

Chapitre 2: la cellule bactérienne



La bactérie est un être vivant microscopique « microbe », unicellulaire et comporte les éléments essentiels de toute cellule vivante. Elle est douée de métabolisme est capable de croître et de se diviser aux dépens de substances nutritives.



I. TECHNIQUES D'OBSERVATION DE LA CELLULE BACTÉRIENNE

- **Observation sans coloration: à l'état frais**
- **Observation après coloration**
- **Coloration simple (coloration au bleu de méthylène)**
- **Coloration complexe: coloration de Gram**
- **Coloration à l'ancre de chine (capsule)**
- **Coloration Zielh Neelson (acido alcoolo résistants)**
- **Coloration de Scheffer Fulton (coloration de l'endospore)**
- **Coloration de Leifson (flagelle): mordant ensuite la fuchsine.**

• Observation sans coloration : état frais

1 Prélever une goutte de la suspension bactérienne et la déposer sur une lame propre



2 Poser la lamelle.



3 Observer à l'objectif $\times 40$ avec un diaphragme quasiment fermé pour augmenter le contraste

- Ciliature polaire : la bactérie possède un ou plusieurs cils tous situés à un pôle ou aux deux pôles de la cellule

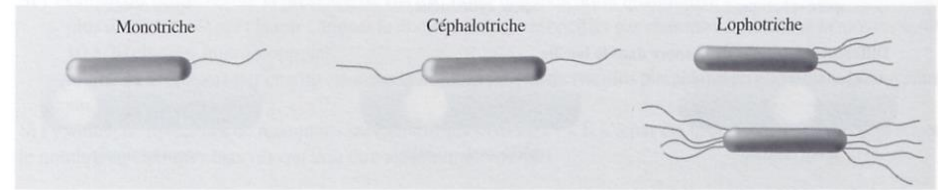


Fig. 5 – Les différents types de ciliature polaire

- Ciliature péritrice : la bactérie possède des cils régulièrement répartis tout autour de la cellule.

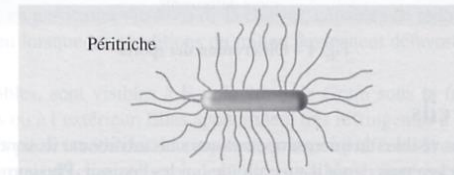
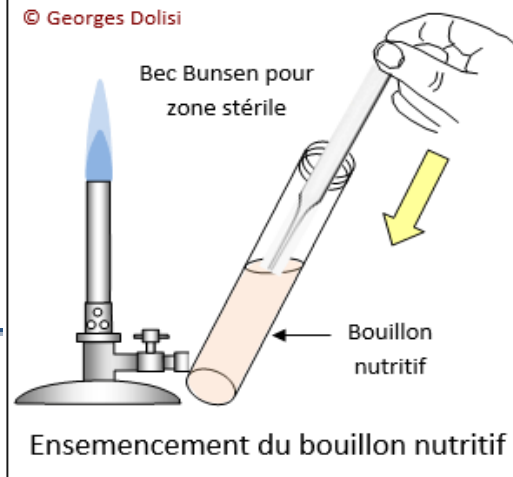
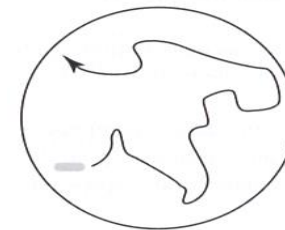


Fig. 6 – Ciliature péritrice

© Georges Dolisi



Ciliature probablement péritrice



Ciliature probablement polaire

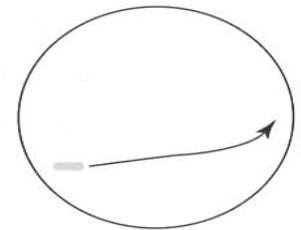


Fig. 2 – Déplacement des bactéries en fonction de leur ciliature

- **Observation après coloration**

**Coloration
simple**

**Coloration
de la paroi**

**Coloration de
la capsule**

**Coloration
des
flagelles**

**Bleu de
méthylène**

**Coloration
de Gram**

**Coloration à
l'encre de
chine**

**Méthode
de
Rhodes**

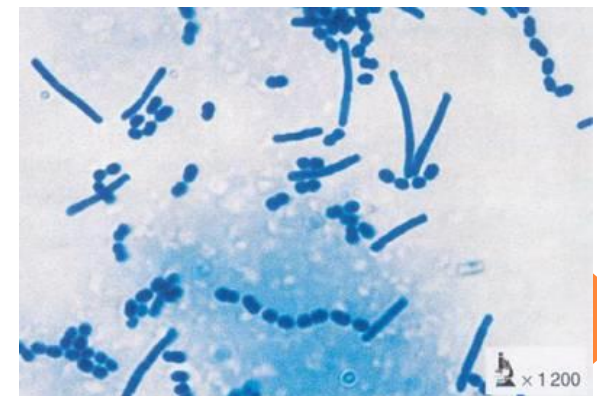
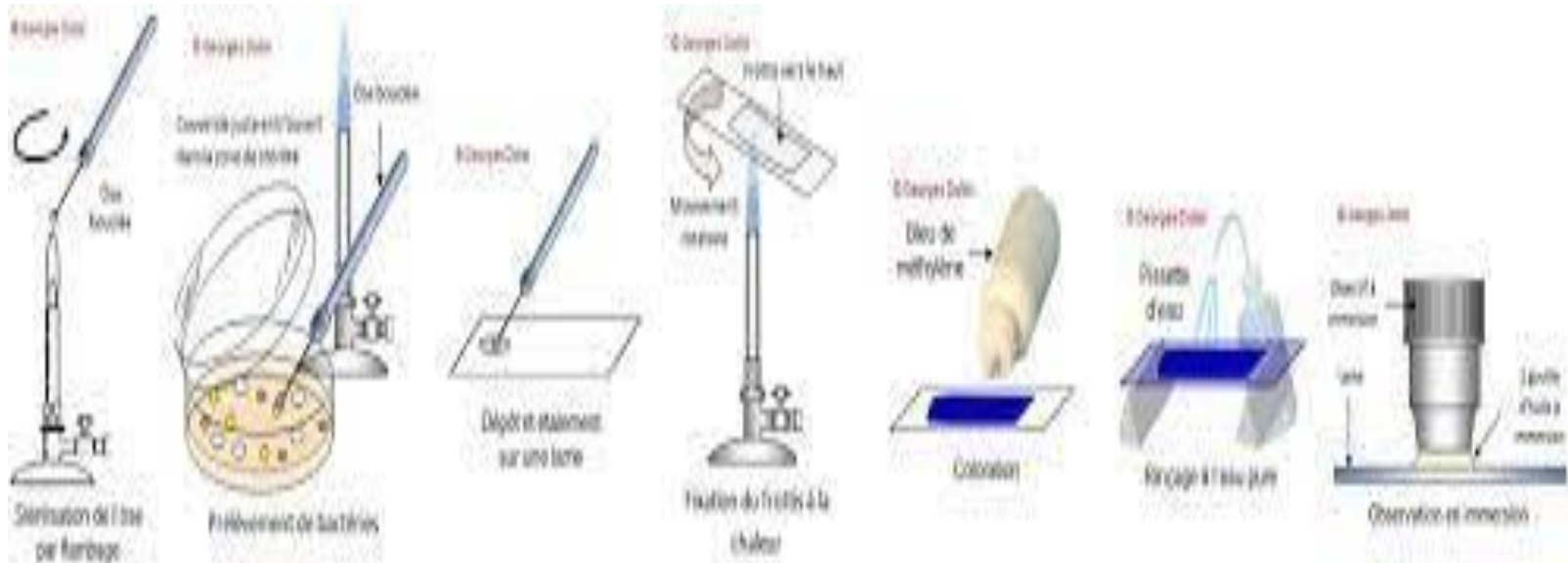
**Coloration de
l'endospore**

