

Classification et structure bactérienne

Pr. A. Benbouza
LCBM-CLCC-Batna



Introduction

- Les microbes sont des être vivants, des micro-organismes qui échappent à la détection à l'œil nu, leur dimension étant inférieure à 0,1mm.
- Ce sont des acteurs indispensables de notre environnement, ils permettent aux cycles du carbone, de l'oxygène, de l'azote et du soufre de fonctionner dans les milieux terrestres et aquatiques.
- Ils sont à l'origine de toutes les chaînes alimentaires.
- L'existence du monde microbien était insoupçonnée de l'homme avant l'invention du microscope

- La révélation du monde microbien dans toute sa diversité fut l'œuvre d'un Hollandais: Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), il observa au moyen d'un microscope rudimentaire de sa fabrication, un grand nombre de particules invisibles à l'œil nu (animacules).
- Il décrit des sphères, bâtonnets, spirilles....
- Les microscopes étaient un instrument avec une seule lentille, loupe avec grossissement fixe: varie entre 50-300 fois.

Les cellules vivantes sont habituellement divisées en :

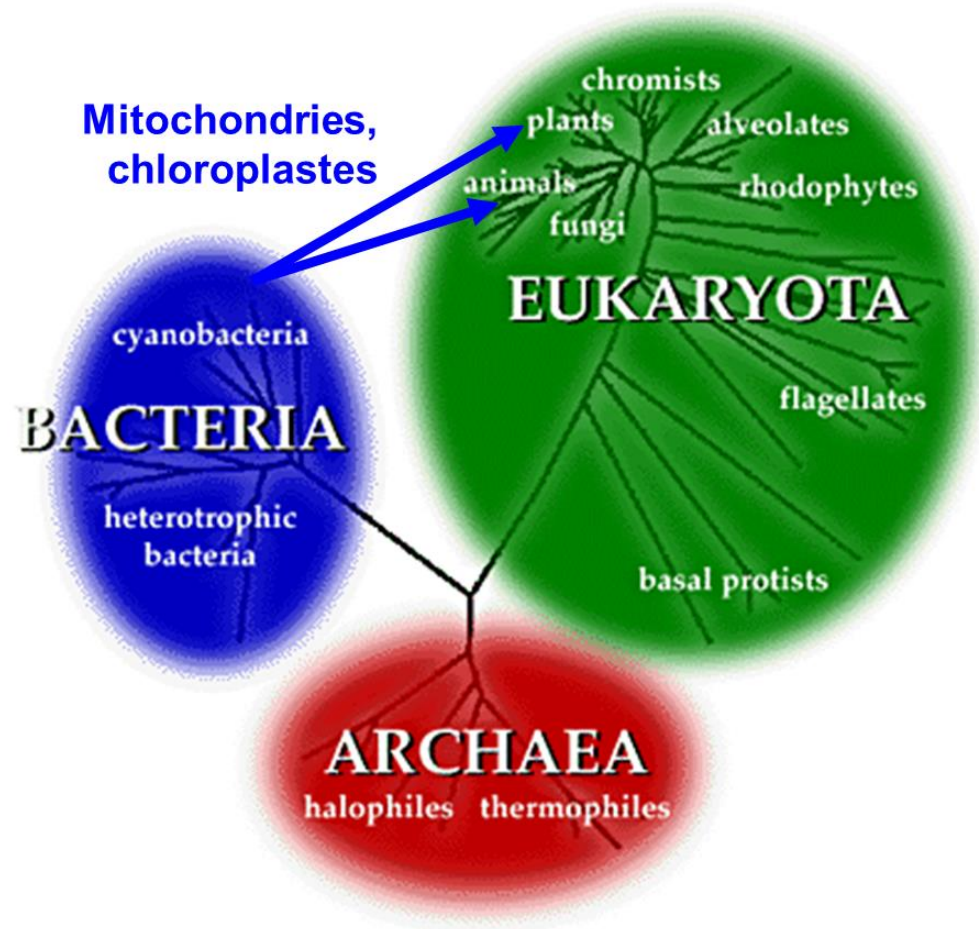
- **Eucaryotes**: caractérisées par la présence d'un vrai noyau
- **Procaryotes**: caractérisées par l'absence d'un vrai noyau

Les procaryotes comprennent deux groupes:

- **Eubactéries** : formes bactériennes courantes habitant les sol, les eaux et les organismes vivants supérieurs.
- **Archéobactéries**: habitent les environnements inhospitaliers (marais, fonds océaniques, eaux salées)

Représentation phylogénétique du monde vivant

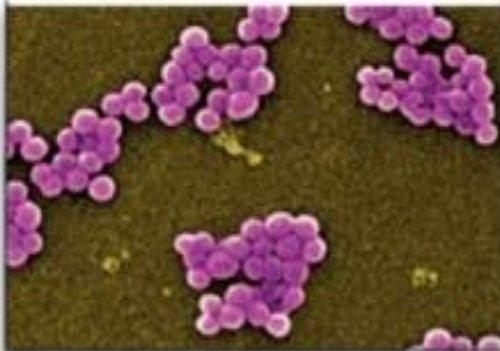
Les 3 domaines de la vie



Les bactéries constituent le groupe des procaryotes

- ✓ Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaire.
- ✓ Très diverses : écologie, morphologie, physiologie.
- ✓ Matériel génétique: 1 seul chromosome sans membrane nucléaire.
- ✓ Ribosome 70S

(a) Coccus



(b) Rod/Bacillus



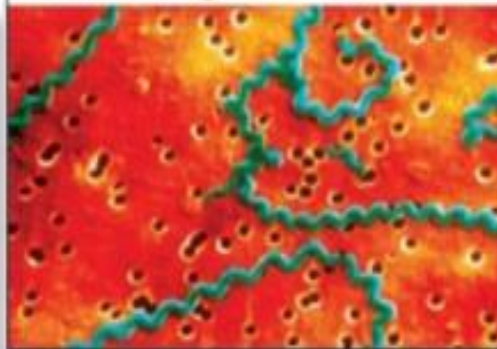
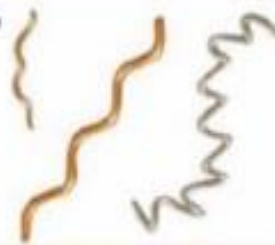
(c) Vibrio



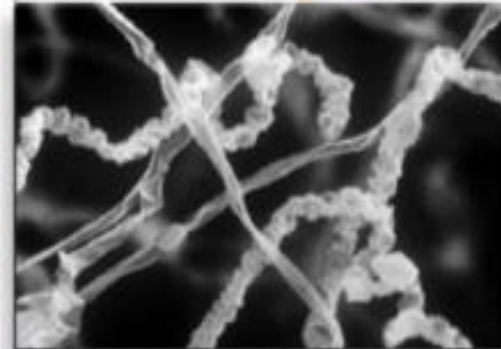
(d) Spirillum



(e) Spirochete



(f) Branching filaments



Key to Micrographs

(a) *Micrococcus luteus* (22,000 \times) (b) *Legionella pneumophila* (6500 \times) (c) *Vibrio cholerae* (13,000 \times) (d) *Aquaspirillum* (7,500 \times)
(e) Spirochetes on a filter (14,000 \times) (f) *Streptomyces species* (6500 \times)

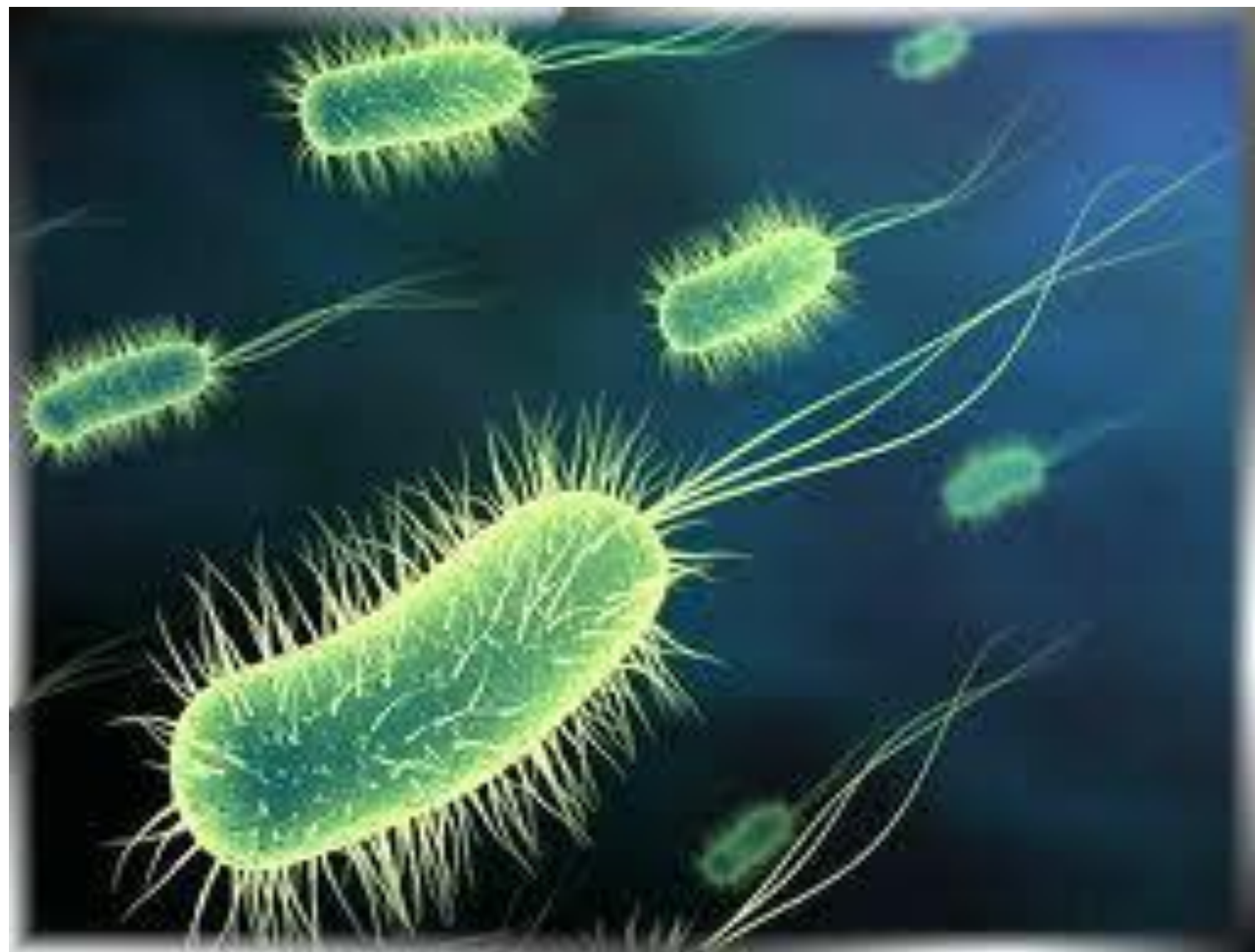
- L'apport du microscope électronique a révélé des caractéristiques morphologiques invisibles au microscope optique, l'apport de la biochimie et de la biologie moléculaire ont permis de mieux connaître la structure moléculaire des bactéries.
- On peut en effet classer les éléments constitutifs des bactéries en :

❖ Structures constantes :

