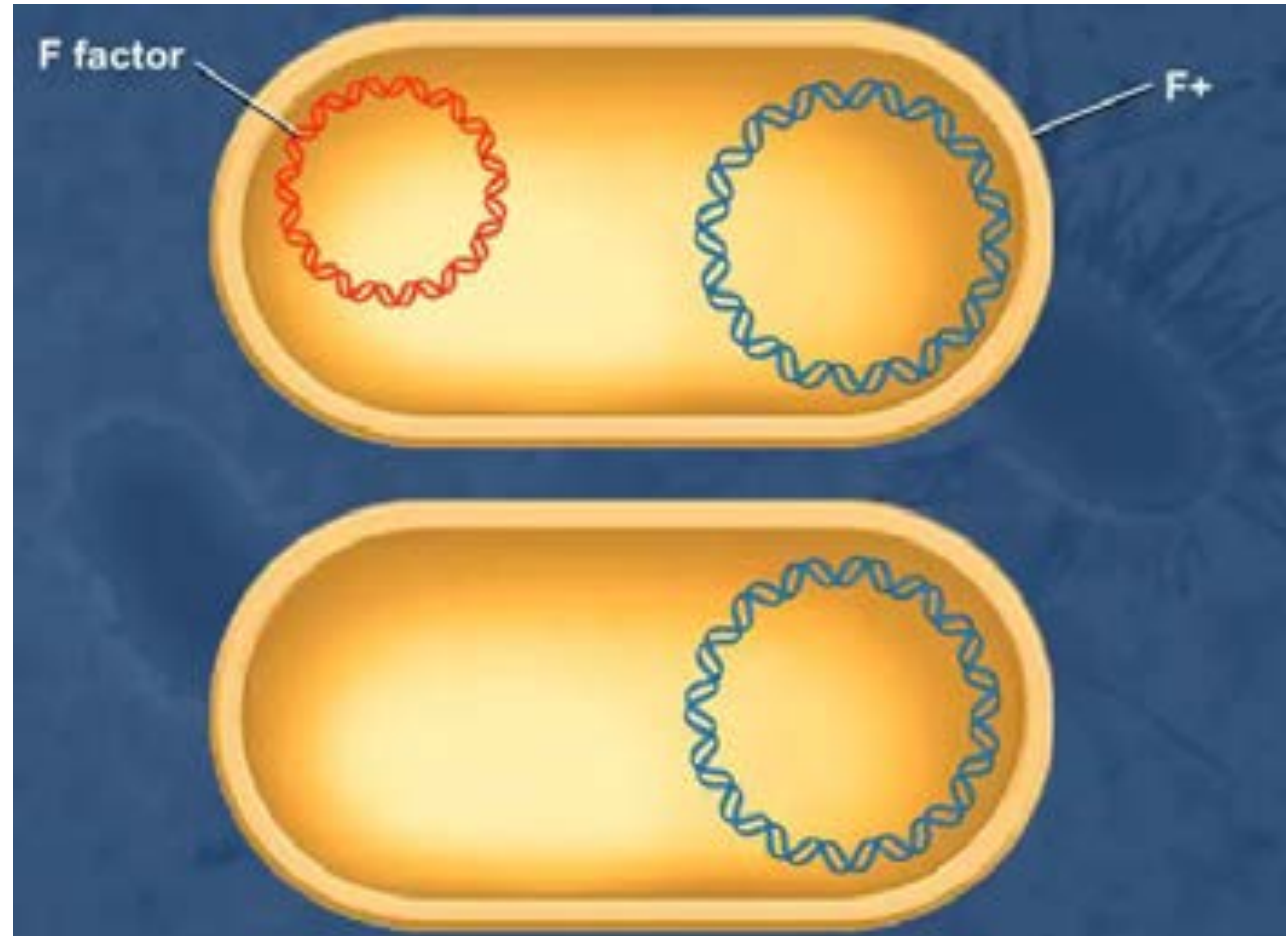
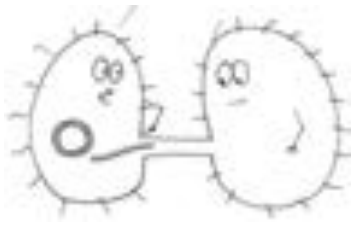


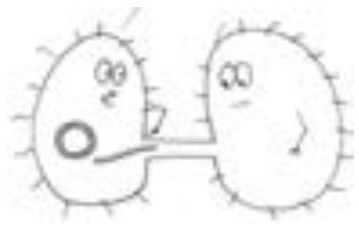


# EL DNA **NO PASSA** A TRAVÉS DEL PILUS!!!

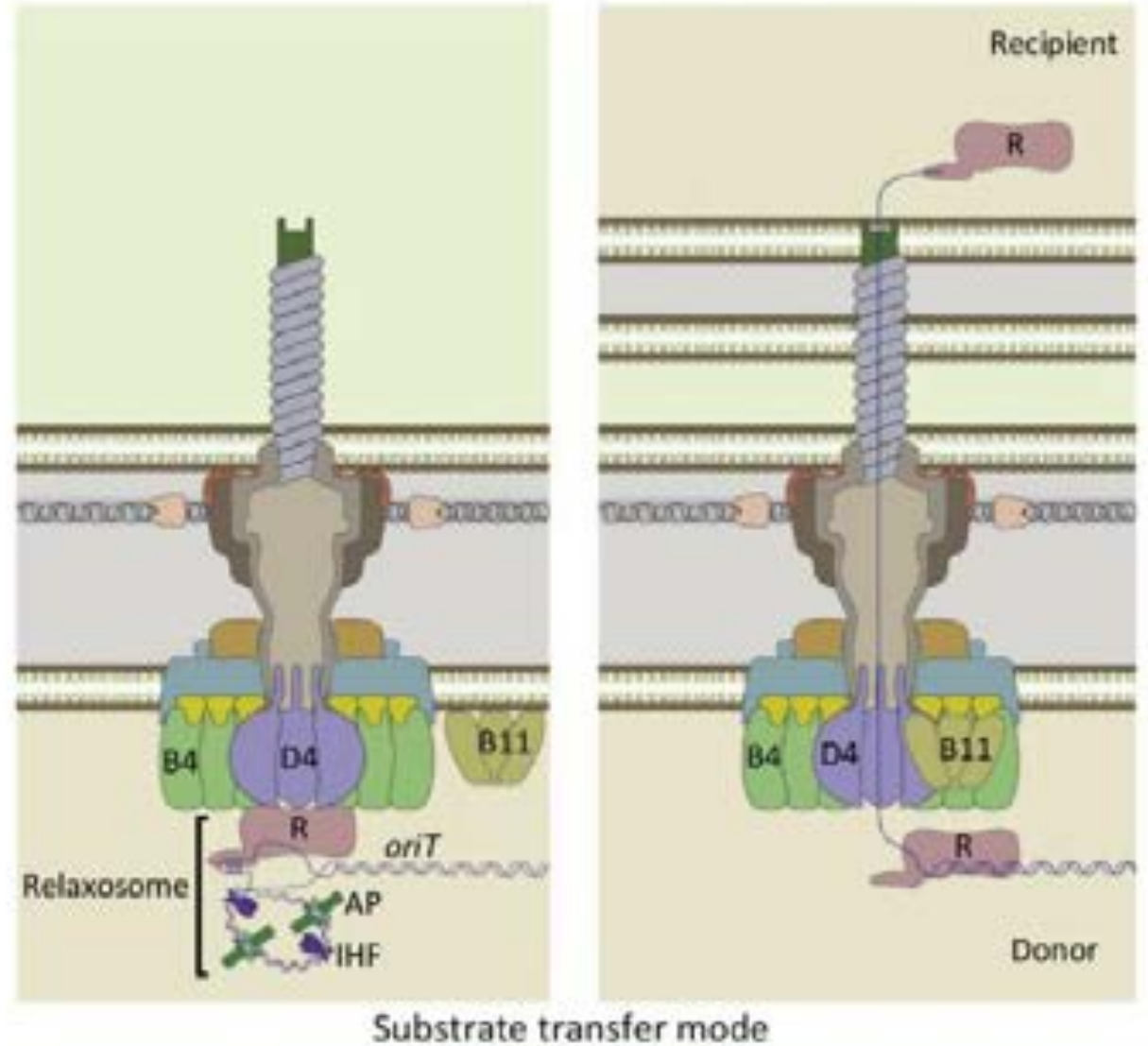
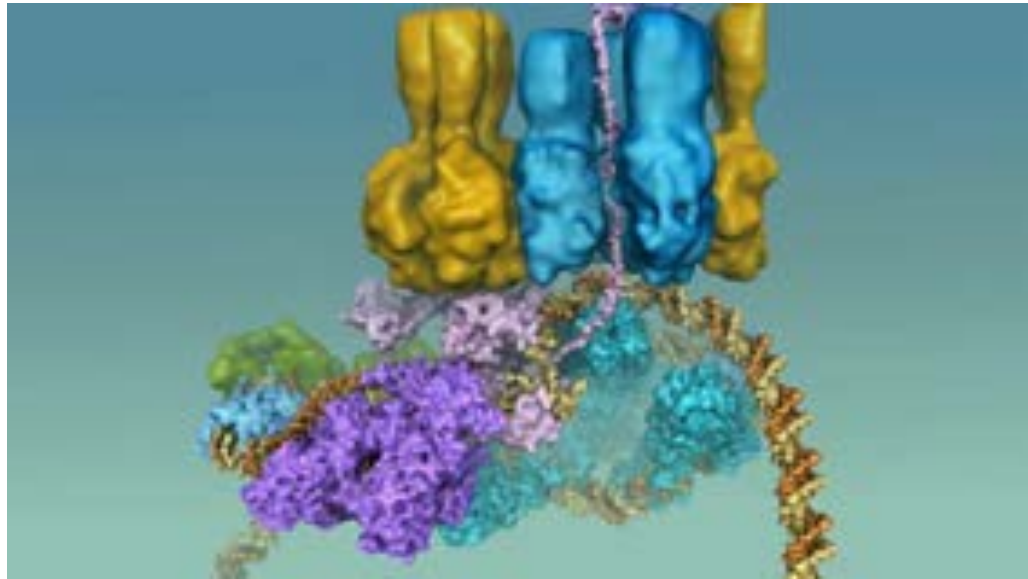
Snyder and Champness "Molecular Genetics of Bacteria" 9th Edition (2020)