**Coloration de
Zielh Neelson**

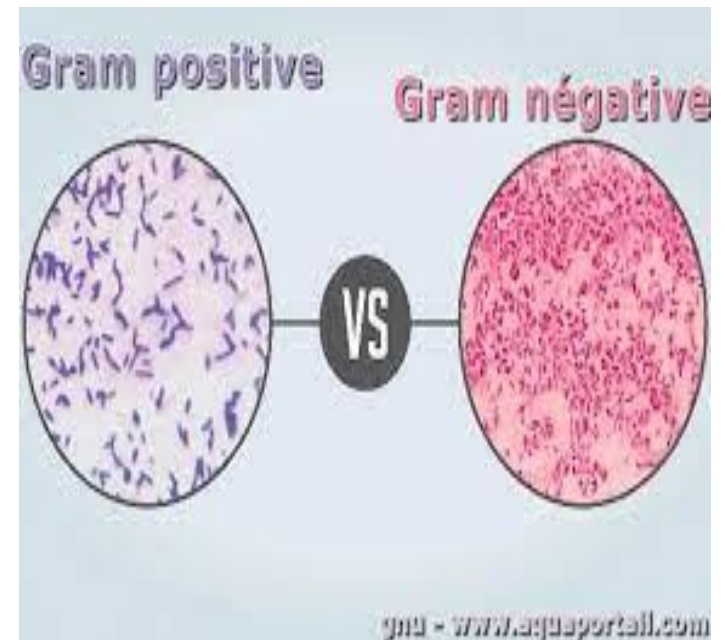
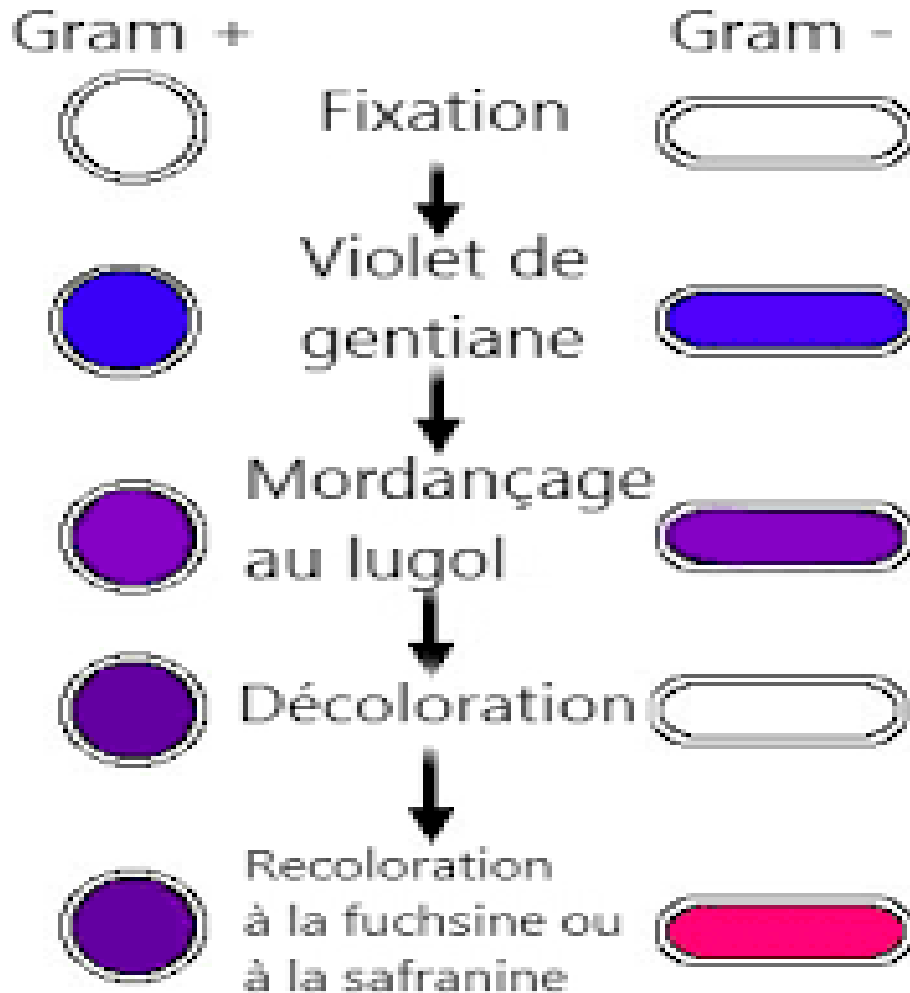
**Coloration
Scheffer
Fulton**

**Acido-
alcoolo-
résistants**

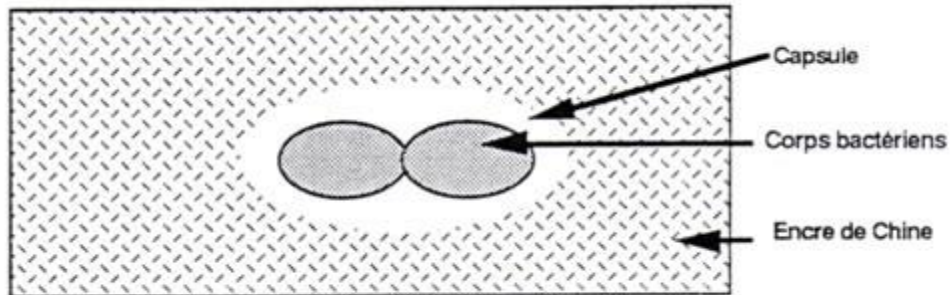
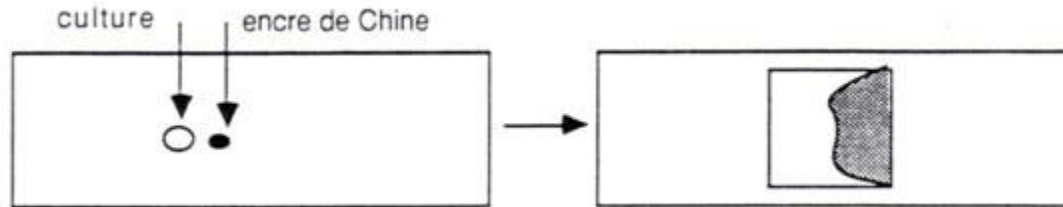
- **Coloration simple:
Bleu de méthylène**



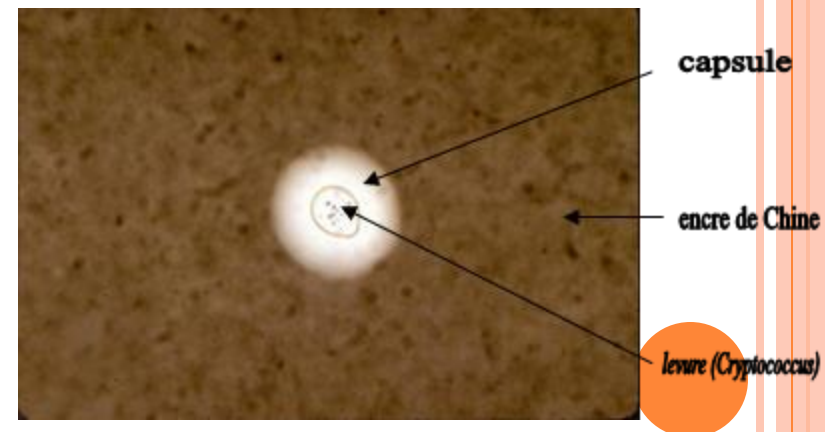
- Coloration de la paroi : coloration de Gram



- **Coloration de la capsule:
coloration à l'encre de chine**



**La capsule apparaît comme
un halo clair autour des
corps bactériens**



• Coloration des flagelles : méthode de Rhodes

Principe :

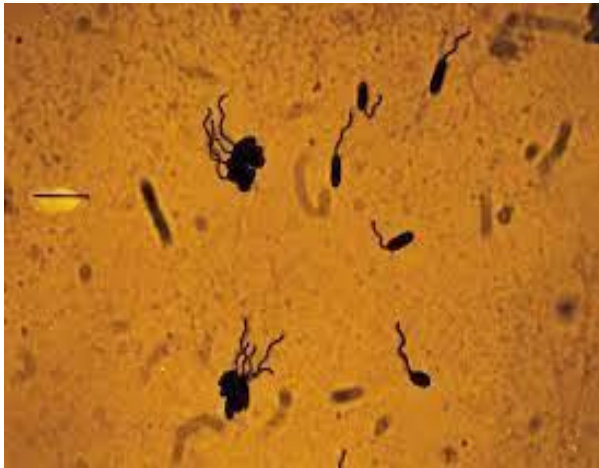
Epaississement des flagelles en utilisant

- **Un mordant** : facilite la coloration
- **Un colloïde** : épaissit les flagelles et les rend visibles.