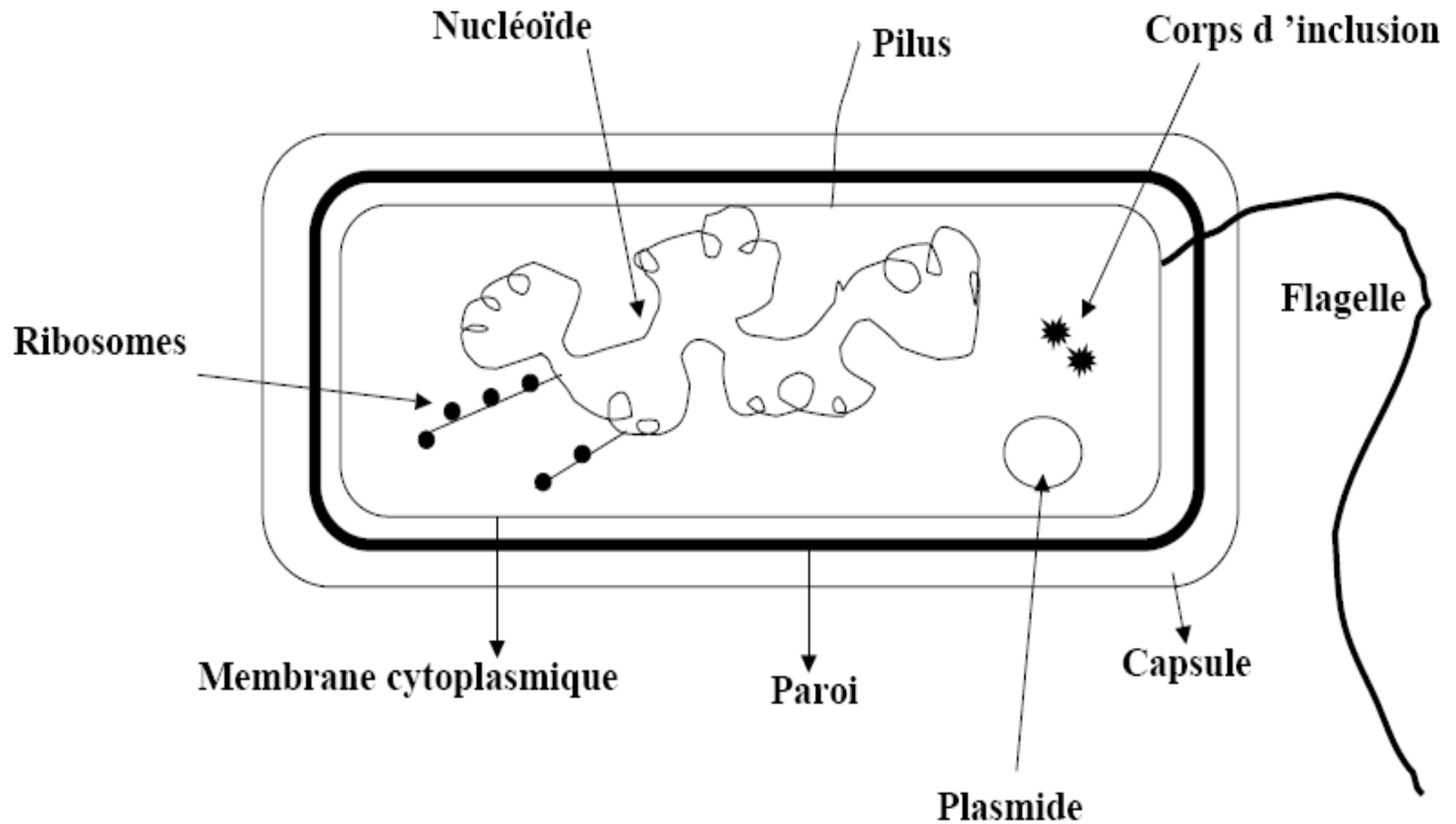
- ✓ Paroi bactérienne
- ✓ Membrane cytoplasmique
- ✓ DNA bactérien
- ✓ Ribosome
- ✓ cytoplasme

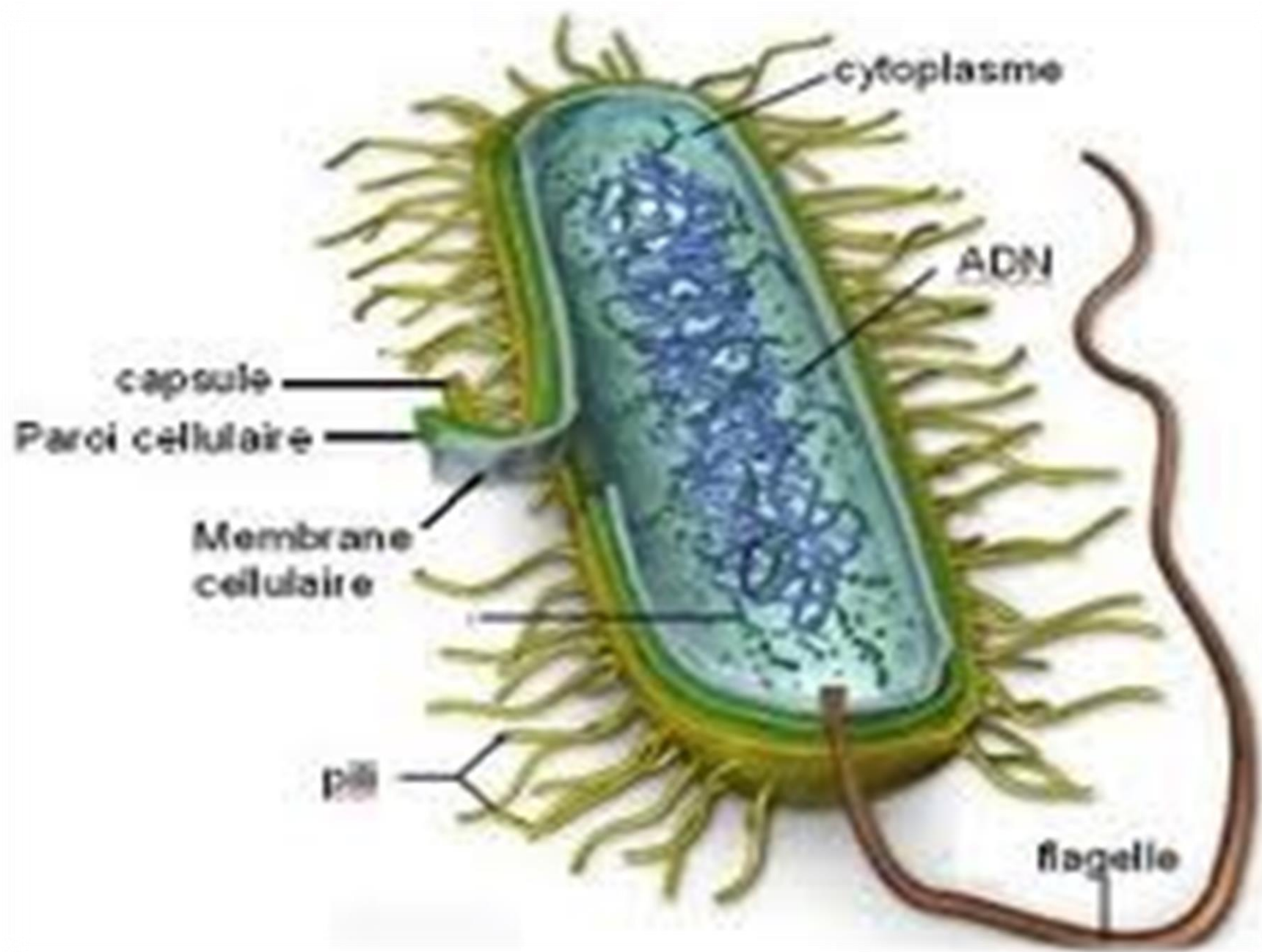
❖ Structures inconstantes :

- ✓ La capsule
- ✓ Les flagelles
- ✓ Pili
- ✓ Plasmides
- ✓ Spores



Représentation schématique de la structure générale d'une bactérie





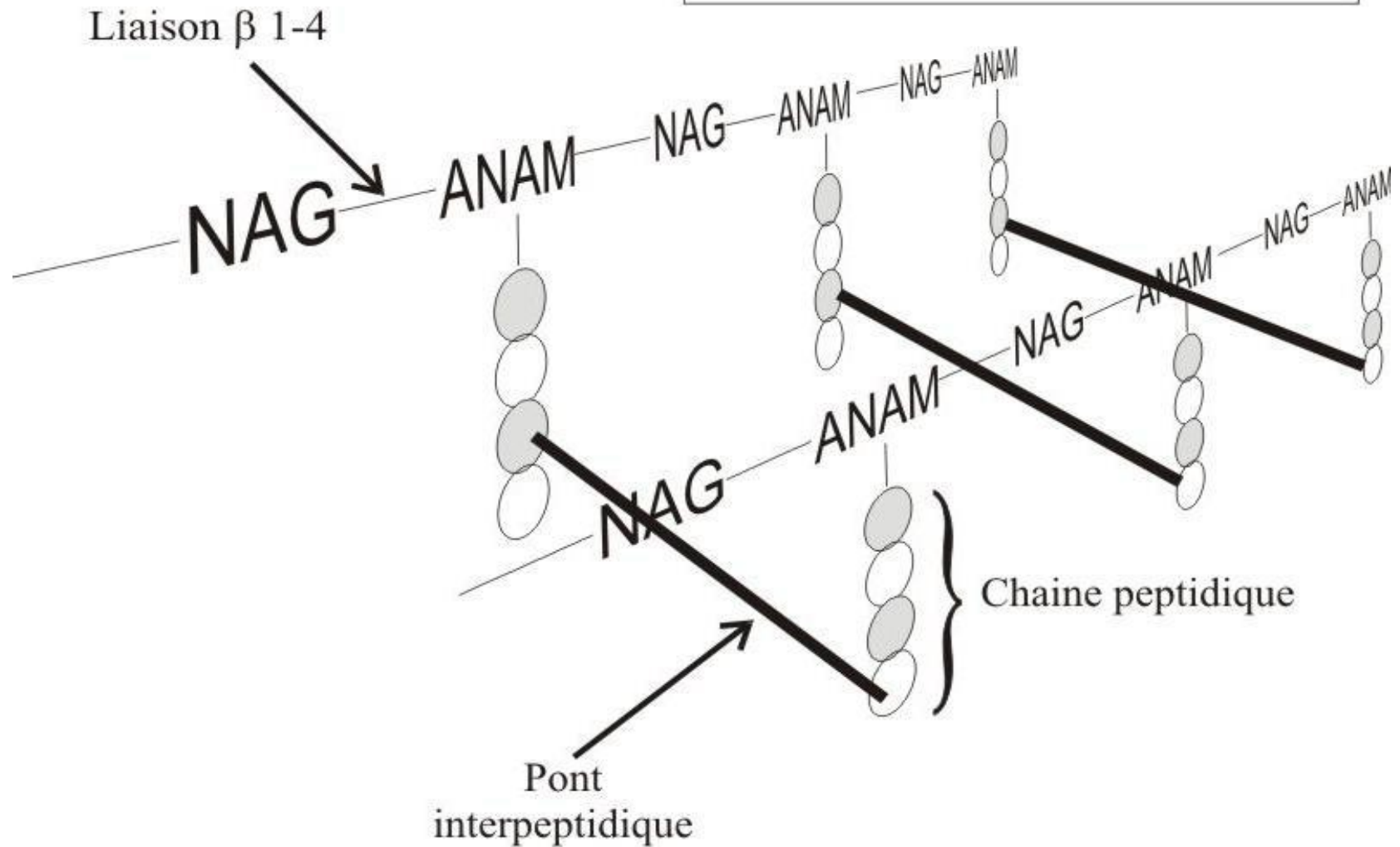
Éléments obligatoires

1- La paroi bactérienne

- c'est l'enveloppe externe des bactéries, elle assure à la bactérie :
- La rigidité et protège la bactérie contre les substances toxiques
- Donne la forme à la bactérie: sphère, bâtonnet ou cylindre spiralé.
- Elle joue un rôle important dans la division cellulaire et aussi constitue le site de nombreux déterminants antigéniques.
- Site d'action de nombreux antibiotiques
- Elle joue un rôle de protection, particulièrement contre l'osmose et les hautes températures.
- Siège de la coloration de Gram

- La structure de base de la paroi est le peptidoglycane qui est un composant exclusivement bactérien.
- C'est un polymère de chaînes linéaires de deux sucres aminés, le N-acetyl glucosamine (NAG) et le N-acetyl muramique (NAM) unis entre eux par des liaisons osidiques.
- Le NAM est aussi lié à une chaîne tetrapeptidique.
- Les chaînes peptidiques sont à leur tour unies entre elles par des ponts inter peptidiques.