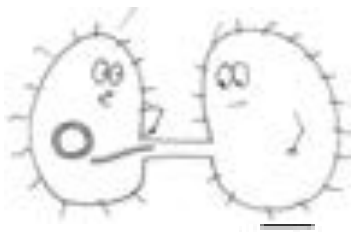






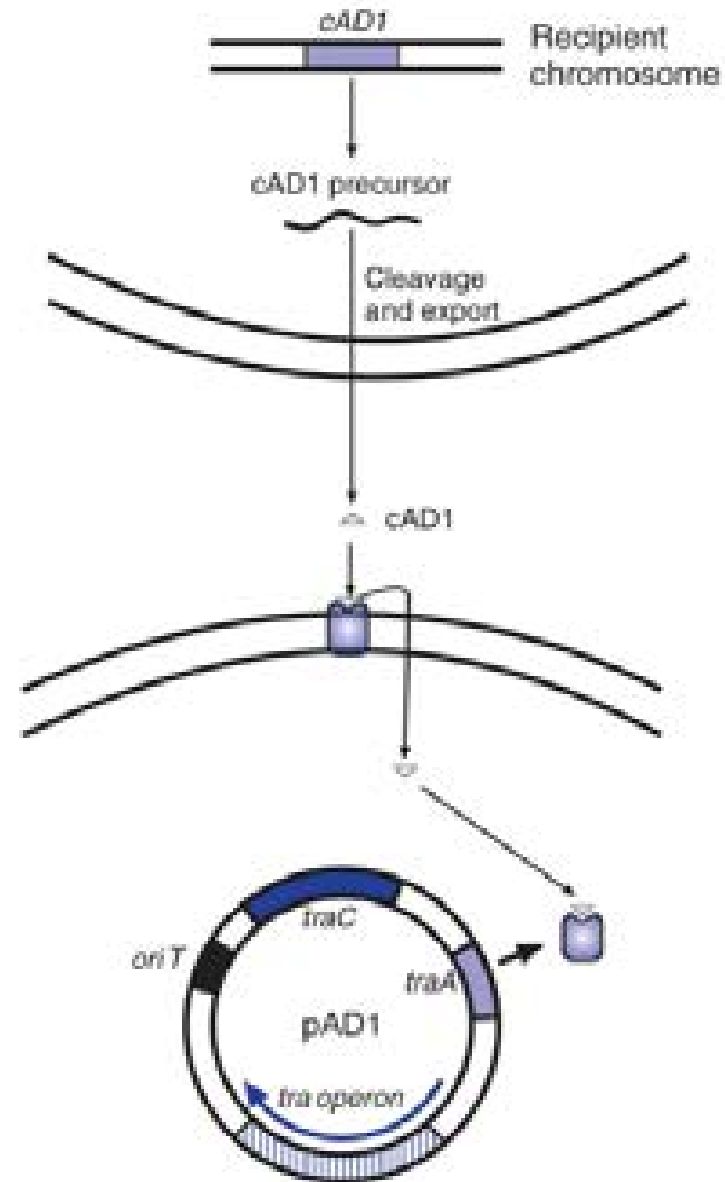
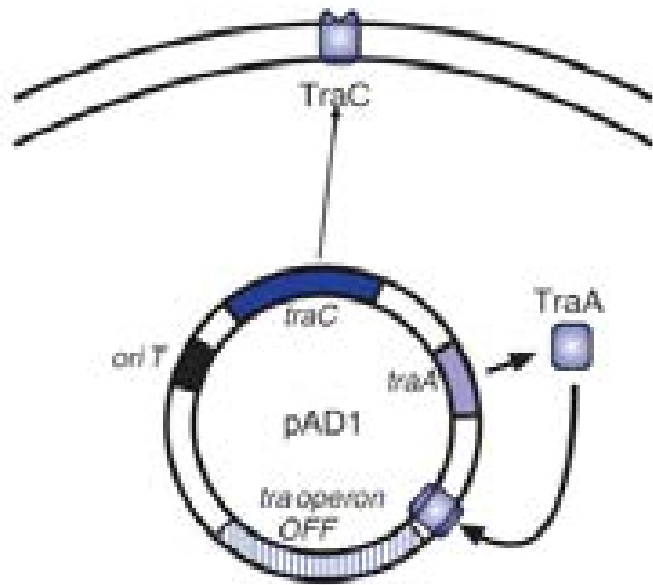
# EL DNA S'INTRODUEIX AMB UN SISTEMA DE SECRECIÓ T4SS