Recouvrir la lame par
le mordant



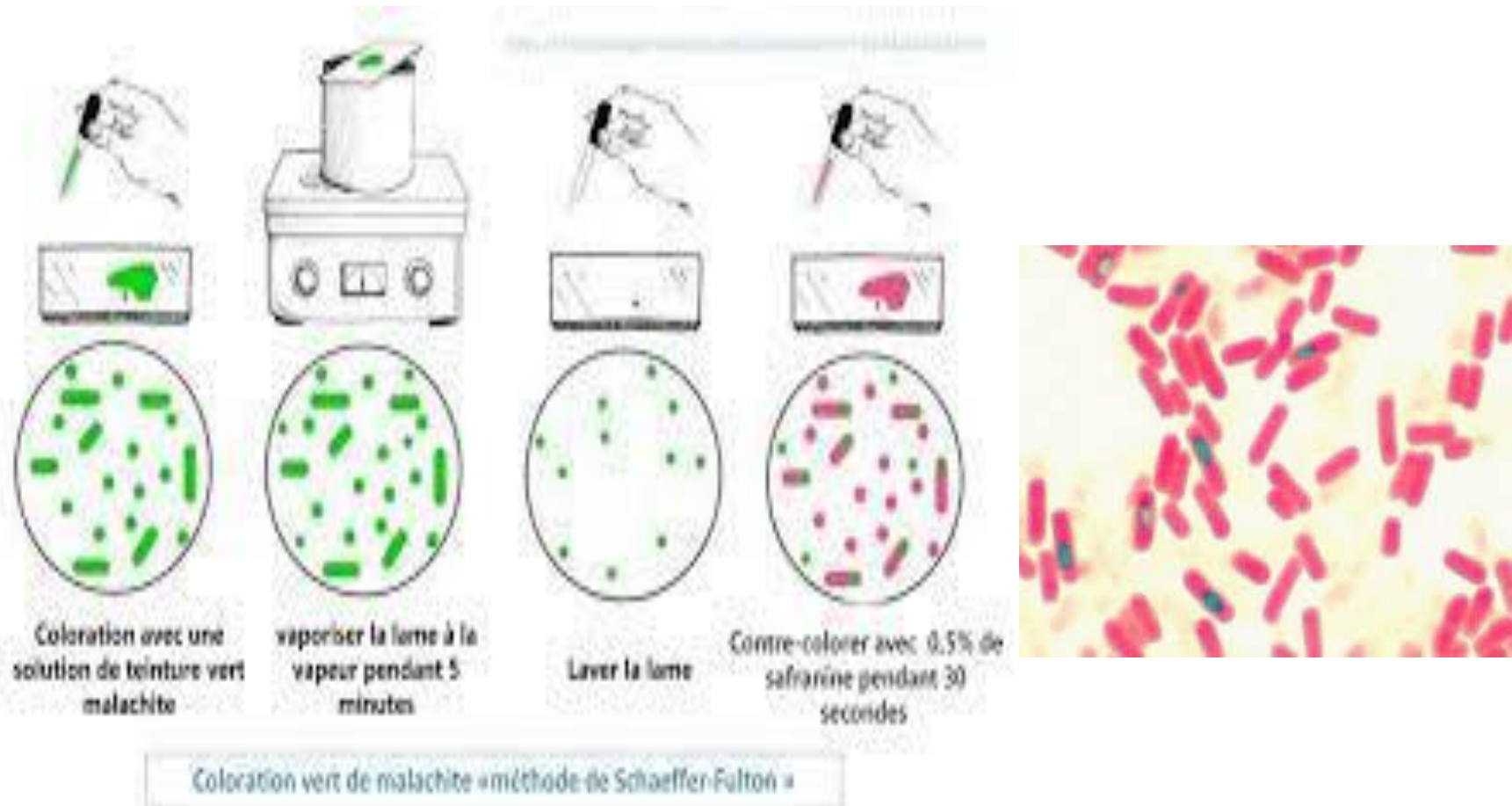
Recouvrir de nitrate d'argent
ammoniacal chauffé presque à
ébullition, et laisser agir 3 à 5
minutes.



Les corps bactériens apparaissent
presque noirs, les flagelles sont teintés
en brun plus ou moins foncé



- **Coloration des spores : Coloration Scheffer Fulton**



Le vert de malachite est soluble dans l'eau et a une faible affinité pour le matériel cellulaire, de sorte que les cellules végétatives peuvent être décolorées avec de l'eau



LA COLORATION DE ZIEHL-NEELSEN

La coloration de Ziehl-Neelsen comprend 3 étapes principales :

Première étape : application d'un colorant énergétique à chaud ou à froid

Deuxième étape : décolorations successives par un acide fort puis à l'alcool à 90°C

Troisième étape : recoloration de contraste

La coloration de Ziehl-Neelsen est requise en cas de suspicion clinique ou histologique de tuberculose, d'infections par mycobactéries atypiques chez des sujets atteints de SIDA (bacilles incurvés et perlés).

Voici quelques exemples de colorations obtenues avec la coloration de Ziehl-Neelsen :

Bacille acido-alcool résistants : Rouge

Globules rouges : Jaune

Fond : Bleu pâle



ETAPES EN DÉTAIL

chauffer la lame à 65-75°C sur une plaque chauffante pendant 5 min ;

pendant le chauffage, rajouter régulièrement de la solution de fuchsine phéniquée sur le buvard pour l'empêcher de sécher ;
laisser refroidir la lame avant de passer à l'étape suivante.

Décolorer :

faire couler le décolorant acido-alcoolique sur la lame jusqu'à ce que le liquide n'emporte plus de colorant ;
rincer une nouvelle fois délicatement à l'eau distillée.

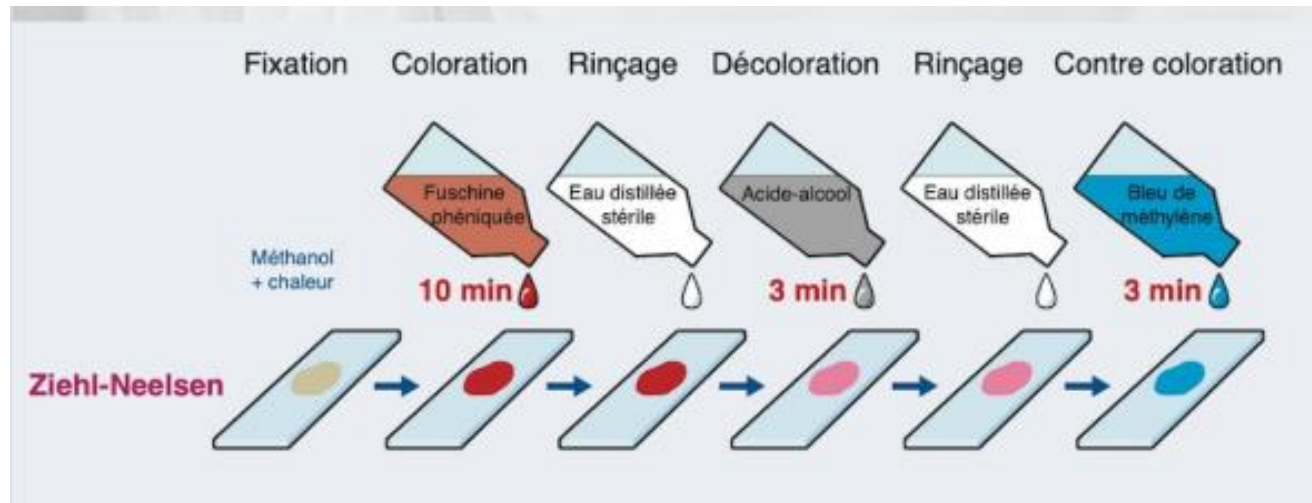
Procéder à la contre-coloration et observer :

immerger le frottis dans la solution de bleu de méthylène pendant 1 min ;
rincer à l'eau distillée puis sécher le frottis par tamponnement (ne pas frotter) avec une feuille de buvard sec ;
observer à l'objectif à immersion : les Mycobactéries apparaissent en rose-rouge sur fond bleu.