NAG : N-acétyl glucosamine
ANAM : acide N acétyl muramique



Le peptidoglycane.

- Le PG est lié à d'autres composants ce qui permet de différencier deux groupes bactériens sur la base de la coloration de Gram (violet de gentiane, Lugol, alcool-acétone, fuchsine).
- Les bactéries dites à **Gram positif** restent colorées par le violet de gentiane alors que les bactéries à **Gram négatif** se décolorent et se recolorent par le rose de la Fuchsine.

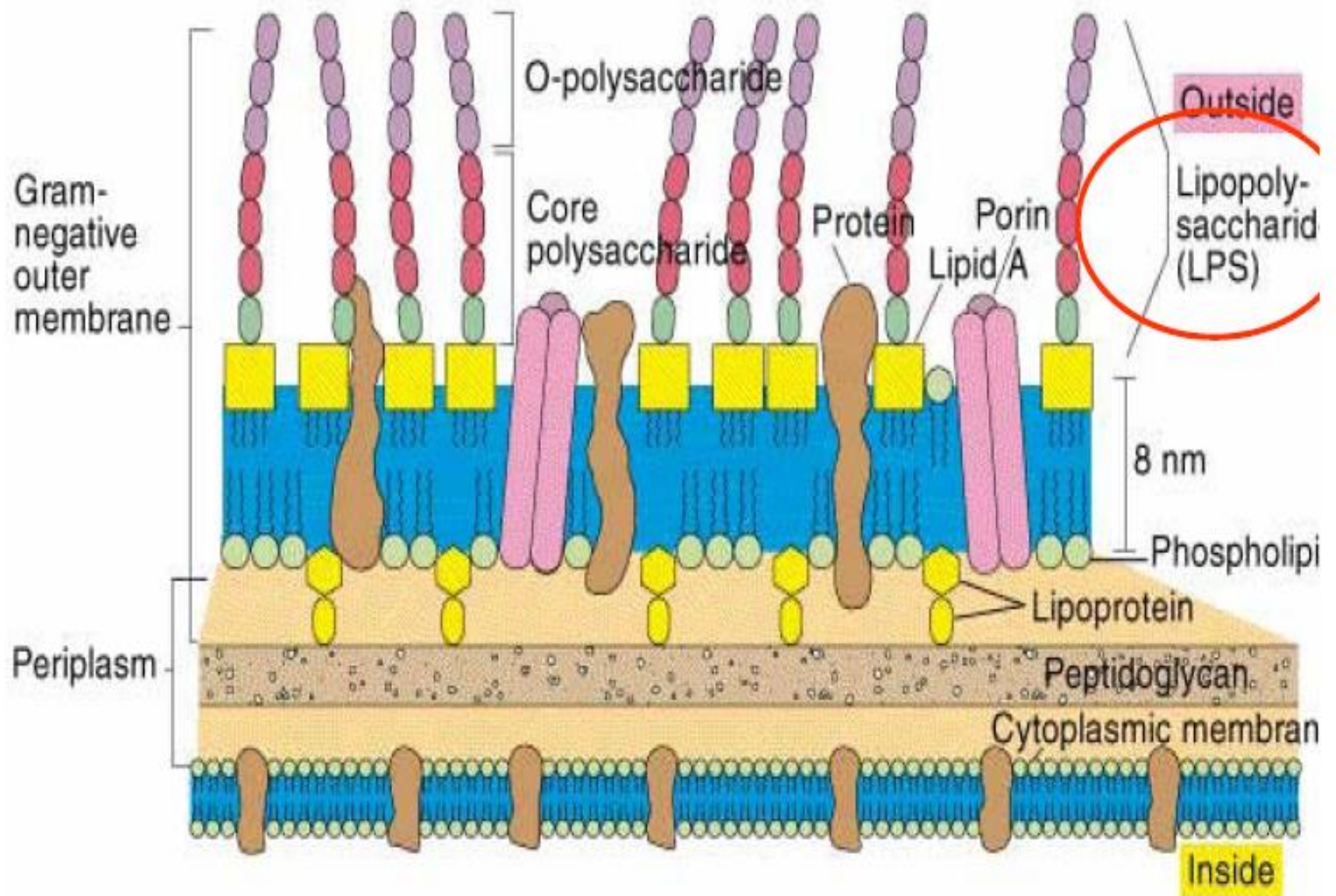
Paroi des bactéries à Gram positif :

- Ex : *Staphylocoque*
- Epaisse: PG: 20-80nm de diamètre
- Peptidoglycane 90%
- Elle est homogène, épaisse, et comporte le PG lié aux acides teichoïques qui sont des unités répétées de sucre, et aux acides lipoteichoïques.

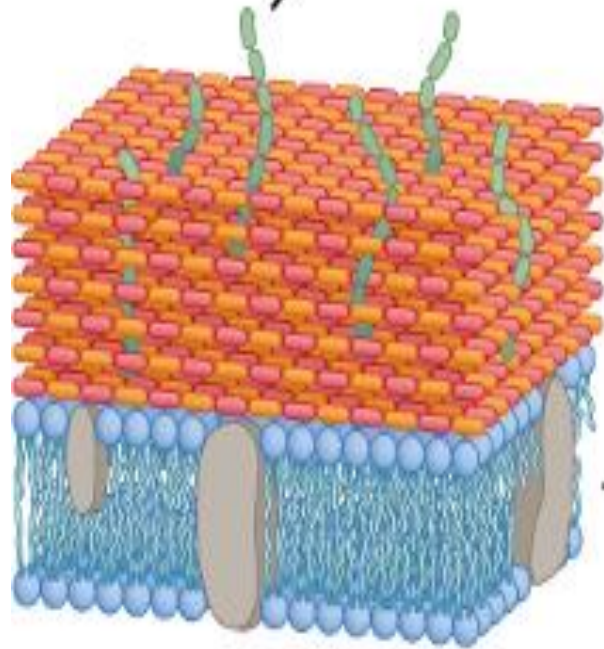
Paroi des bactéries à Gram négatif :

- Ex : entérobactéries, *Méningocoque*
- Mince 10-15nm de diamètre
- Peptidoglycane peu important
- Elle a une structure complexe, elle est plus fine que celle des Gram (+), elle est constituée d'une fine couche de PG (3 nm de diamètre) et une couche externe de la paroi dite membrane externe est essentiellement une bicouche lipidique liée à des macromolécules rejetées vers l'extérieur appelées lipopolysaccharide (LPS).
- le LPS est constitué de trois parties :

- Le lipide A : enfuit dans la membrane.
- Le polysaccharide central.
- La chaîne latérale O : ou antigène O de nature oligosaccharidique, il représente un antigène de surface à la base des identifications sérologiques.
- Les protéines contribuent à environ la moitié de la masse membranaire, les plus abondantes sont les protéines qui jouent le rôle de porines ou de pores pour le passage des solutés hydrophiles.