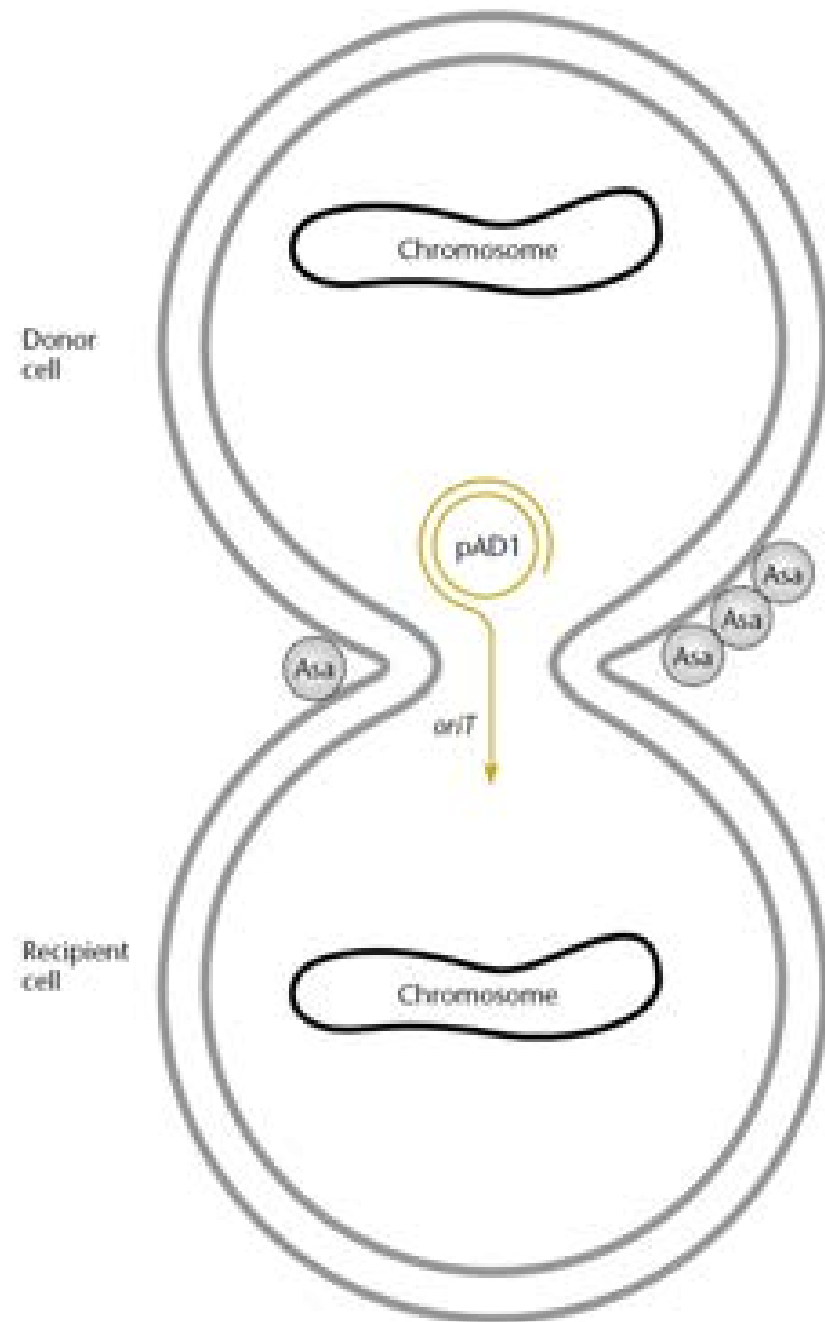
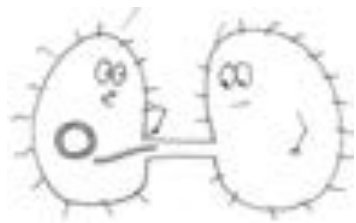


# Conjugació en bacteris grampositius

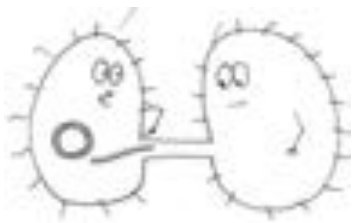
Transferència amb feromones



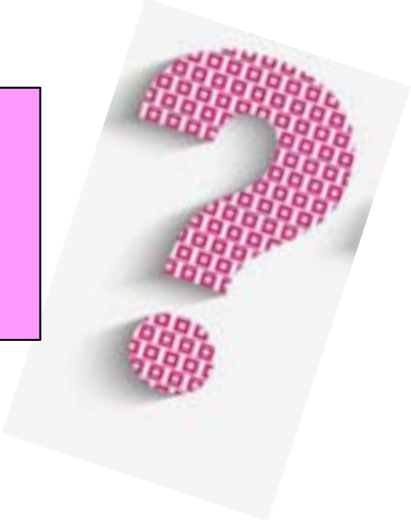




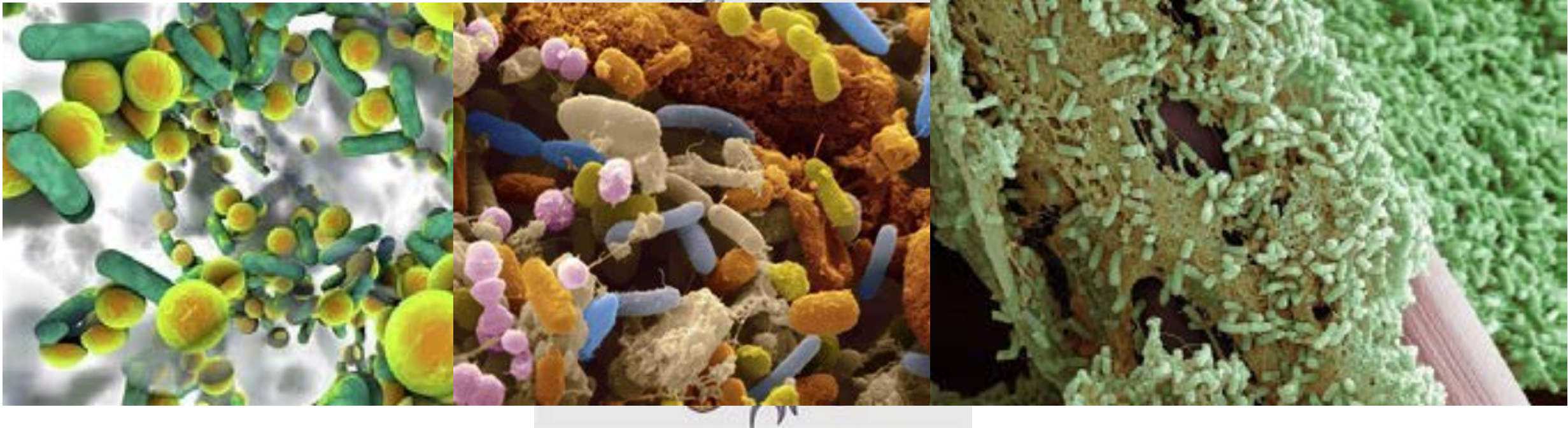
Agregat de conjugació

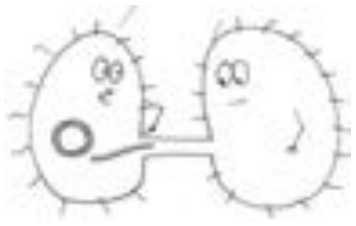


Si els sistemes de conjugació entre bacteris grampositius i gramnegatius són tan diferents, creieu que pot haver-hi conjugació entre un grampositiu i un gramnegatiu??



Es poden generar **agregats de conjugació espontànis**.