- Coloration de Ziehl Neelsen : Acido-alcool-résistants

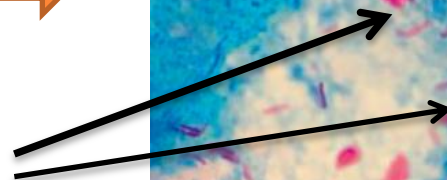
Etapes



Observation
microscopique

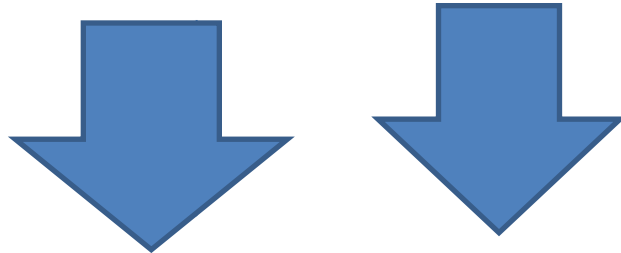


Bactéries colorées
en rouge



Le nom des bactéries

- Le genre (première lettre en majuscule)
- L'espèce
- Le nom s'écrit en italique
- exemple: *Escherichia coli*



Genre

espèce

Le genre correspond à:

- Caractère commun des sp qui appartiennent au même genre. EX: *Lactobacillus*
- La forme des sp. qui appartiennent au même genre. Ex: *Streptococcus*
- Présente le nom du chercheur. Ex:

Escherichia  Escherich

Neisseria  Neisser

Pasteurella  Pasteur

L'espèce représente:

- Un caractère particulier.
- Ex: *Streptococcus lactis*: lactis qui se dvp dans le lait
- *Streptococcus feacalis*: feacalis qui se dvp dans les matières fécales



2. LA MORPHOLOGIE CELLULAIRE

En observant des bactéries au microscope optique, on reconnaît rapidement la forme des cellules, leurs dimensions, et les arrangements ou les groupements qu'elles constituent entre elles. Ces informations définissent la morphologie bactérienne.

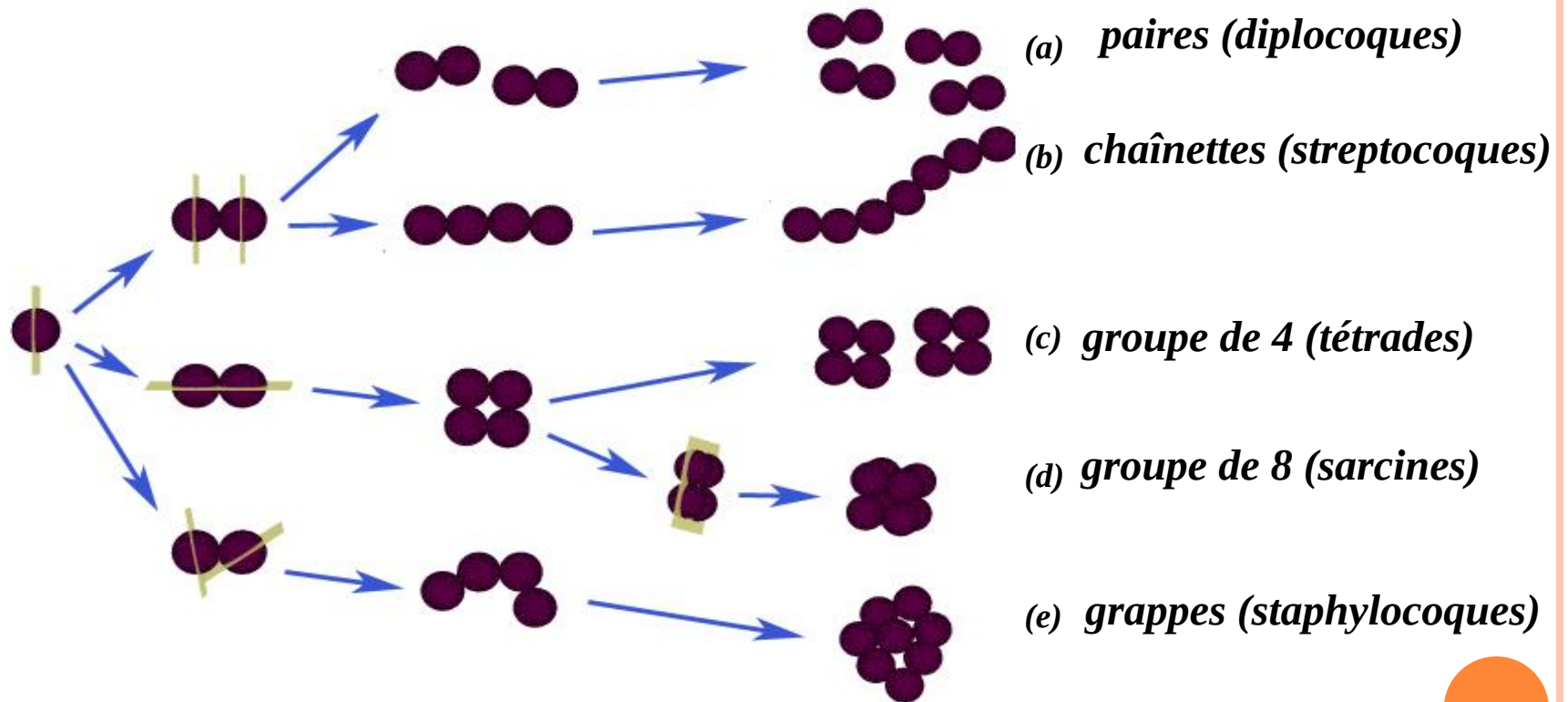


La taille des bactéries

- La taille 0,1 à 2 μm
- Le diamètre 0,5 à 5 μm



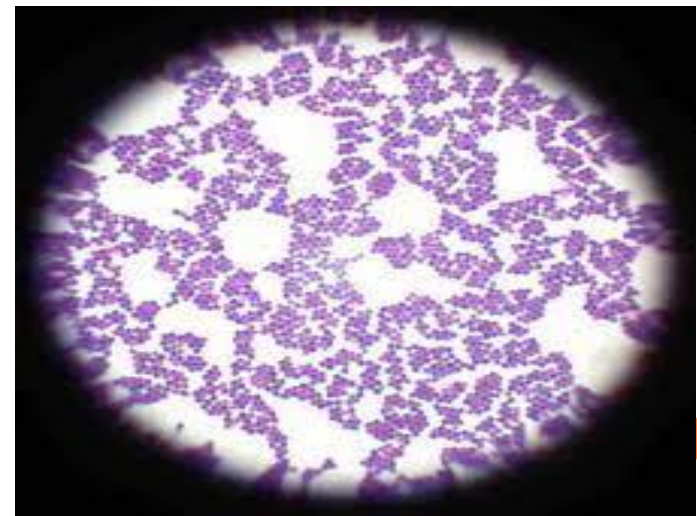
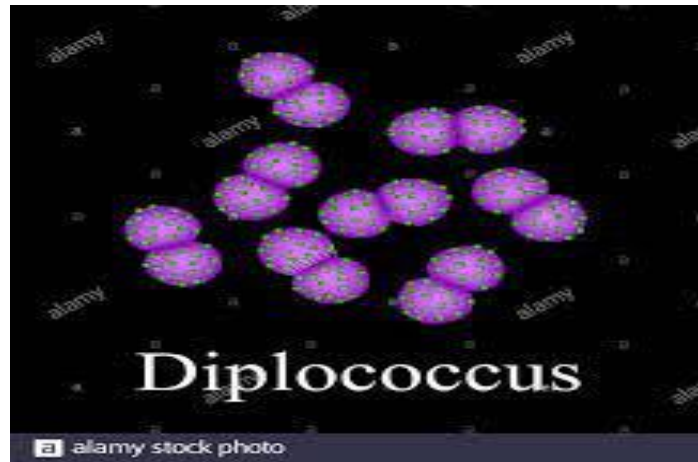
1. Les coques: Les Cocci, un coccus



Exemples

- Monocoques ou microcoques: *Micrococcus agilis*
- En amas: *Staphylococcus aureus*
- En chainettes: *Streptococcus faecalis*
- Les cubes: *Sarcina*
- Les tétrades: *Pediococcus*

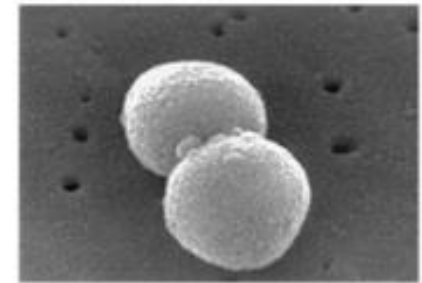




Remarque

Les diplocoques peuvent être présentés sous forme de:

- Flamme de bougie
comme pneumocoque
(EX. *Diplococcus pneumoniae*)



- Grain de café comme
méningocoque
(EX. *Neisseria meningitidis*)



2. LES BACILLES: BÂTONNETS

- En forme de bâtonnet appelé bacilles ou **bacillus**.
Les bâtonnets droits ou bacilles de 2 à 3 μ de long.
Ex. Entérobactéries, bacille diphtérique
- Les bacilles peuvent se présenter incurvé en « **virgule** » appelé **vibrion**. Ex. *Vibrio cholerae*
- Bacilles plus gros et rectangulaires. Ex. *Bacillus anthracis*.
- Bacilles fusiformes aux extrémités effilés en fuseau.
- Les corynébactéries renflées à l'un de leur pôle, se groupant en palissades ou en « paquets d'épingles ».
- Les bacilles peuvent être associés 2 par 2 en diplobacilles ou former des chainettes : Streptobacilles