Teichoic acid



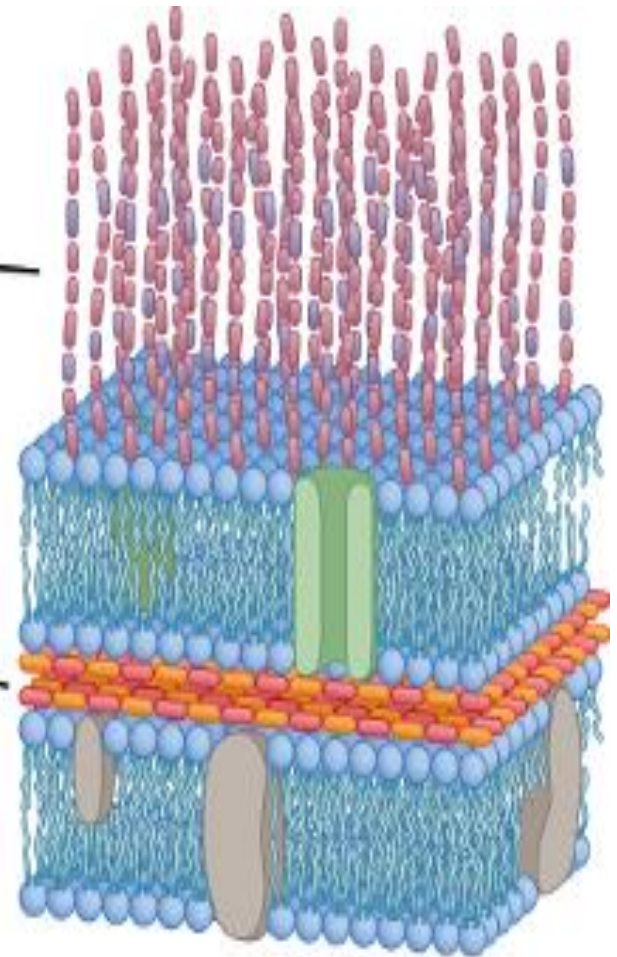
Gram-positive

Lipopolysaccharide

Outer membrane

Peptidoglycan

Cell membrane



Gram-negative

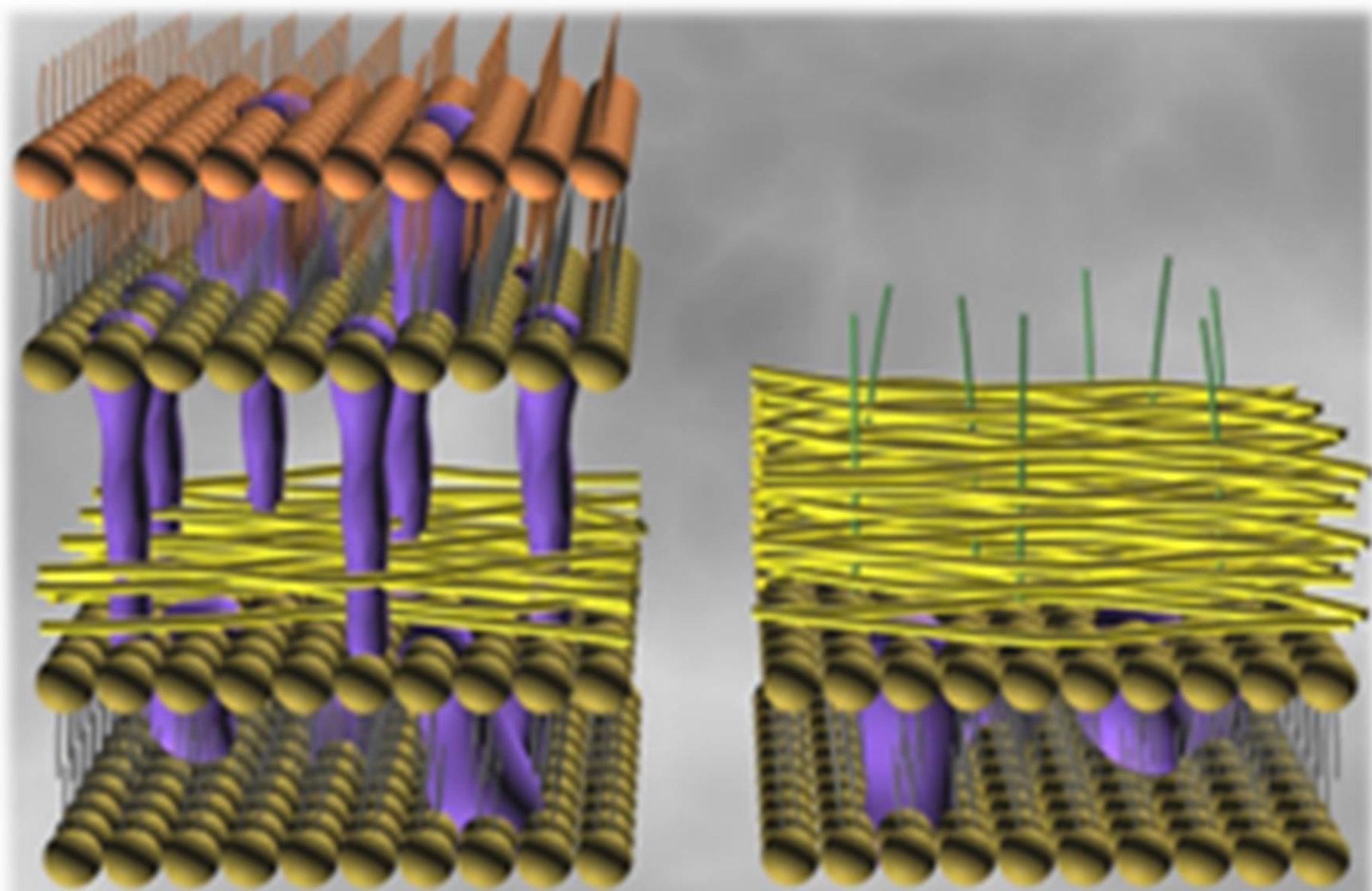
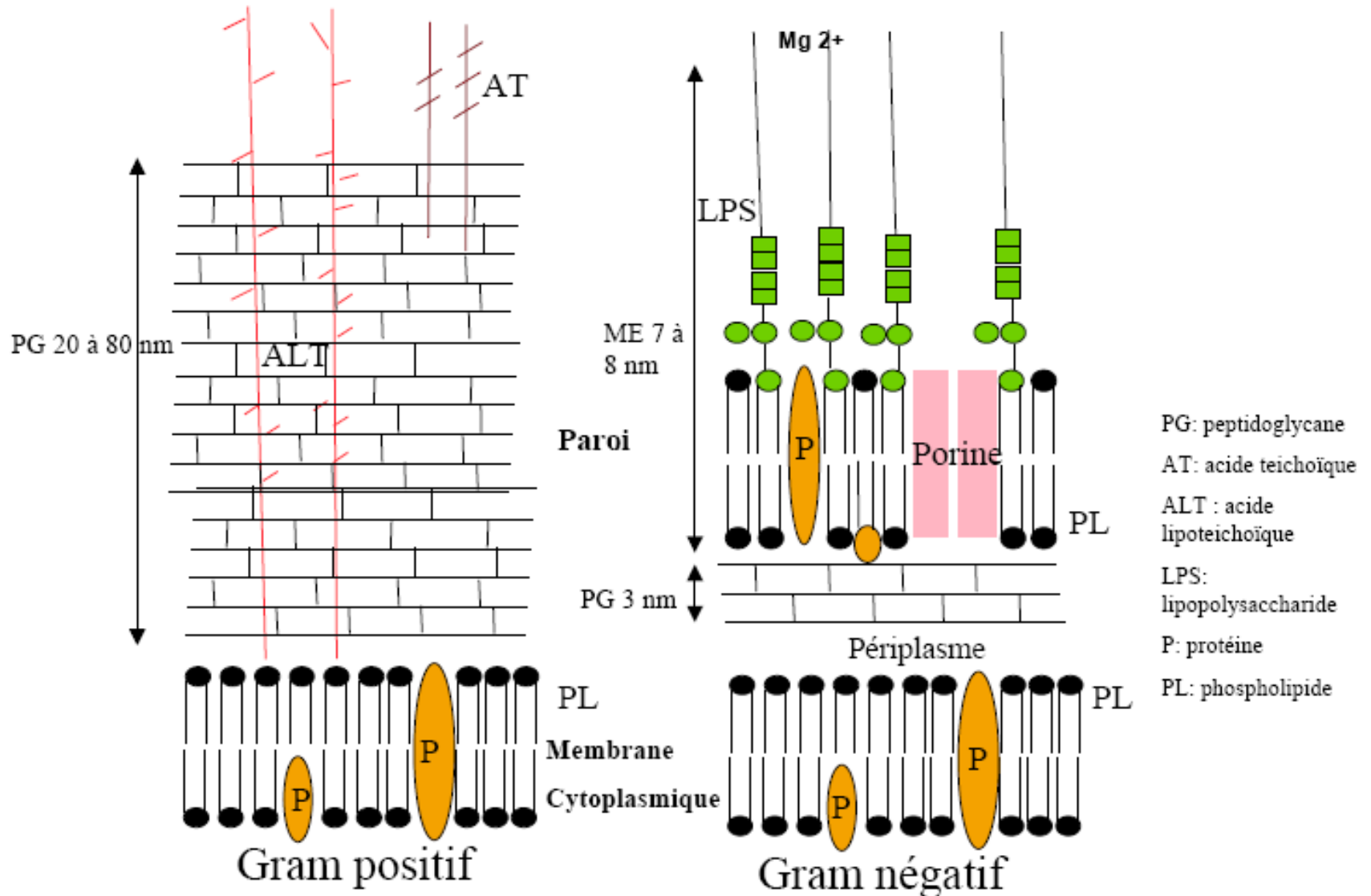


Schéma des enveloppes bactériennes



Différenciation pariétale: coloration de Gram



HCJ. Gram.

Gram +



Gram -



coloration au cristal violet

mordant (iode)

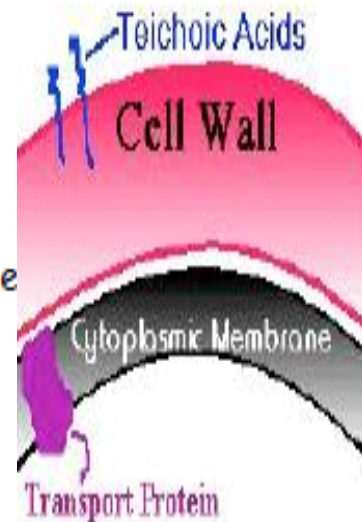
décoloration à Et-OH

contre coloration à la safranine

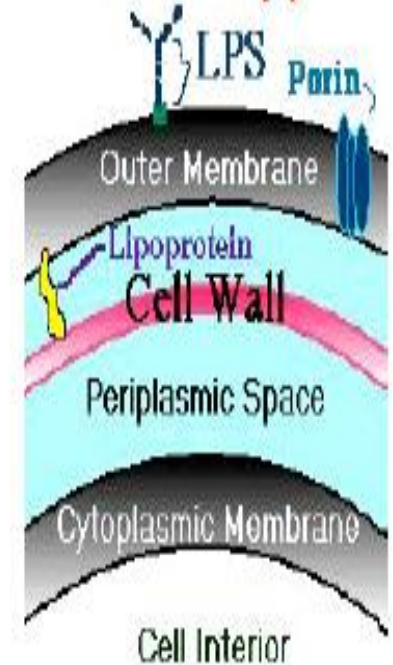
enveloppe
constituée d'une
épaisse couche
de PG

enveloppe constituée d'une
fine couche relâchée de PG (7
à 8 nm) dans le périplasme et
d'une membrane externe

Gram (+)



Gram (-)



Rôle de la paroi

- Morphologie
- Barrière externe de protection et protège la bactérie contre les variations de pression osmotique
- Perméabilité et antigénique
- Rôle dans la virulence
- Empêche ou diminue l'entrée des sels biliaires, des ATB et autres substances toxiques ----- » mort

Bactérienne

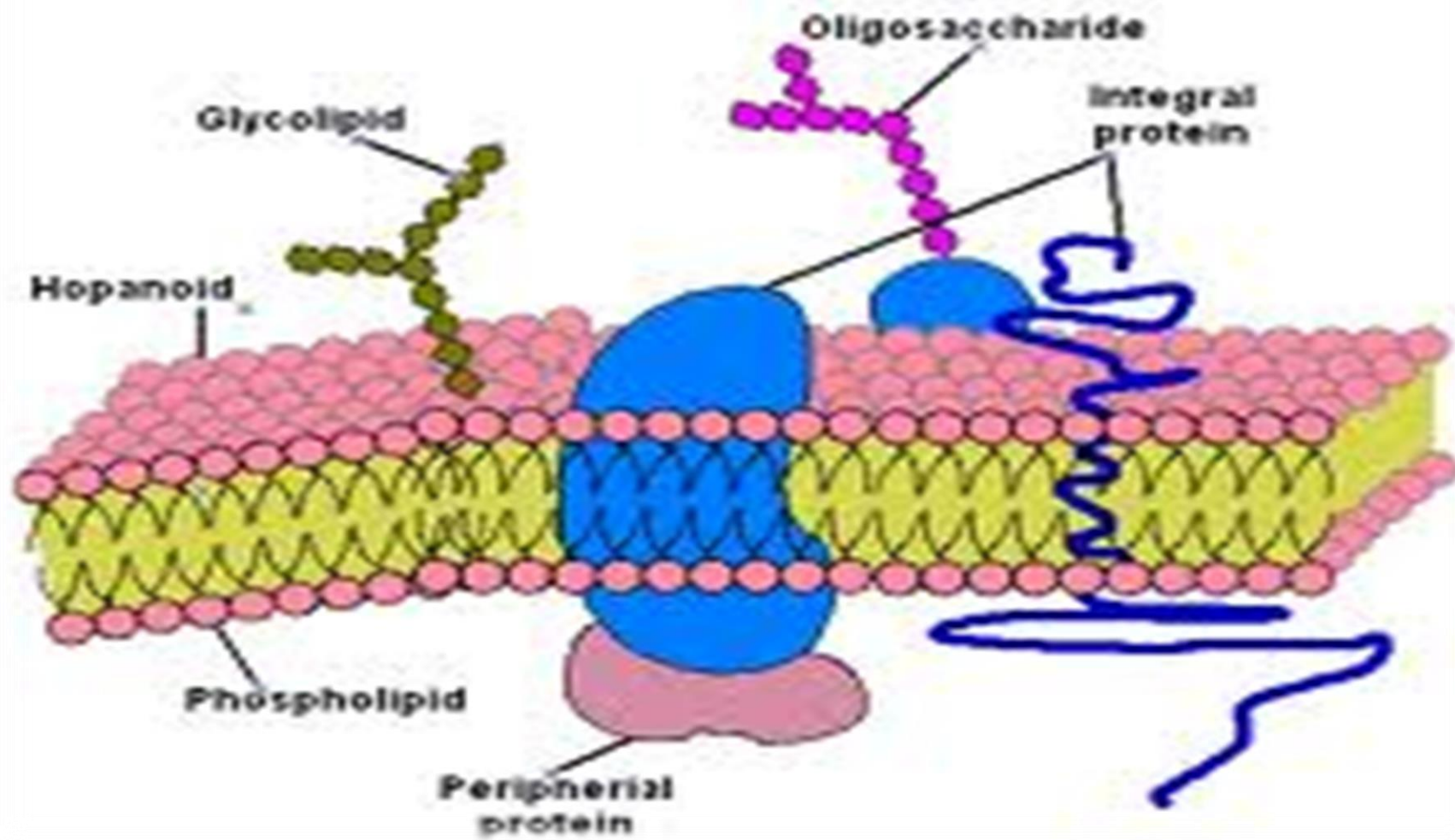
- Rôle sélectif: permet le passage de petites molécules (glucose, monosaccharides) ----- » Porines.
- Siège de la coloration de Gram