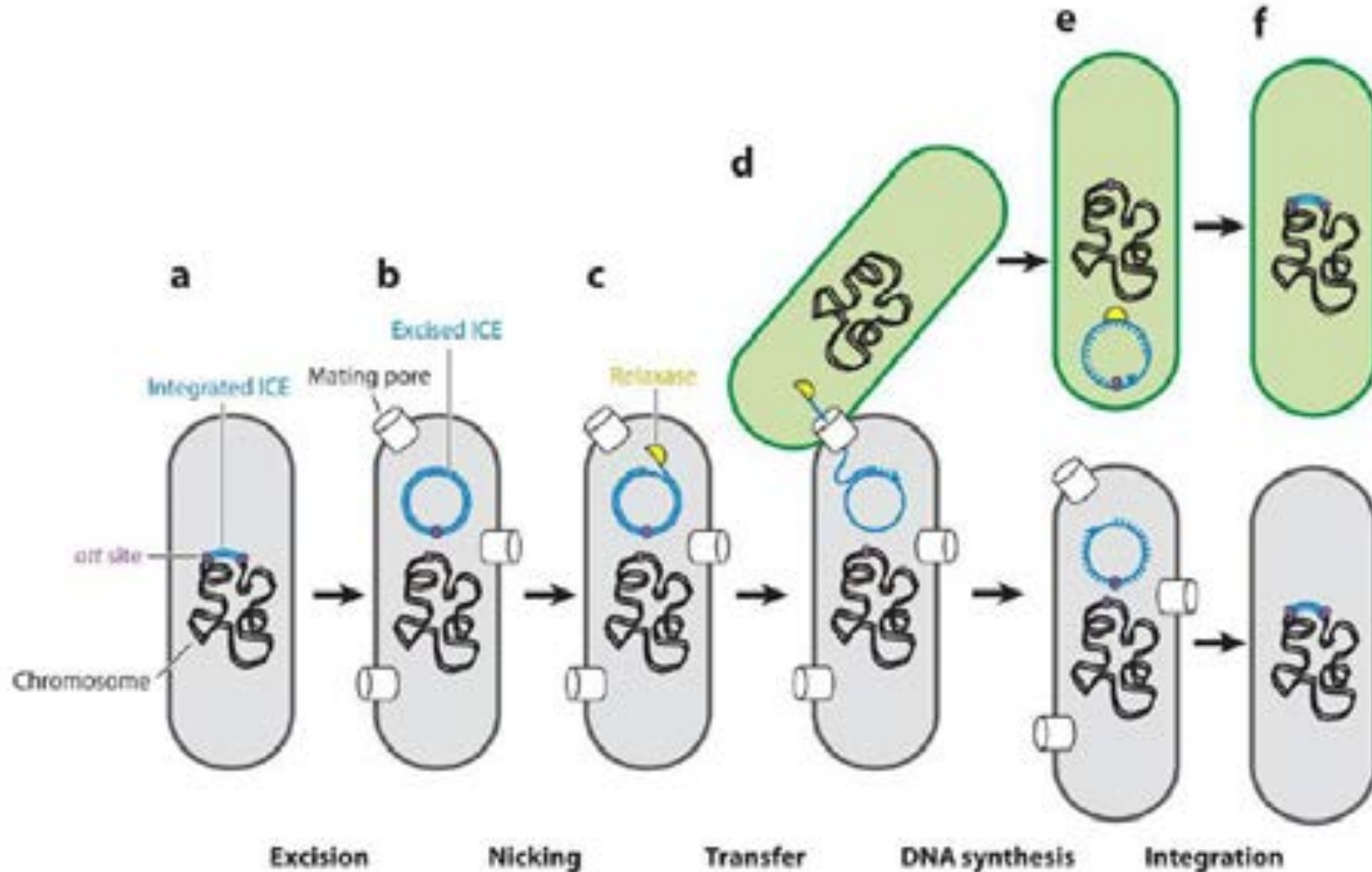


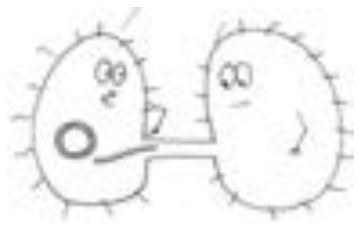


# No només es transfereixen plasmids per conjugació

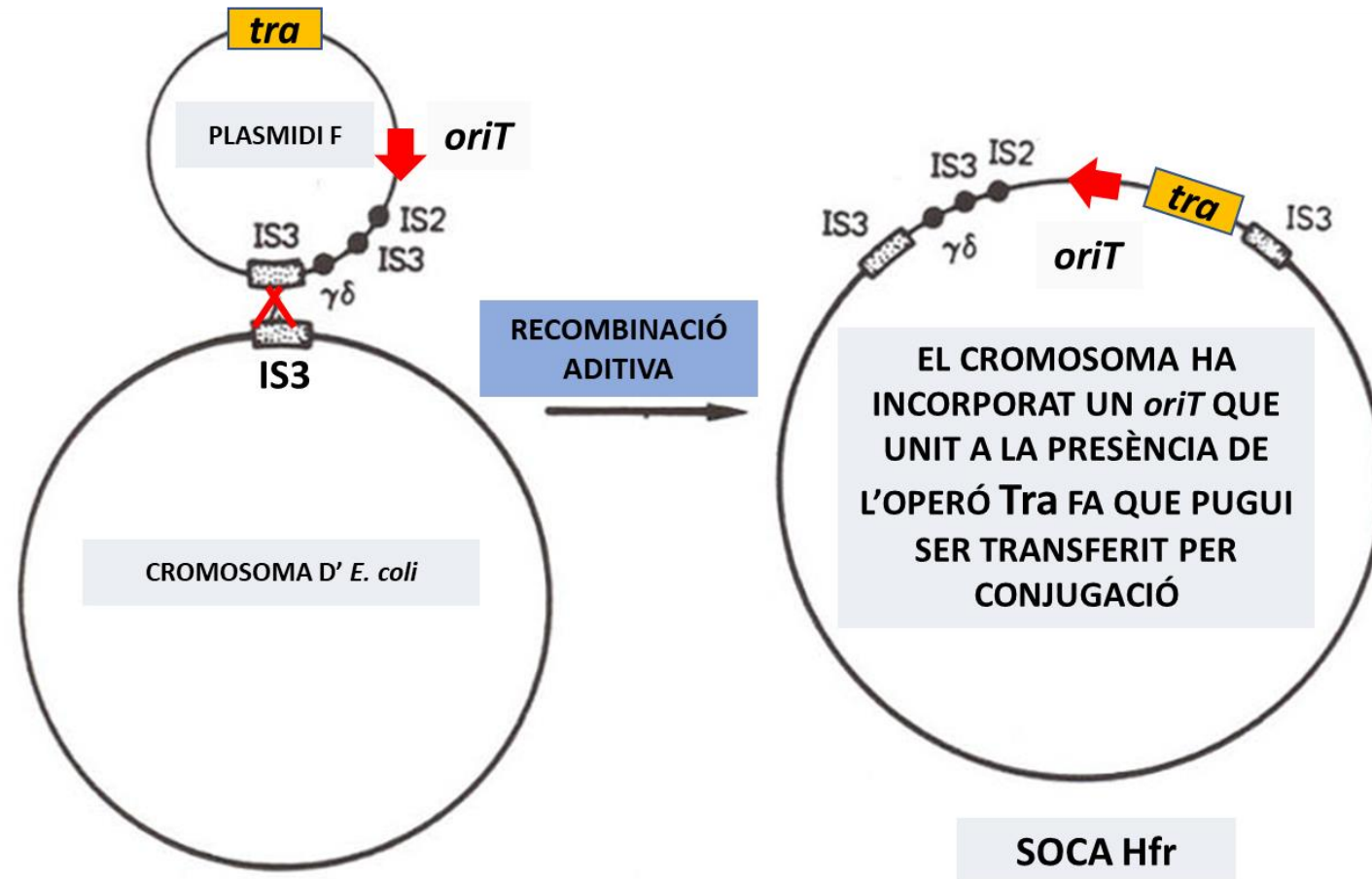
## ICE: Elements Integratius conjugatius