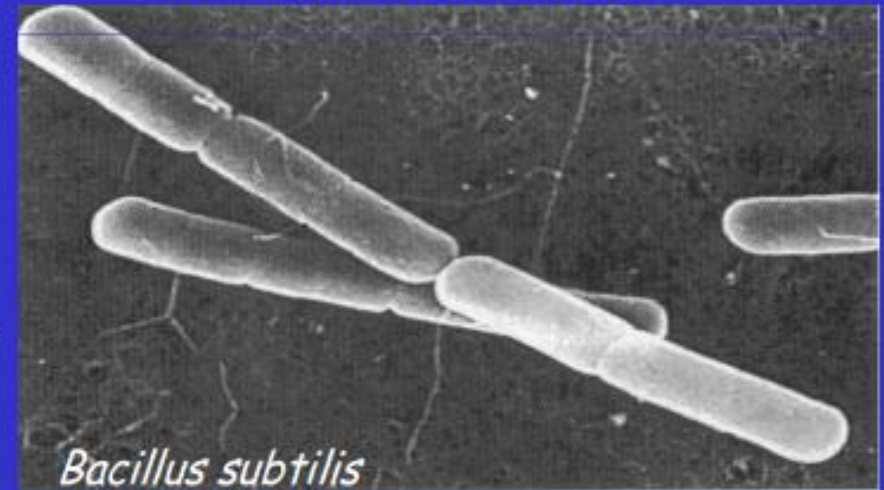
2. Les bâtonnets:

- Bâtonnets droits =
Bacilles



Regroupements:

Bacilles isolés



Diplobacilles

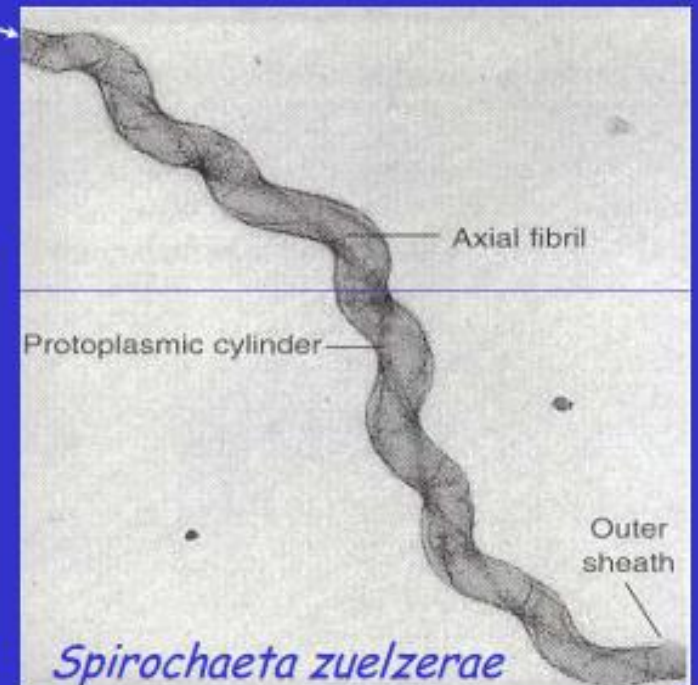
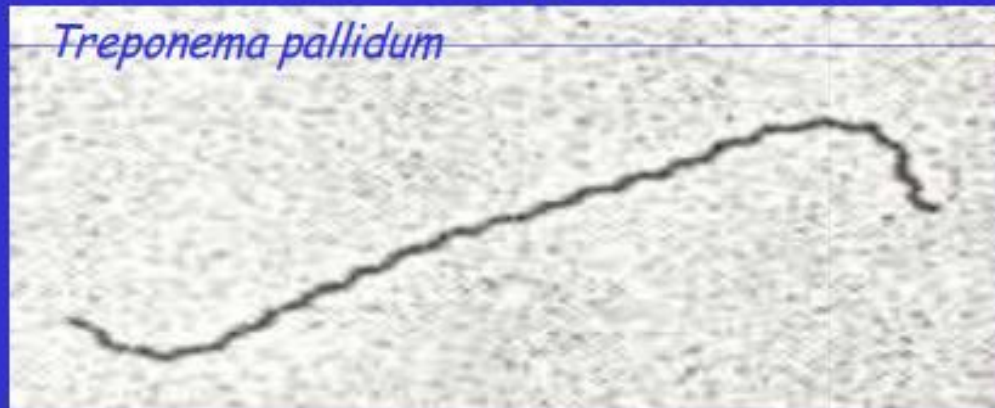
Streptobacilles



- Bacilles incurvés:



3. Les formes spiralées:



3. LES FORMES SPIRALÉES

- On la rencontre chez un petit groupe de microorganismes avec un corps hélicoïdal et très allongé. On les distingue entre eux par leur longueur, le nombre et l'amplitude de leurs ondulations. On distingue:

Les **leptospires** de 5 à 10 μ m de long ont des extrémités en crochets.

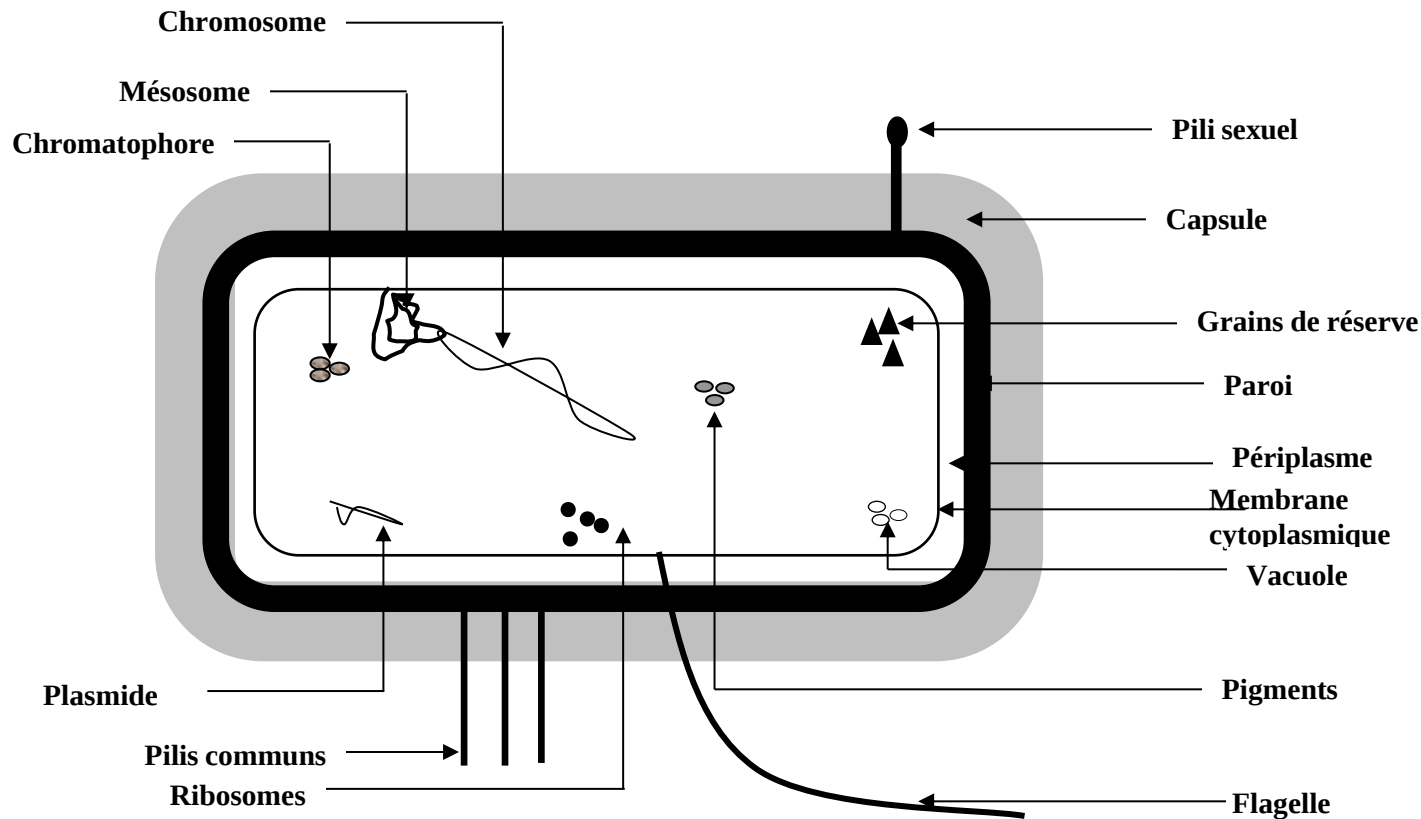
Les **tréponèmes** de 15 μ m.