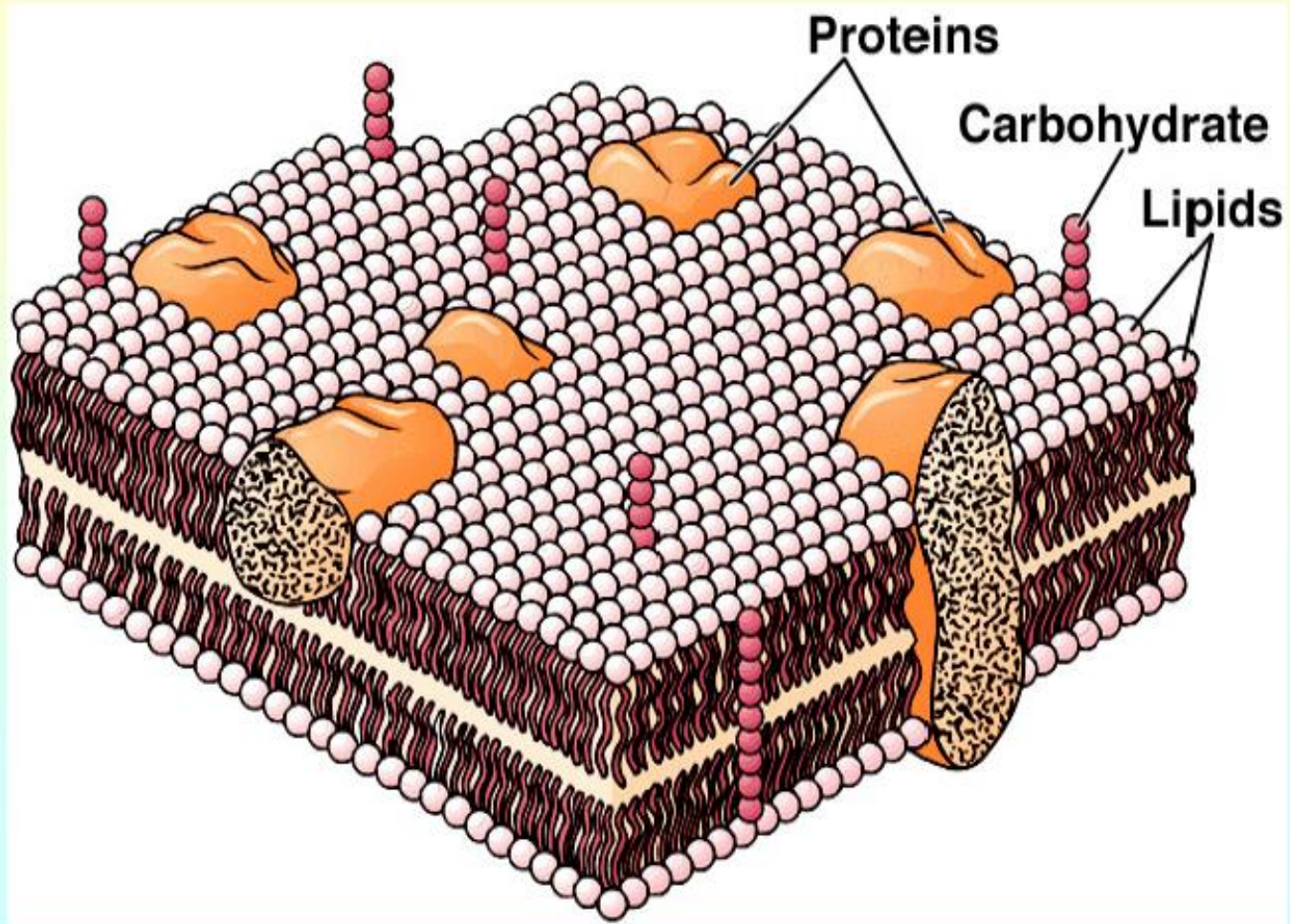
2- la membrane cytoplasmique

- Elle est formée d'une double couche de phospholipides ou s'insère des protéines.
- C'est une membrane semi-perméable qui règle les échanges entre le cytoplasme et le milieu extérieur.
- Elle est fluide, en constant mouvement, ce qui permet aux protéines qui jouent un rôle dans le métabolisme et le transport des solutés d'atteindre n'importe quelle zone de la membrane.
- Elle renferme les enzymes respiratoires couplées avec le système producteur d'énergie.
- C'est une membrane semi-perméable à travers laquelle les métabolites pénètrent soit par diffusion simple soit par transport actif par les perméases.

BACTERIAL CELL

Plasma Membrane Structure





Rôle de la membrane cytoplasmique

- Respiration et phosphorylation oxydative (siège des enzymes respiratoires)
- Contient le cytoplasme
- Barrière perméable sélective
- Transport des ions, sucres, acides aminés.
- Exportation des protéines
- Siège de la synthèse de nombreux constituants bactériens (lipides)
- Sert d'ancrage aux flagelles
- Rôle dans la division cellulaire.

3-Le cytoplasme

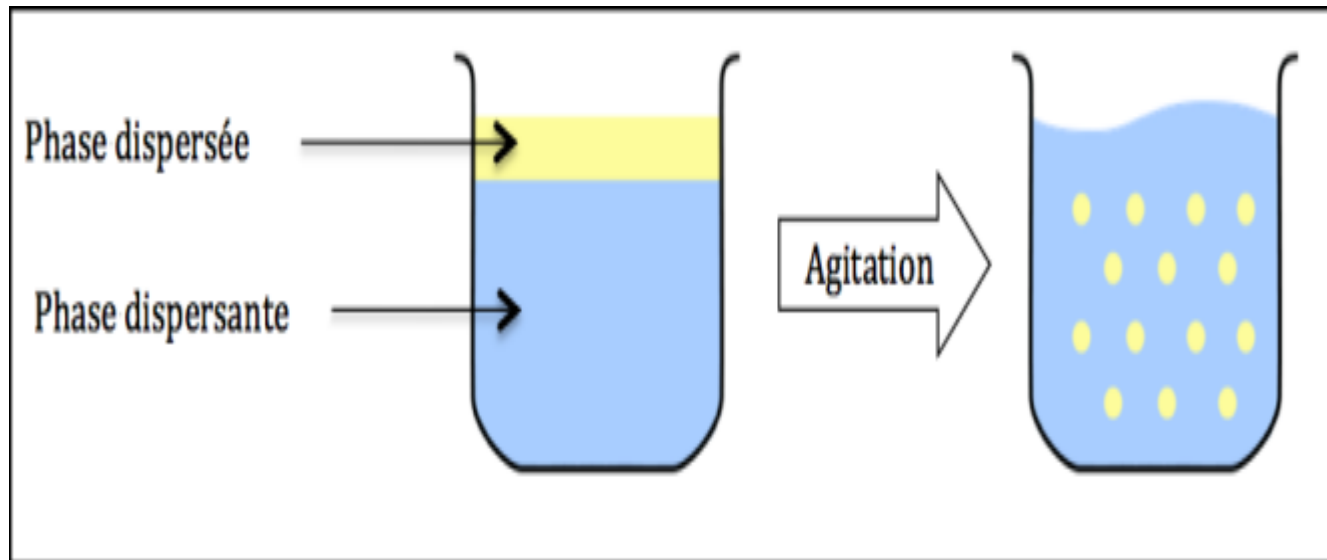
C'est un hydrogel colloïdal

Contient l'ADN chromosomique et plasmidique

On distingue:

- ✓ une phase dispersante composée de protéines et de sels minéraux
- ✓ Une phase dispersée composée des ribosomes et d'inclusions de réserves telle que le glycogène et amidon

Exemple pour phase dispersante et dispersée



4- L'ADN bactérien :

Le chromosome bactérien est formé d'une seule molécule d'ADN bicaténaire en double hélice de forme circulaire et enroulée.

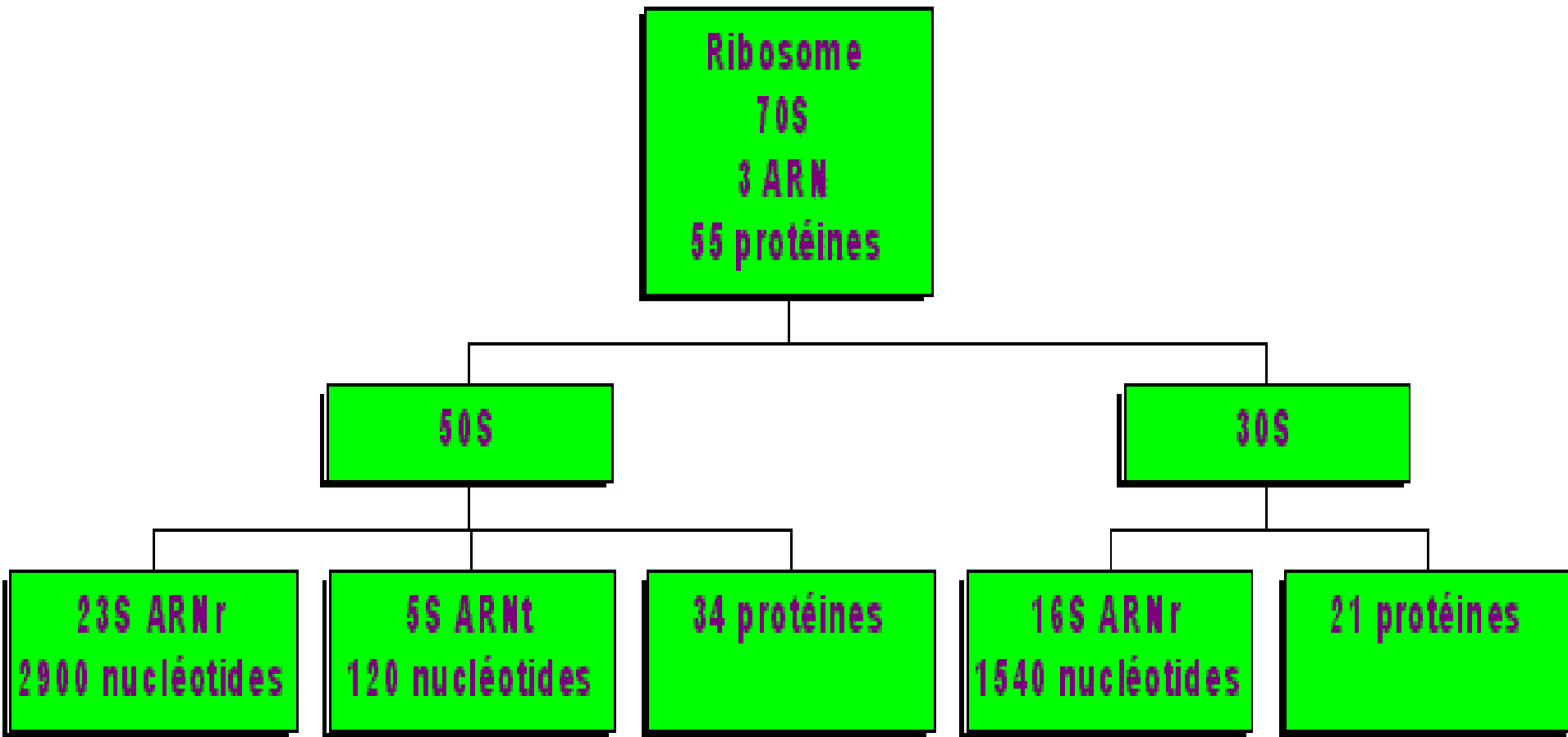
- Il mesure en général près de mille fois la longueur de la bactérie.
- Le noyau bactérien ne possède pas de membrane nucléaire, il est appelé nucléoïde ou appareil nucléaire
- L'ADN des bactéries est le support des informations transmises aux ribosomes qui effectuent les synthèses