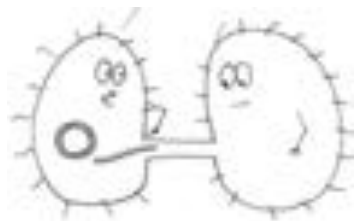
Annu. Rev. Genet. (2015) 49, 577-601



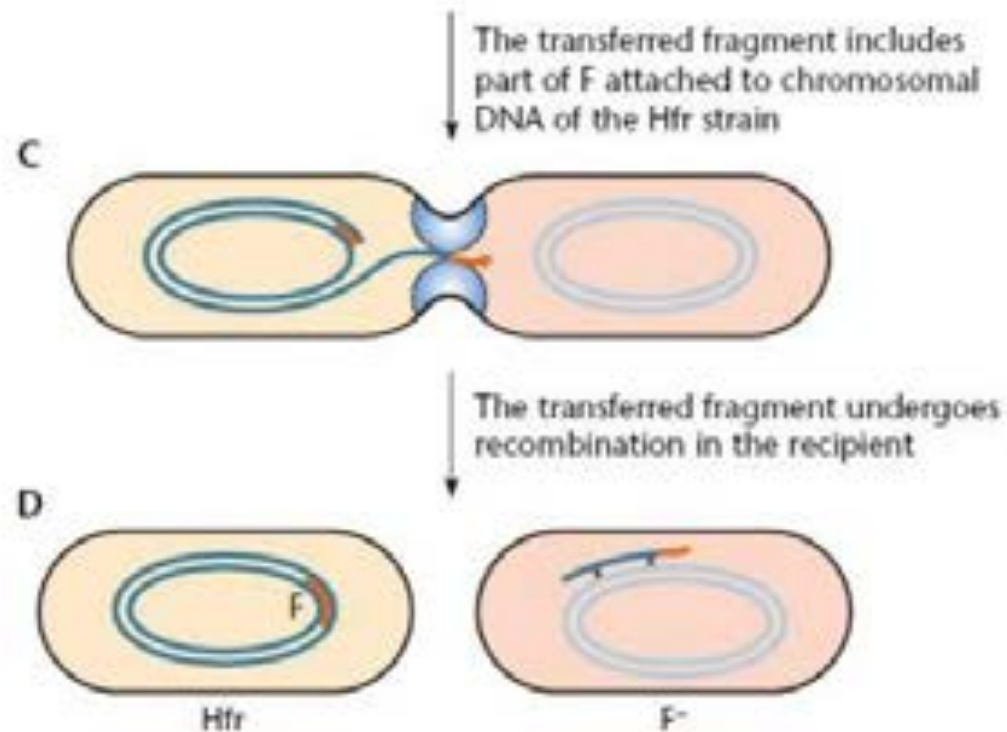
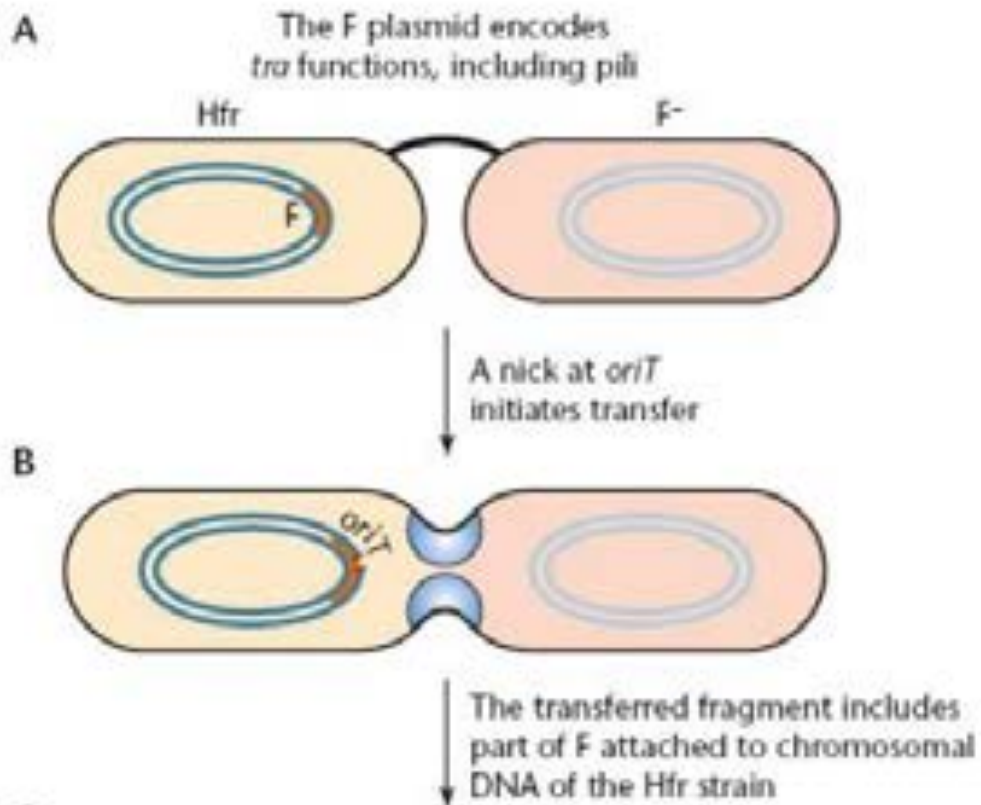


I què passaria si un cromosoma bacterià incorporés un *oriT* en la seva seqüència??

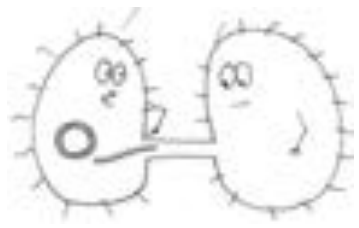




# El cromosoma bacterià pot transferir-se per conjugació



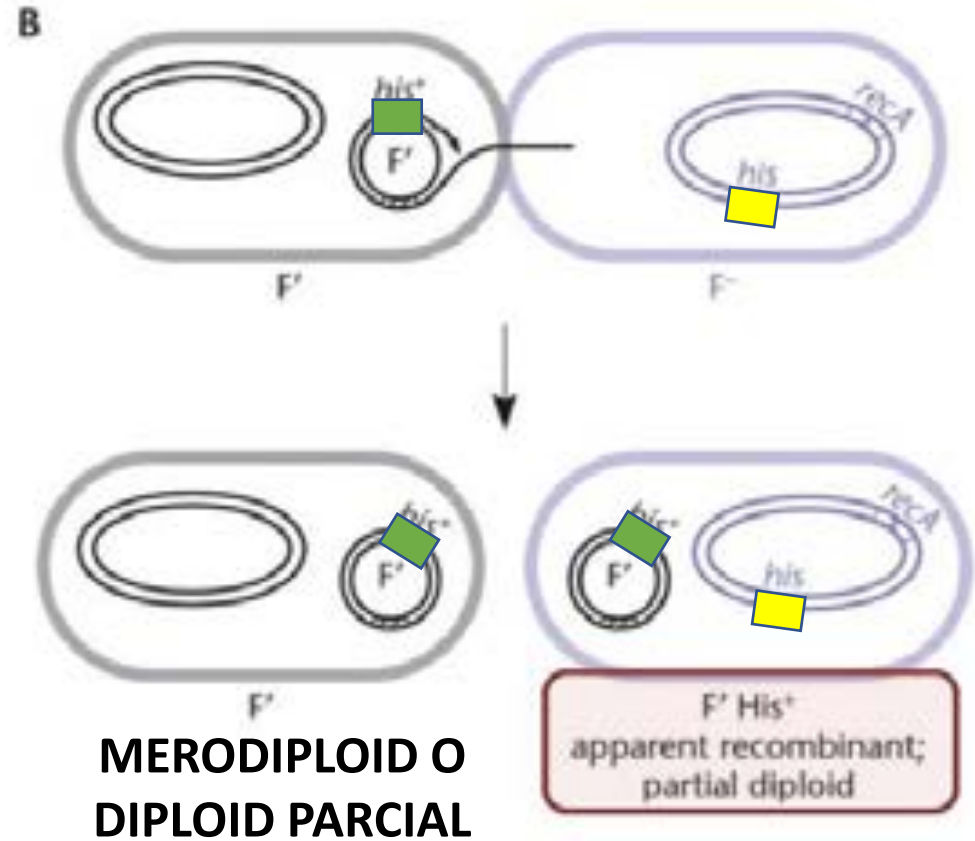
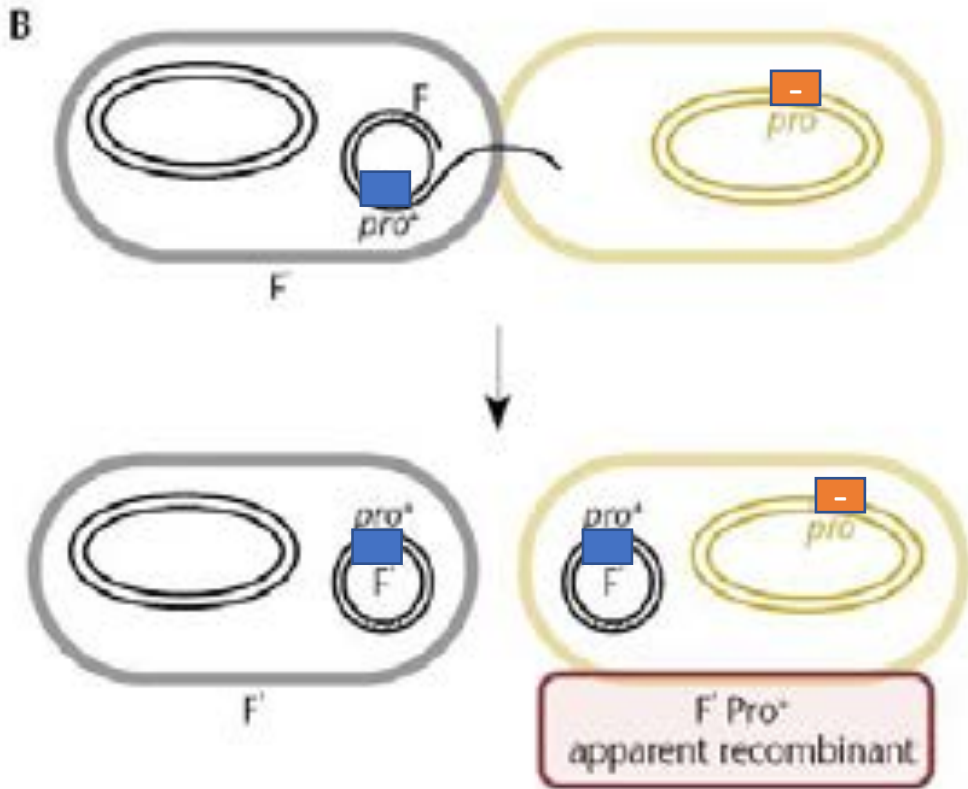
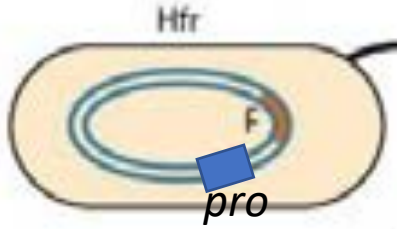
L'estabilització depèn de recombiniació homòloga