Spirochètes entre 30 et 500 μ m.



II. STRUCTURE DE LA CELLULE BACTÉRIENNE

Une bactérie est un micro-organisme unicellulaire "procaryote", de morphologie différente et qui se reproduit par scissiparité. Certaines bactéries sont pathogènes pour l'Homme, d'autres sont bénéfiques.



○ Les structures fondamentales (obligatoires)

- ✓ la paroi
- ✓ membrane cytoplasmique
- ✓ Cytoplasme
- ✓ ribosomes
- ✓ chromosome.

○ Les structures particulières (facultatives)

- ✓ Capsules
- ✓ Flagelles
- ✓ pili
- ✓ Spores
- ✓ Plasmides

Les elements absents:

- ✓ noyau
- ✓ Appareil de Golgi
- ✓ Reticulum endoplasmique
- ✓ Mitochondrie



A. LA STRUCTURE OBLIGATOIRE



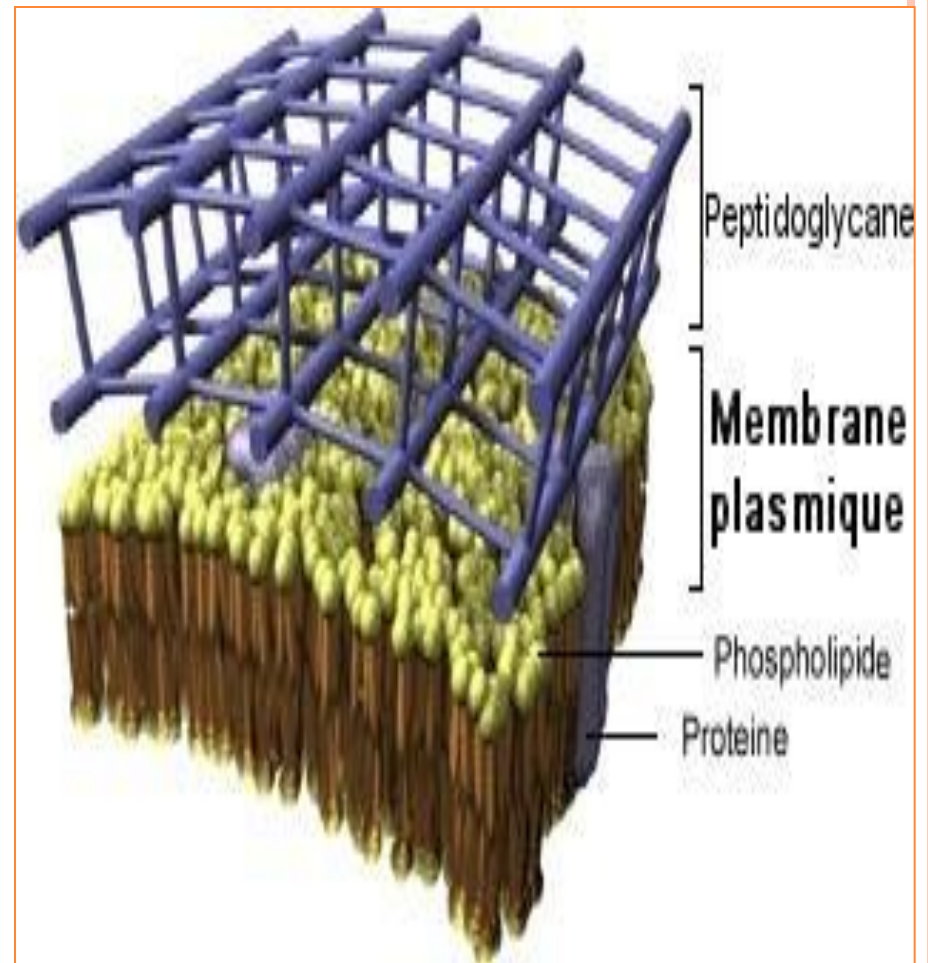
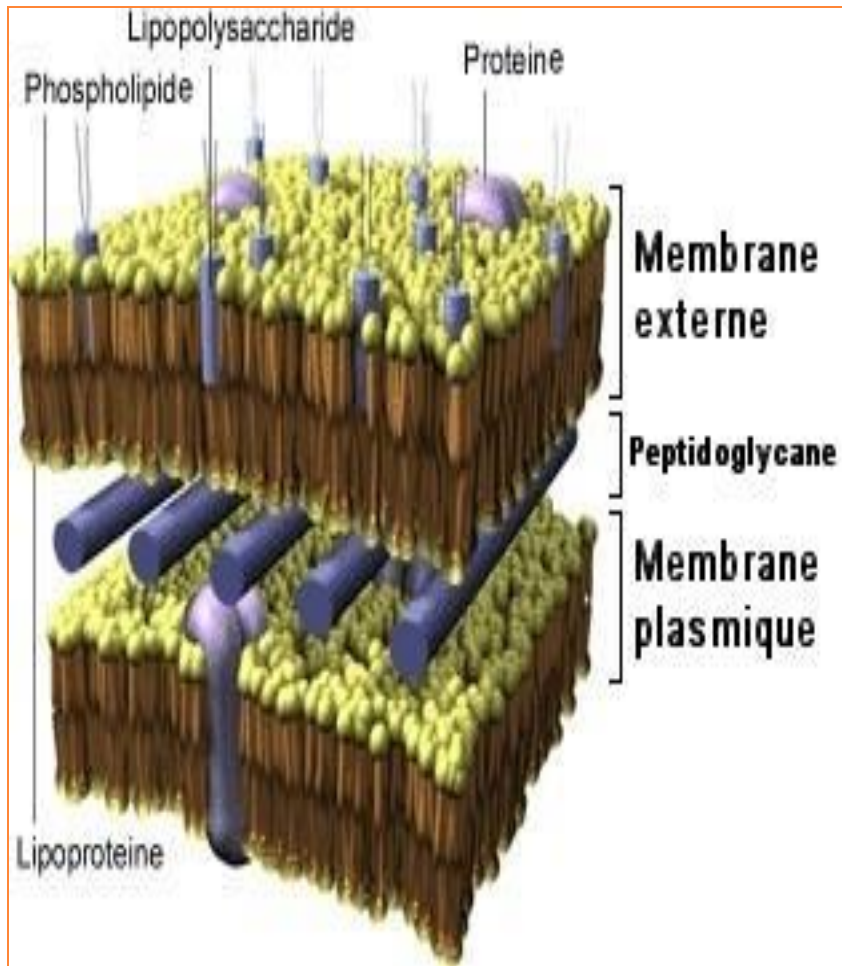
1. LA PAROI BACTERIENNE