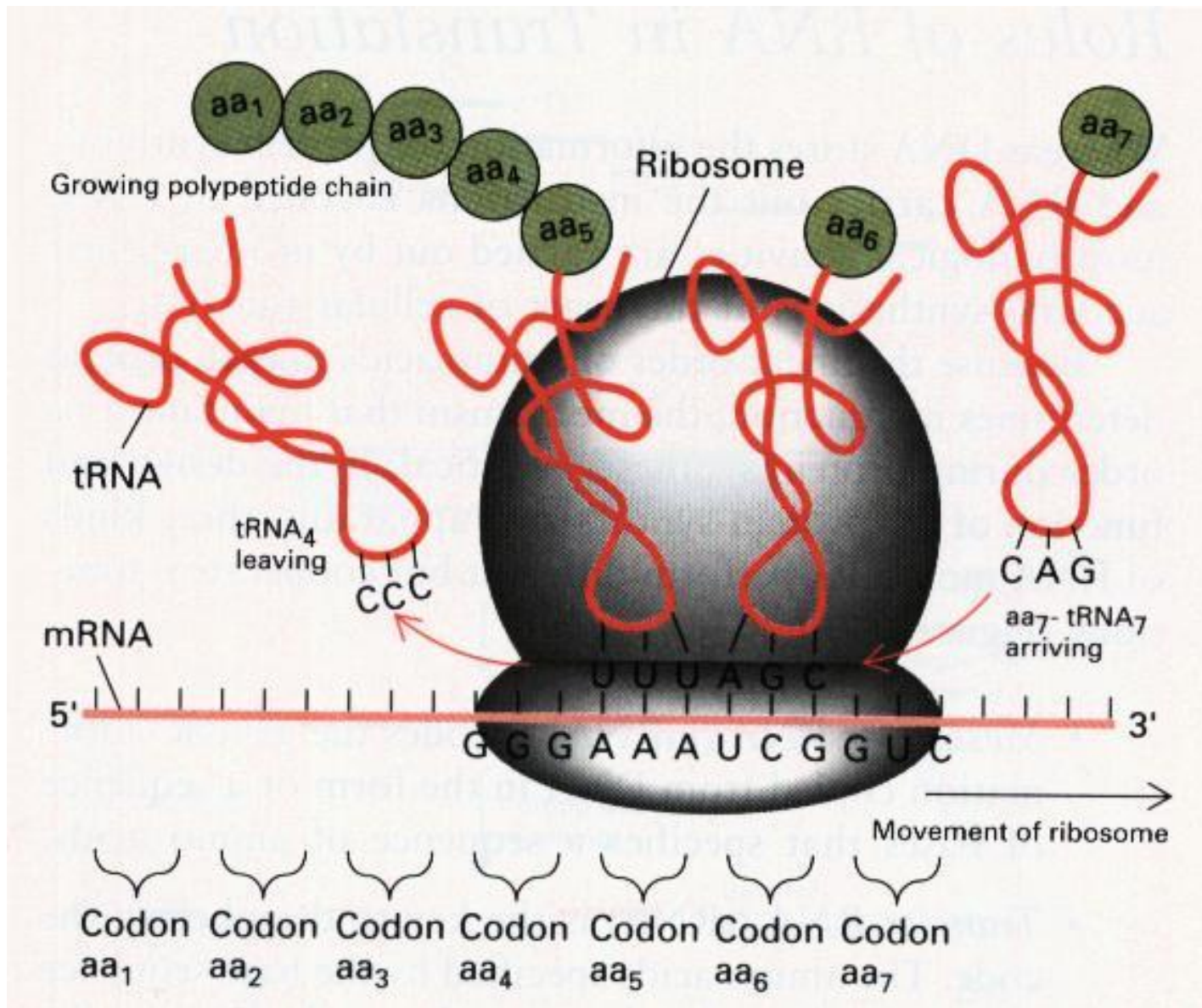


Figure 9.3 A disrupted *Escherichia coli* cell has spewed out its chromosome in a single, uncoiled DNA strand.

5- Les ribosomes

- **Les ribosomes** sont des organites complexes constitués d'ARNr et de protéines.
- Leur nombre peut atteindre 18000/cellule.
- Le ribosome bactérien appelé ribosome 70S est constitué de deux sous unités:
 - sous unité 30S: formée d' ARNr 16S et 21 P-
 - sous unité 50S: formée d'ARNr 23S et 5S et de 34 P-
- Ces particules interviennent dans le processus de traduction de l'ARNm en protéine.





Éléments facultatifs

1-La capsule:

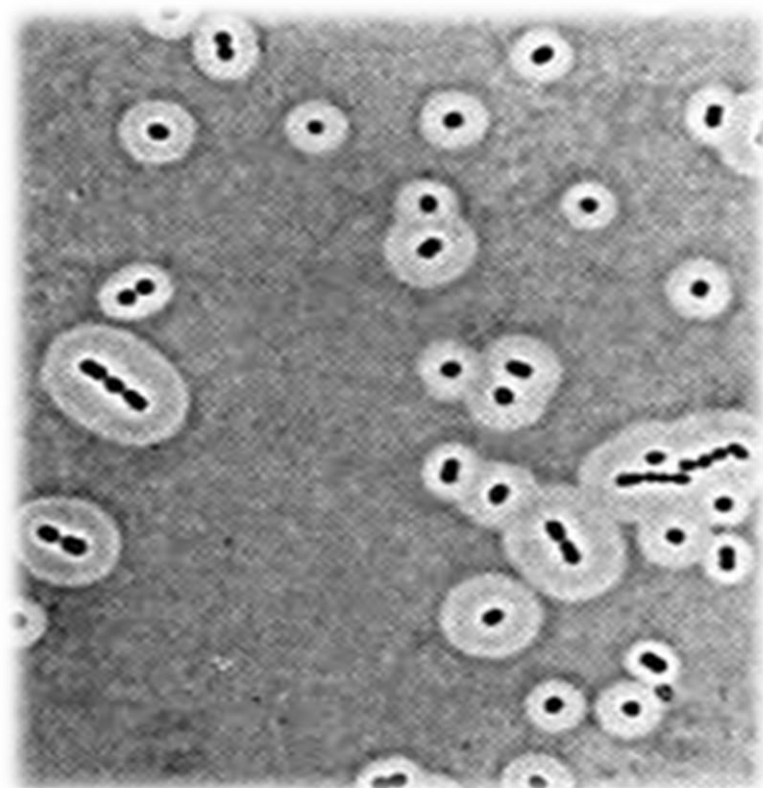
- Elle se trouve à l'extérieur de la paroi, elle est souvent de nature polysaccharidique.
- Ex : *Haemophilus, Pneumocoque*.
- Elle permet l'adhérence des bactéries et elle leur permet aussi d'échapper à la phagocytose.
- C'est donc un facteur important de pathogénicité.
- C'est un support de vaccins et aussi un élément d'identification.

Capsule



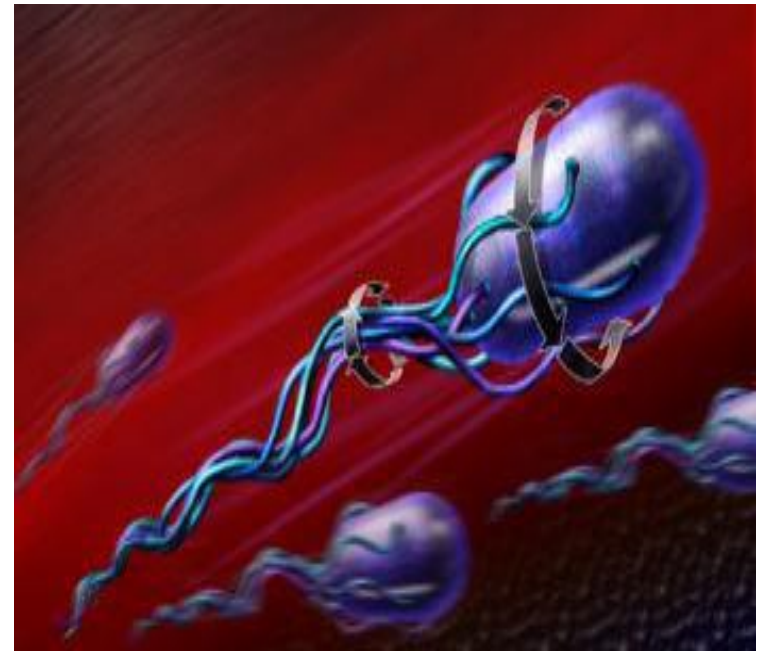
Souche S

Souche R

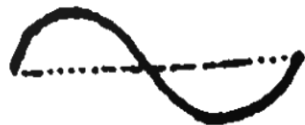
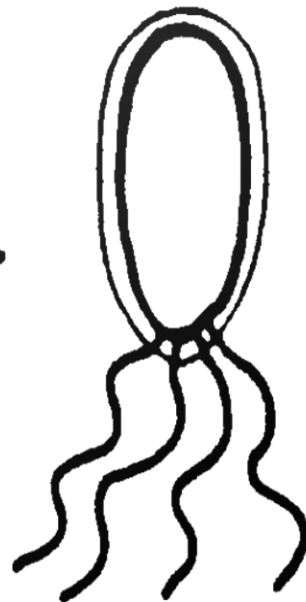
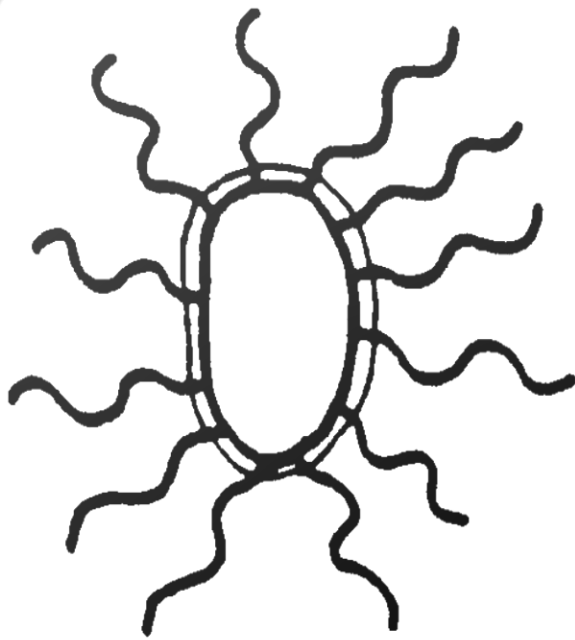


2-Les flagelles :

- Organes locomoteurs des bactéries mobiles, constitués de sous unités de protéines assemblées.
- Ils sont antigéniques et sont à ce titre des éléments d'identification (Salmonelles).
- Leur disposition peut être :



- **Monotriche** : un seul flagelle.
- **Amphitriche** : un flagelle à chaque extrémité.
- **Lophotriche** : une touffe de flagelles à une ou aux deux extrémités.
- **Péritriche** : flagelles réparties tout autour de la surface.