I què passaria si el plasmidi incorporat en el cromosoma s'escindís de manera errònia??

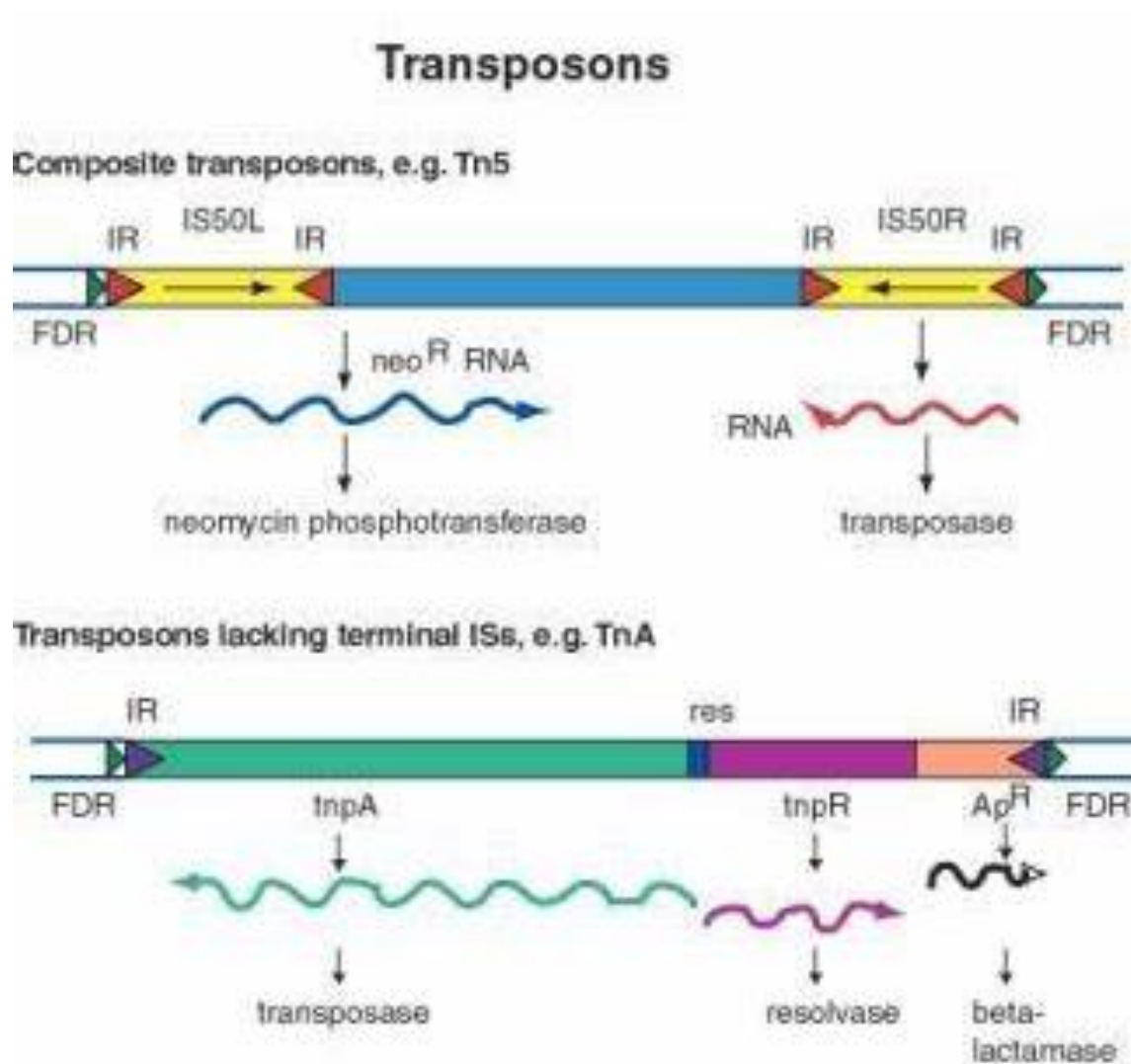


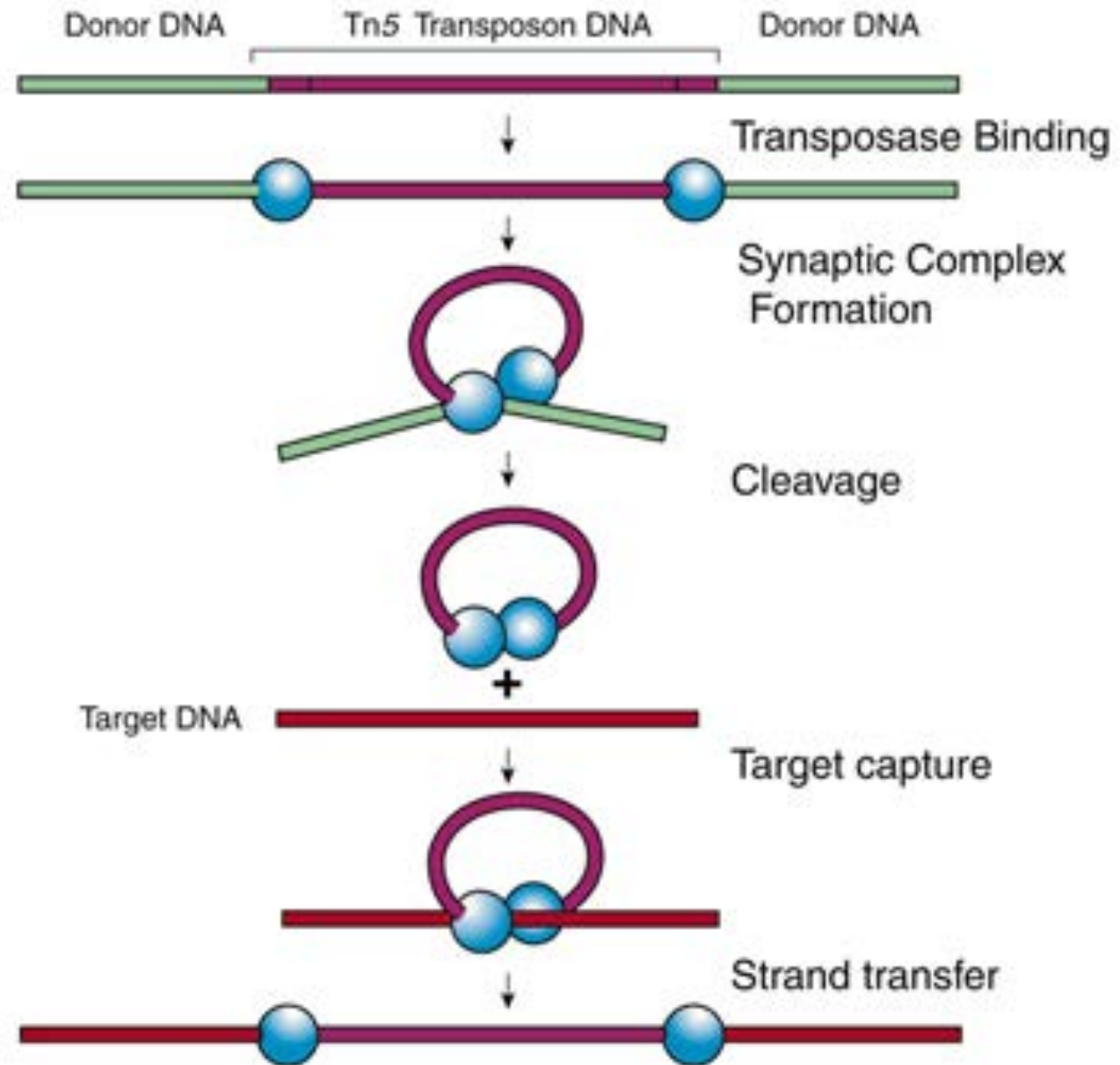
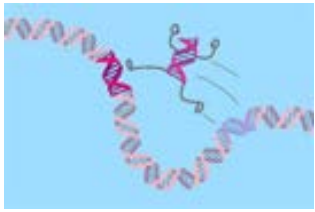
Snyder and Champness "Molecular genetics of Bacteria" 3rd Edition (2007)



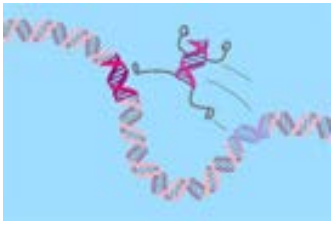