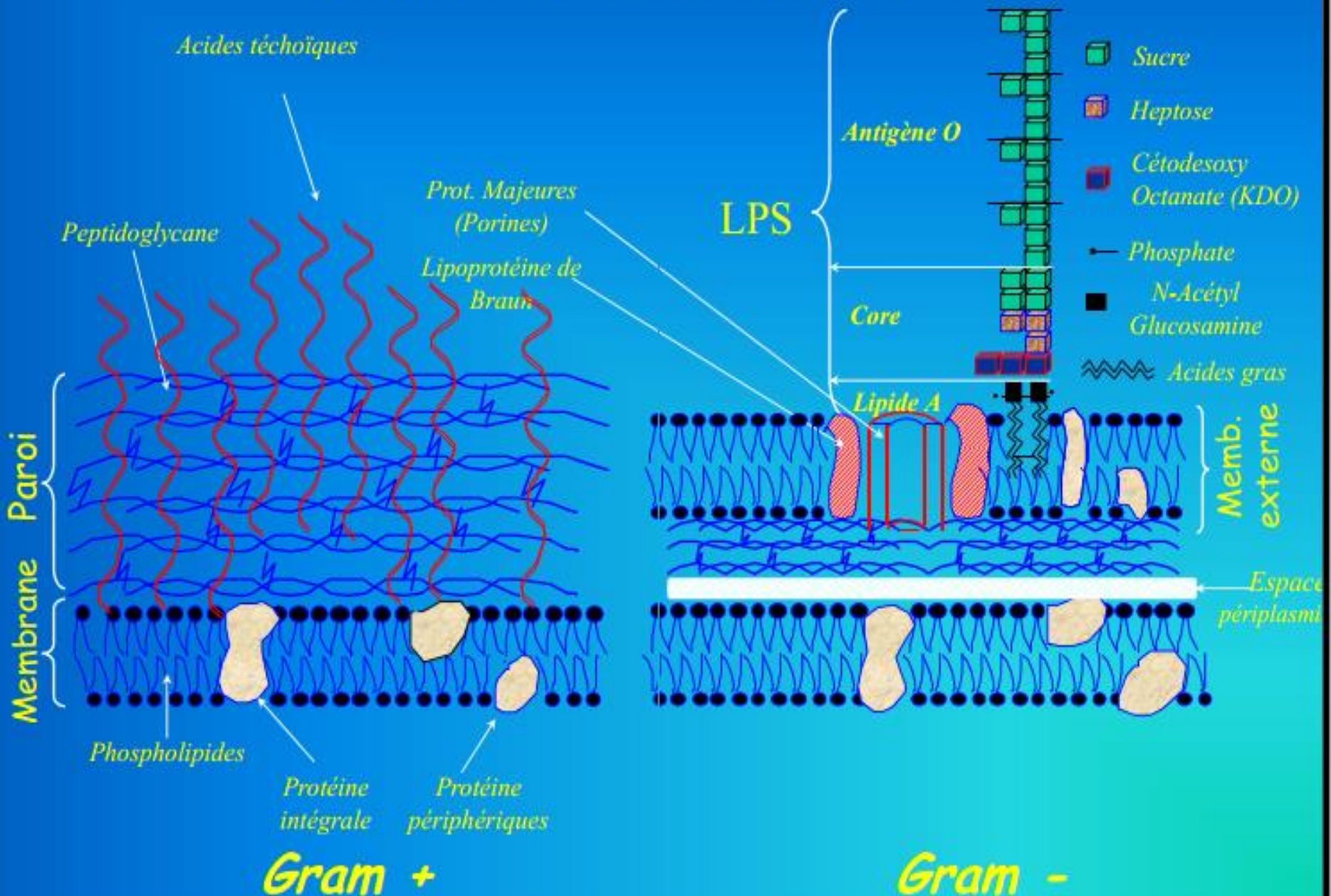
- Elle existe chez toutes les bactéries sauf chez les **Mycoplasmes**.
- Elle représente **20%** du poids sec de la cellule bactérienne.
- C'est une coque rigide.
- La coloration de **Gram** permet de classer les bactéries en deux grandes catégories : Les bactéries à **Gram positif** et les bactéries à **Gram négatif**.
- La **structure** et la **composition chimique** globale de la paroi diffèrent chez ces deux types de bactéries.



○ Différences structurales entre les paroi des Gram - et Gram +



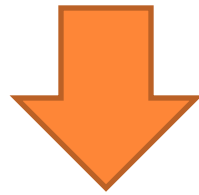
Différences structurales entre les parois des bactéries Gram⁺ et Gram⁻



- **a-** Le constituant caractéristique de la paroi est le peptidoglycane encore appelé mucopeptide, mureine ou mucocomplexe.
- b-** Les acides teichoïques sont très abondants chez les Gram positif.
- c-** Les lipopolyosides caractérisent les Gram négatif et se localisent dans la couche externe de la paroi.
- La paroi des bactéries Gram positif est épaisse mesurant 20 à 80 nm et offre un aspect homogène en microscopie électronique.
- La paroi des bactéries à Gram négatif est plus mince (10 à 15nm) et présente une structure stratifiée (aspect hétérogène en trois couches). En plus du peptidoglycane de base, elle comprend une couche de phospholipides et de lipoprotéines et d'une couche de lipopolysaccharides.

Support de cette différence de Gram: **pépdicoglycane**

(muréine= mucocomplexe= mucopeptide)



Le **constituant fondamental** de la paroi
(spécifique des procaryotes)

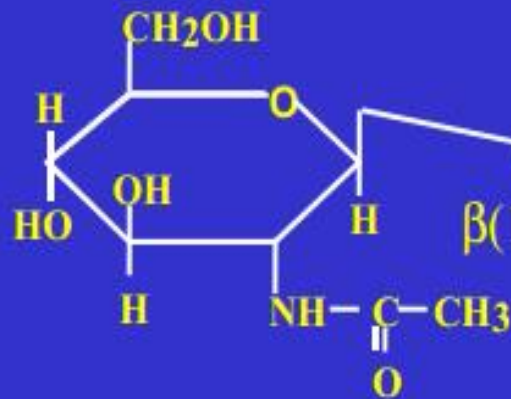
Très épais pour les bactéries
à Gram Positif (30 à 50 nm)
(constituant majeur: 30 %
du poids sec)

Fin chez les bactéries à Gram
négatif (mince (3-5 nm) (<
15 % du poids sec)

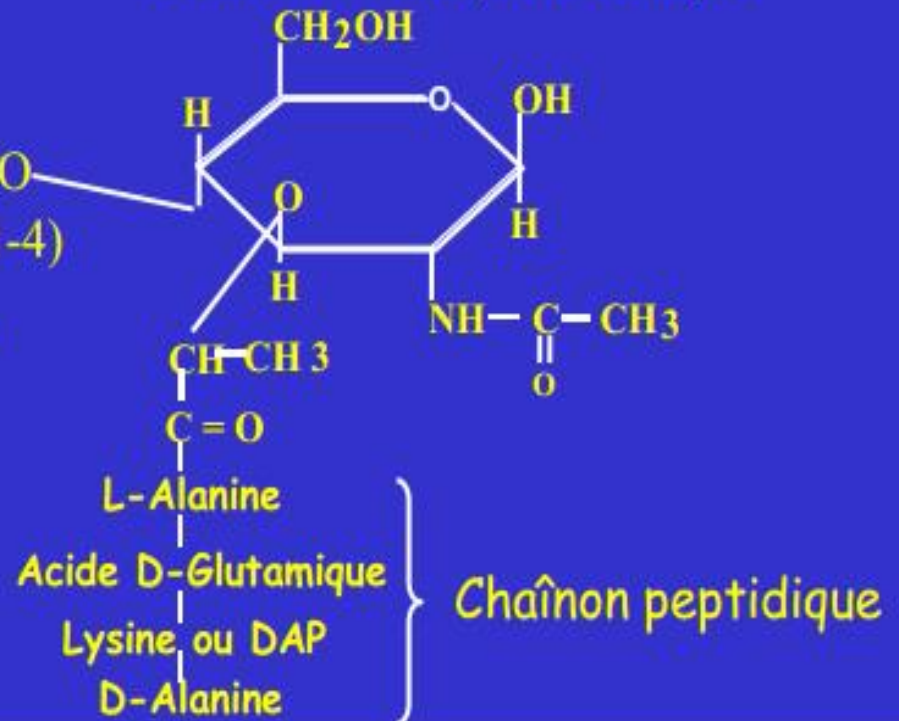
Le peptidoglycane {
- Muréine
- Mucocomplexe
- mucopeptide