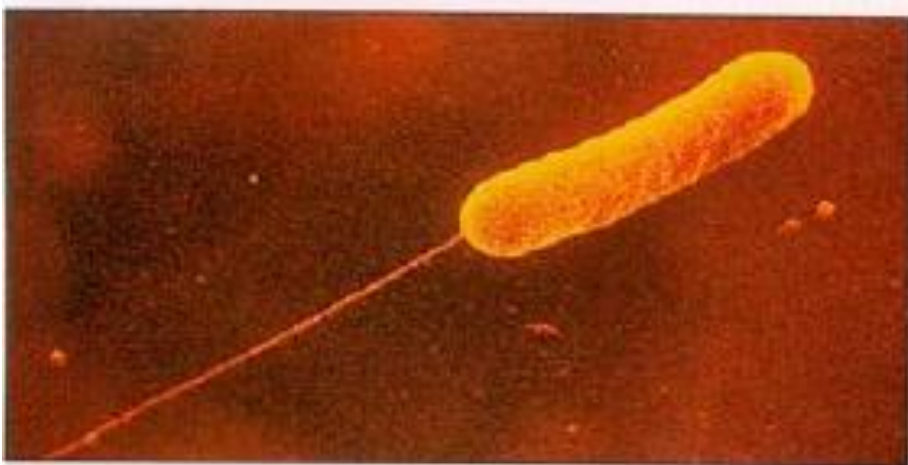


la longueur d'onde est caractéristique de la bactérie

PERITRICHE
colibacille
 (triche = cheveu)

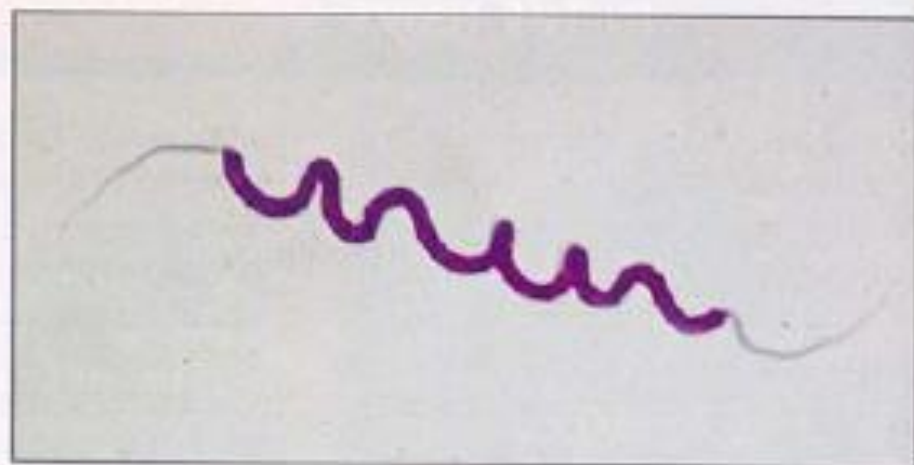
LOPHOTRICHE
pseudomonas
 (lopho = crinière)

POLAIRE
vibrio



(a) Monotrichous

SEM



(b) Amphitrichous

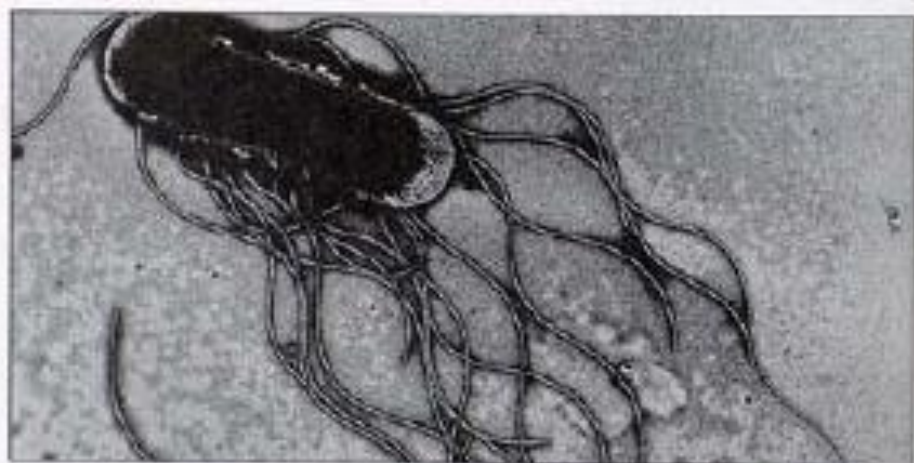
LM



(c) Lapnotrichous

SEM

10 μ m



(d) Peritrichous

TEM

1 μ m

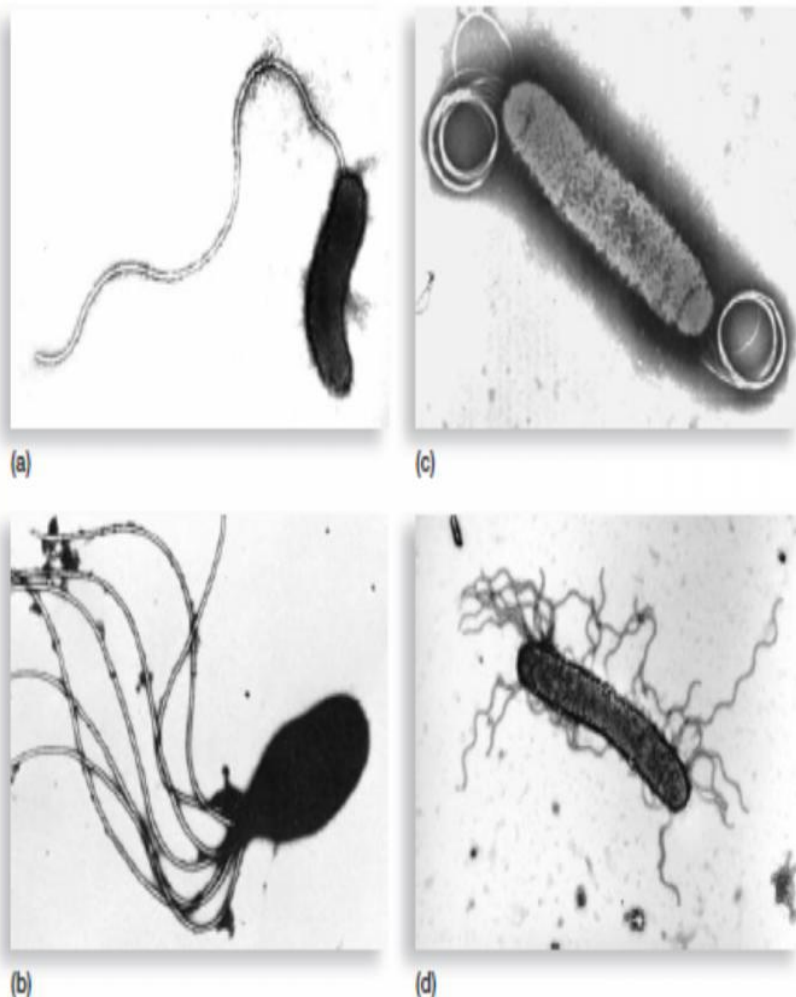


Figure 4.3 Electron micrographs depicting types of flagellar arrangements. (a) Monotrichous flagellum on the predatory bacterium *Bdellovibrio*. (b) Lophotrichous flagella on *Vibrio fischeri*, a common marine bacterium (23,000 \times). (c) Unusual flagella on *Aquaspirillum* are amphitrichous (and lophotrichous) in arrangement and coil up into tight loops. (d) An unidentified bacterium discovered inside *Paramecium* cells exhibits peritrichous flagella.

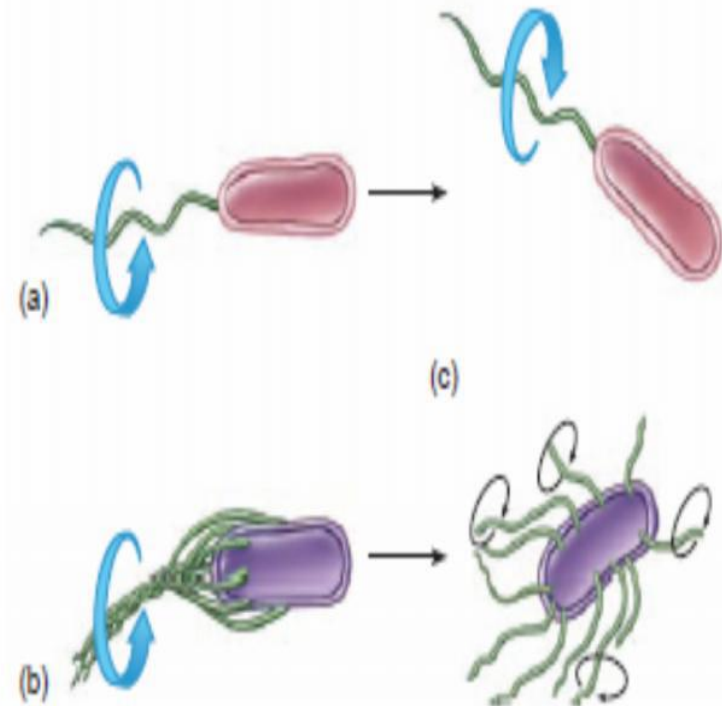


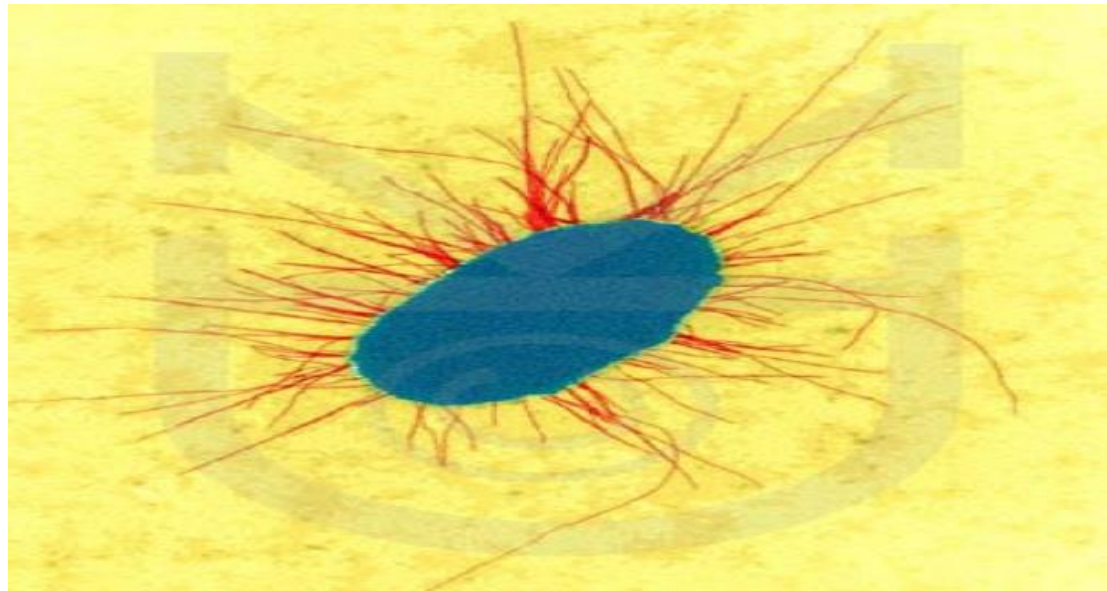
Figure 4.4 The operation of flagella and the mode of locomotion in bacteria with polar and peritrichous flagella. (a) In general, when a polar flagellum rotates in a counterclockwise direction, the cell swims forward in runs. When the flagellum reverses direction and rotates clockwise, the cell stops and tumbles. (b) In peritrichous forms, all flagella sweep toward one end of the cell and rotate as a single group. (c) During tumbles, the flagella rotate in the opposite direction and cause the cells to lose coordination.