# Elements mòbils. Els transposons i el seu paper en la transferència genètica.

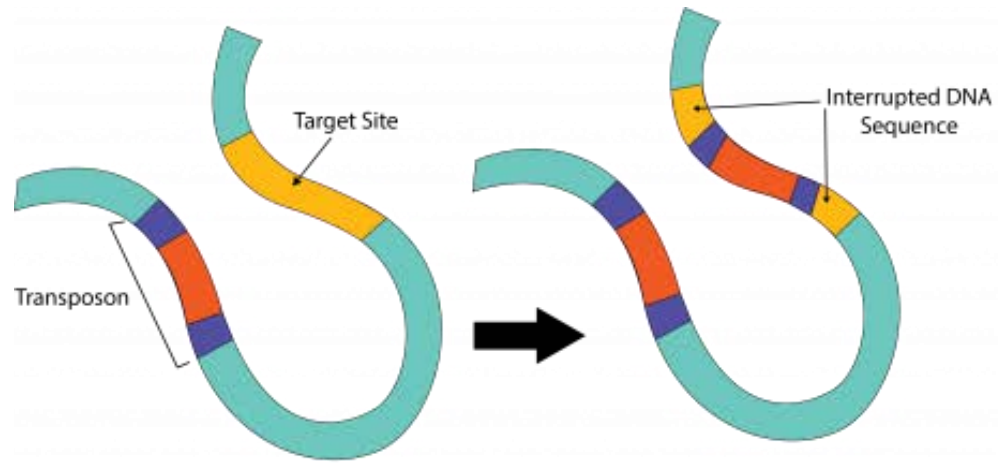




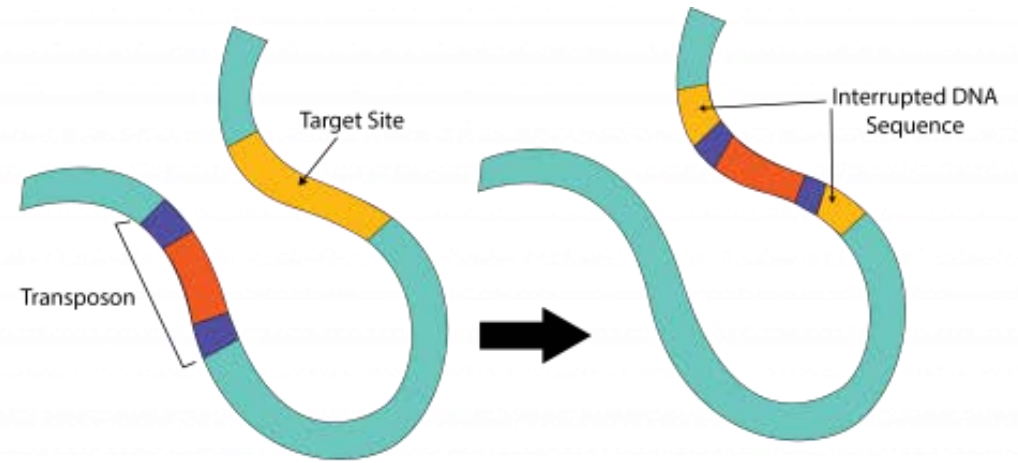




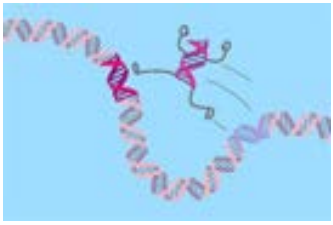
# Mecanismes de salt dels tranposons



Replicative Transposition

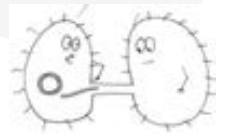
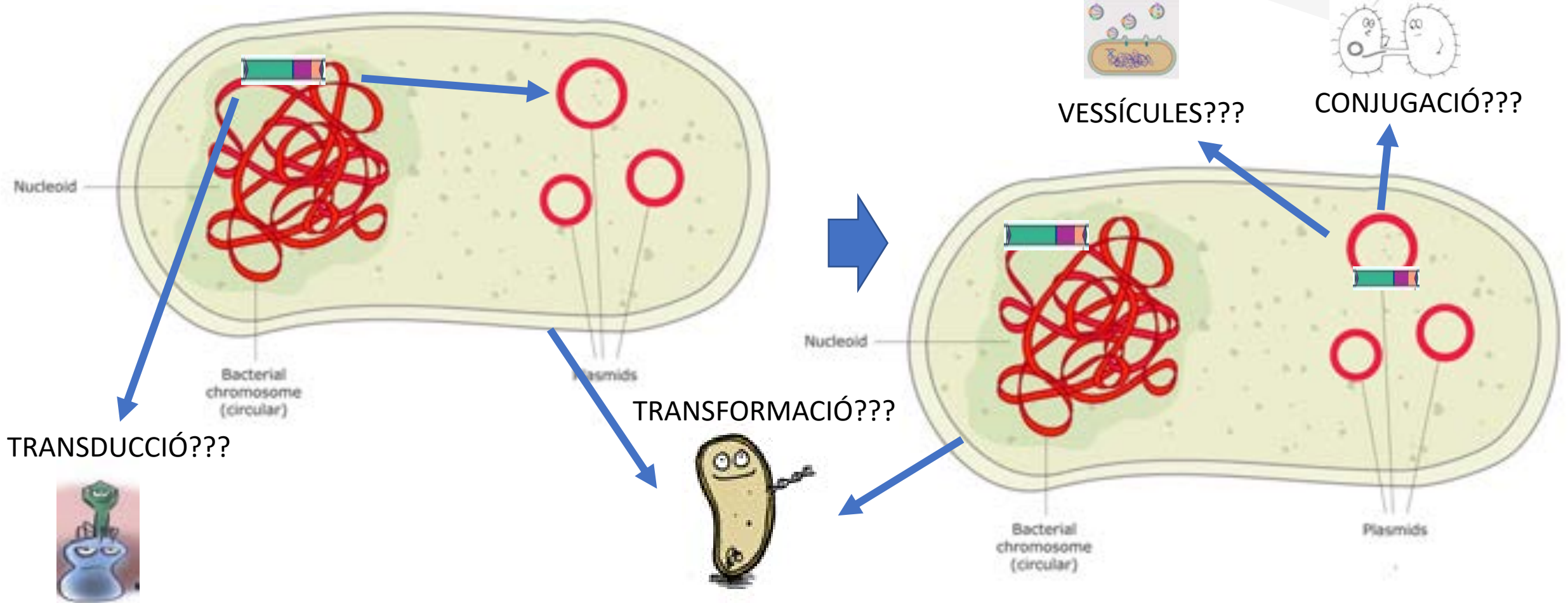
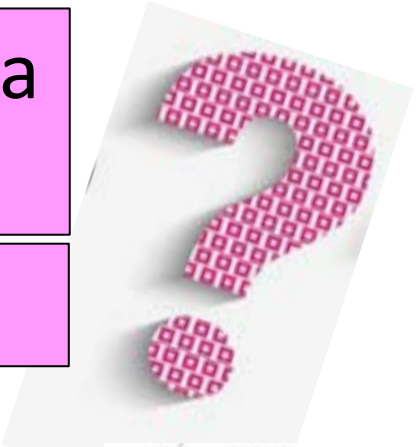


Conservative Transposition



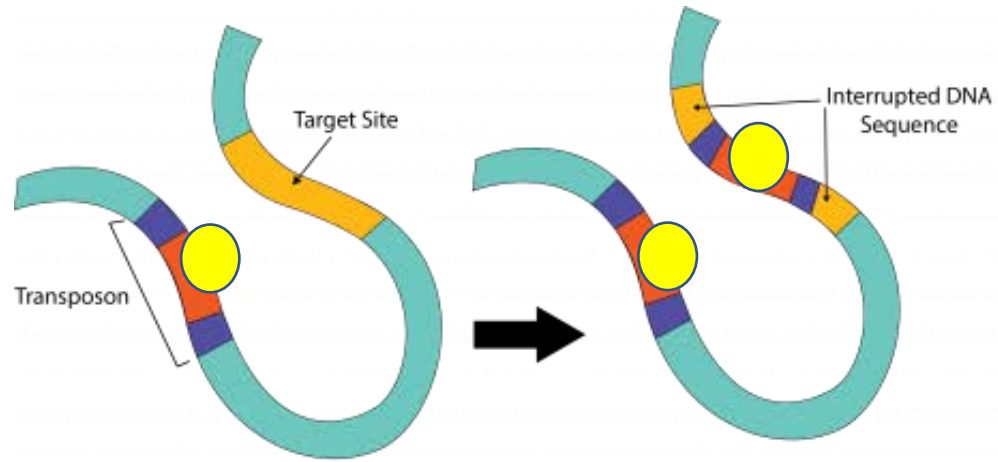
I què si un transposó salta d'un cromosoma a un plasmidi??

Cal recombinació per establitzar el Tn?

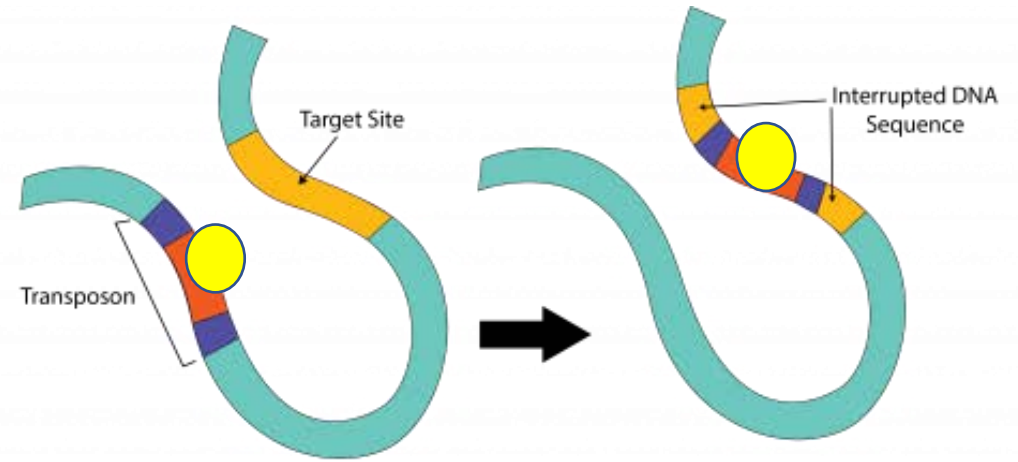




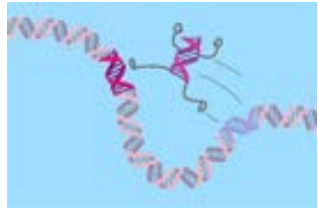
Què passa si un gen s'incorpora dins d'un transposó??



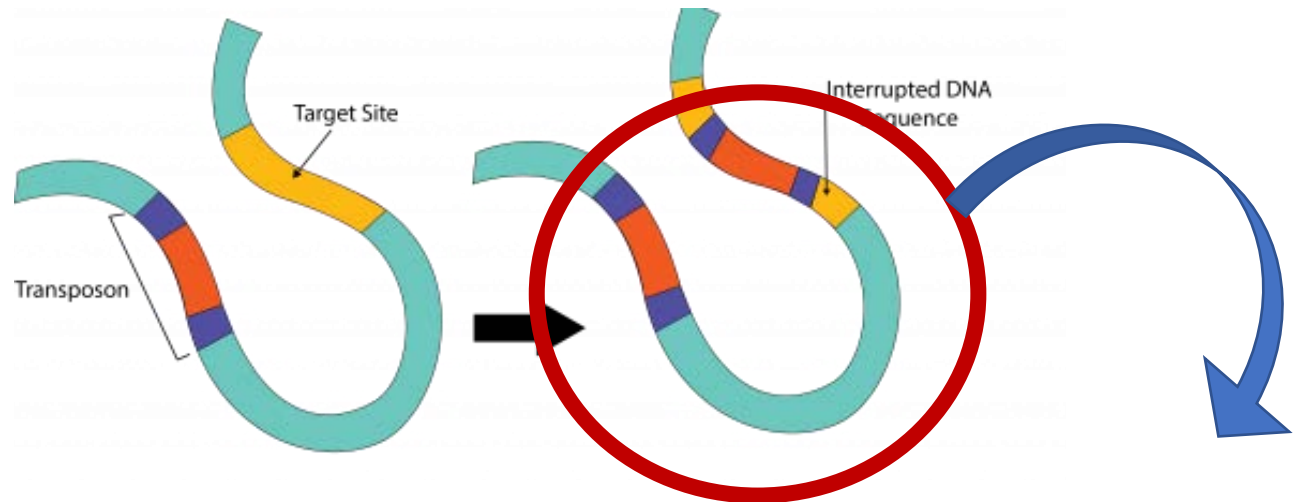
Replicative Transposition



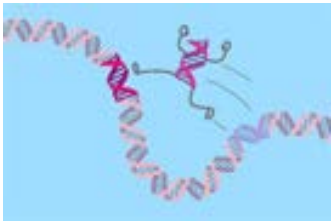
Conservative Transposition



# Què passa si el Tn s'empporta un tros del cromosoma?



ARA SALTA TOT AIXÒ  
EMPORTANT-SE UNA PART  
DE L'ELEMENT GENÈTIC QUE  
PORTAVA EL TRANSPOSÓ



I ara ho sumem tot...