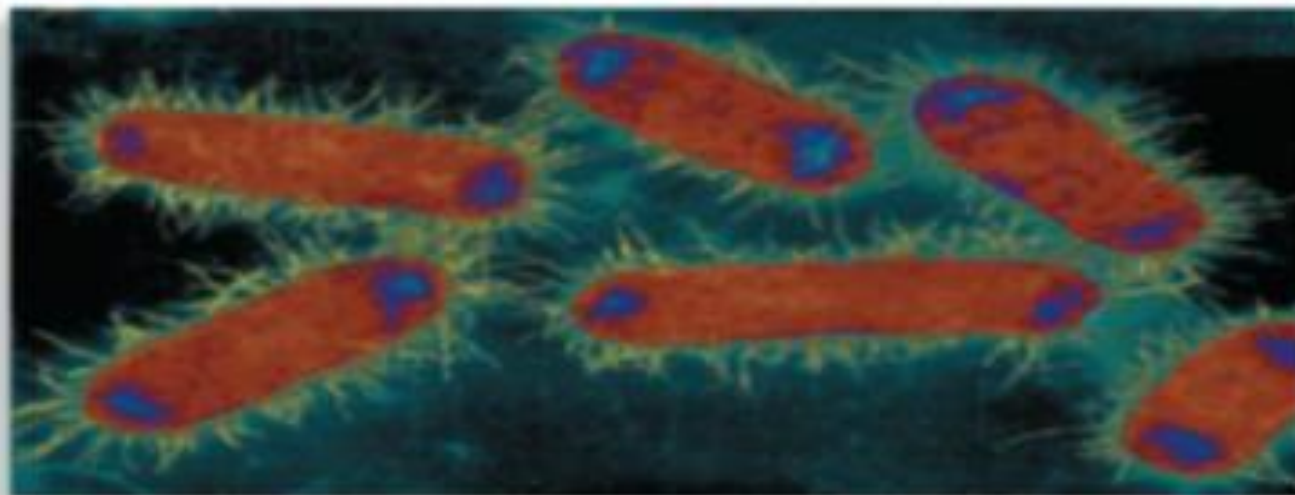
3-Les pili

- Structures inconstantes externes.

1/Pili communs:

- grand nombre autour de la bactérie (100 à 200),
- très court ($< 1 \mu\text{m}$),
- Rigide
- Adhésion





(a)



E. coli cells

Intestinal
microvilli

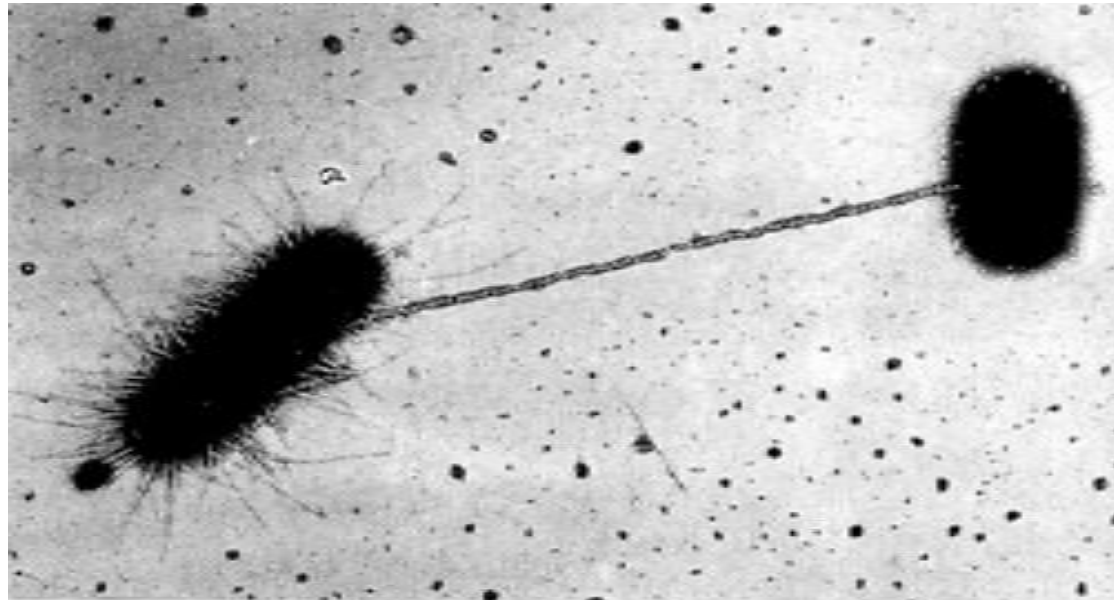
(b)

Figure 4.7 Form and function of bacterial fimbriae.

(a) Several cells of pathogenic *Escherichia coli* covered with numerous stiff fibers called fimbriae (30,000 \times). Note also the dark blue masses, which are chromosomes. (b) A row of *E. coli* cells tightly adheres by their fimbriae to the surface of intestinal cells (12,000 \times). This is how the bacterium clings and gains access to the inside of cells during an infection. (G = glycocalyx)

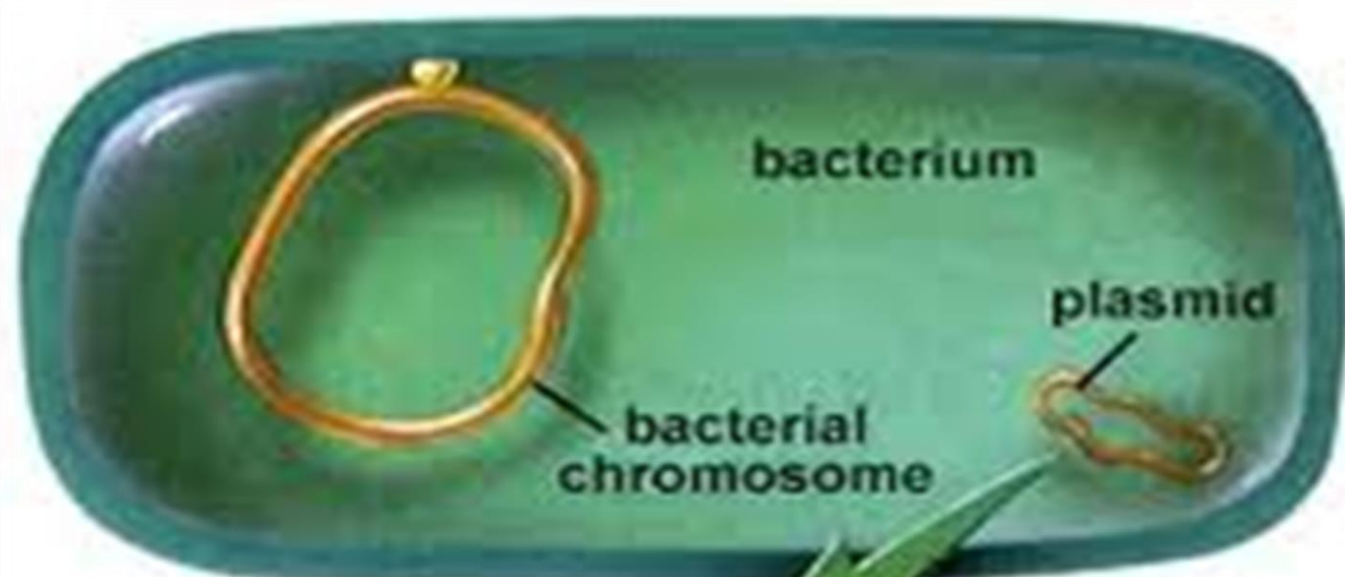
2/sexuel ou F :

- Peu nombreux (1 à 4),
- un peu plus longs avec une extrémité arrondie
- codés par des plasmides conjugatifs (plasmide F)
- synthétisés seulement par les bactéries mâles
- Rôle: **conjugaison**



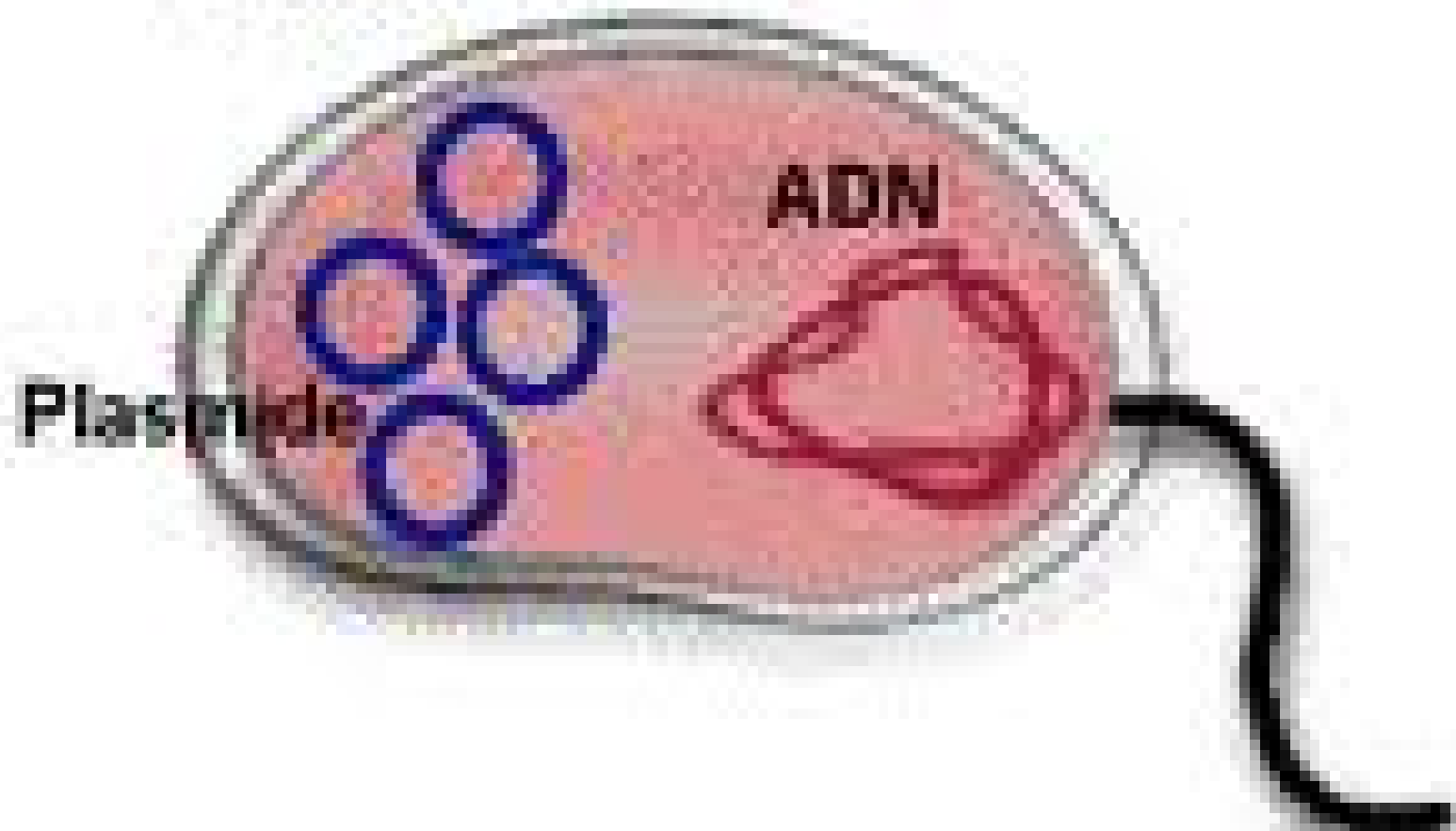
4-Les plasmides

- Ce sont des fragments d'ADN double brin habituellement circulaires qui se transmettent aux cellules filles après division cellulaire et qui se transmettent aussi entre bactéries voisines par conjugaison.
- Leur taille est de l'ordre de 1/1000 à 1/100 de celle du chromosome,
- Ils codent pour des gènes qui ne sont généralement pas indispensables à la survie de la bactérie dans les conditions normales
- Les plus connus sont les plasmides qui portent les gènes de résistance aux antibiotiques.



1 μ m

Bactérie



La spore bactérienne :

- C'est une forme de bactérie à métabolisme ralenti qui lui permet de survivre dans des conditions très défavorables.
- Elle existe chez les bacilles à Gram (+) comme le bacille du charbon et les clostridies.
- La spore n'a pas d'activité métabolique détectable et est caractérisée par une déshydratation importante et par l'accumulation d'acide dipicolinique et de calcium. Elle peut retourner à la forme bactérienne végétative par un processus inverse à la sporulation: la germination

- Elle résiste aux agents physiques comme la chaleur, la sécheresse et les radiations, et aux agents chimiques comme les acides, les solvants et les antiseptiques.
- Elle résiste à des températures de 80 à 100°C.