L'unité structurale du peptidoglycane, un glucosaminopeptide
Glycane

La N-acétylglucosamine



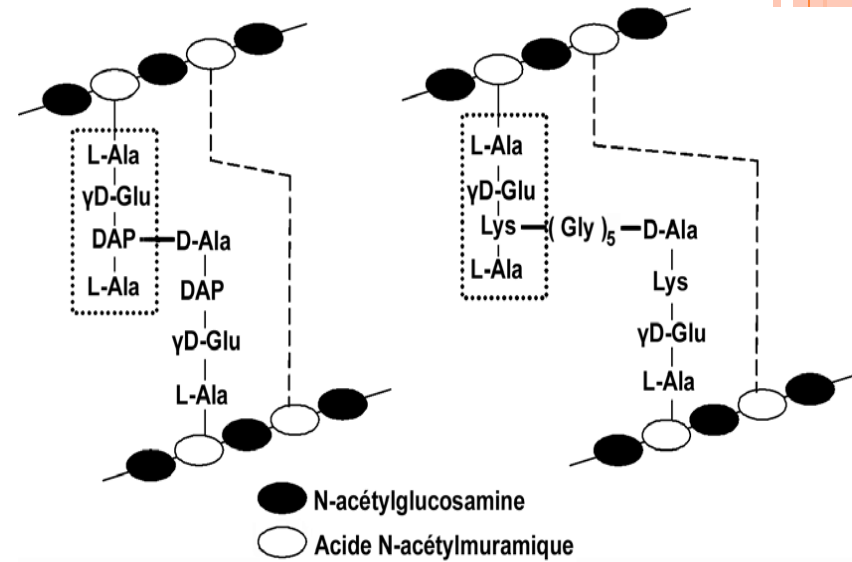
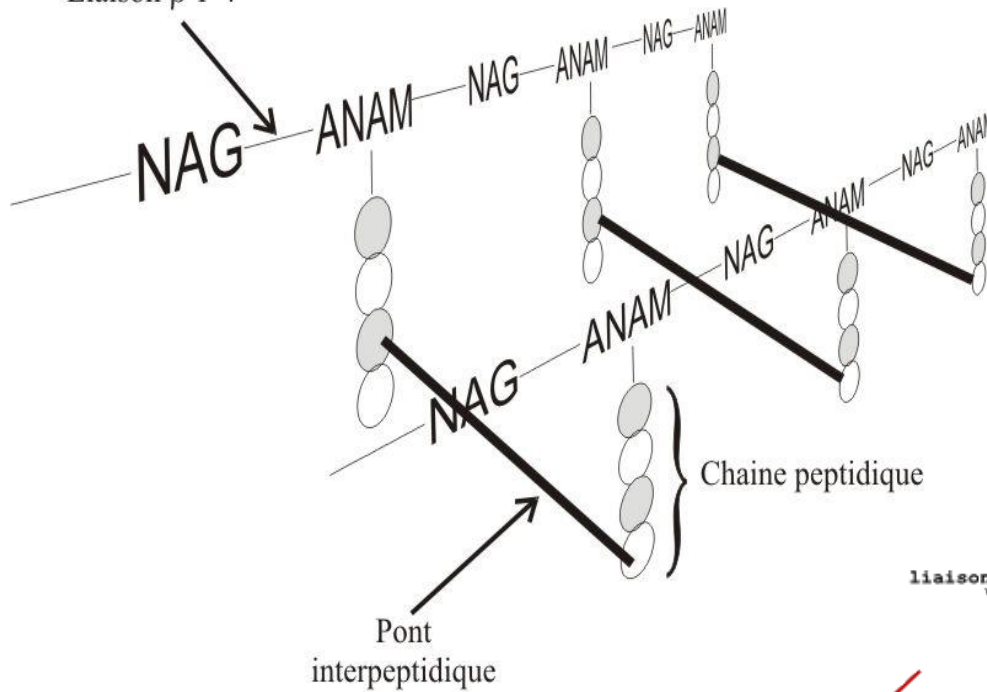
L'acide N-acétylmuramique



- ✓ La chaîne polysaccharidique est fait de l'alternance de N-acétyl -glucosamine (AcGN) et d'acide N-acétyl-muramique (AcMUR).
- ✓ Sur les acides muramiques sont branchées des tétrapeptides
- ✓ Les tétrapeptides sont reliés entre eux soit directement, soit par l'intermédiaire de ponts de pentaglycine, Glyc(5).
- ✓ C'est probablement grâce à sa **structure en réseau** que le peptidoglycane confère à la paroi sa **rigidité** et sa **résistance mécanique**.

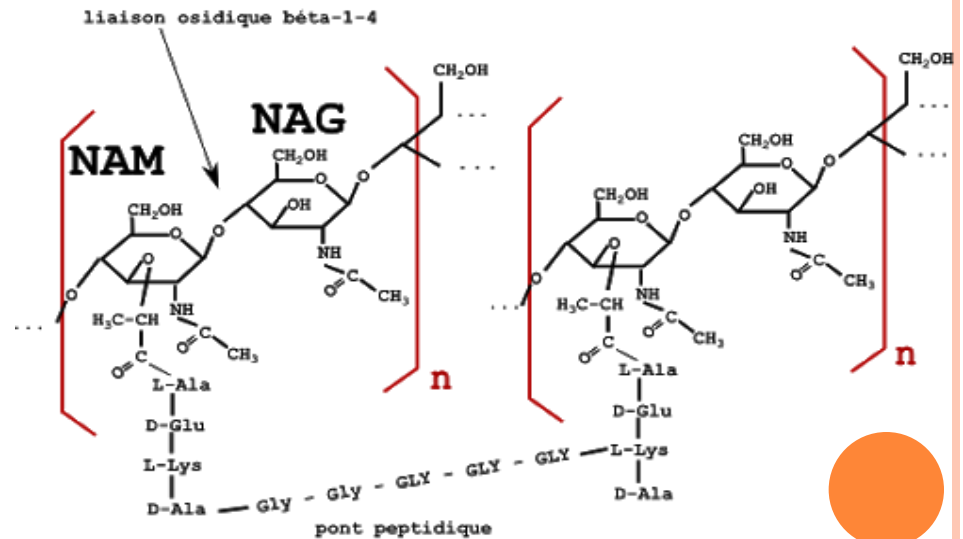


NAG : N-acétyl glucosamine
ANAM : acide N acétyl muramique

Liaison β 1-4

Le peptidoglycane.

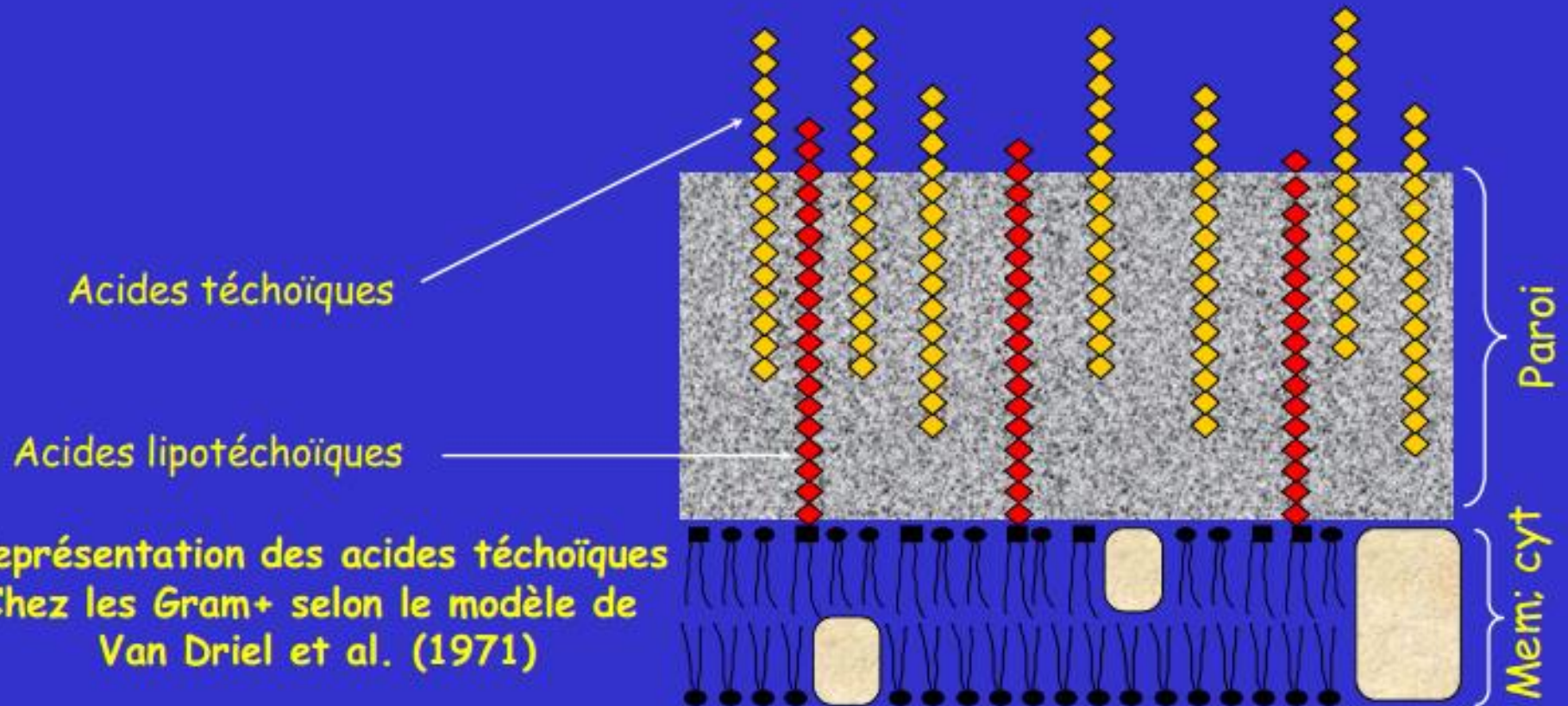
R. Moreda Lycée Lacroix Narbonne



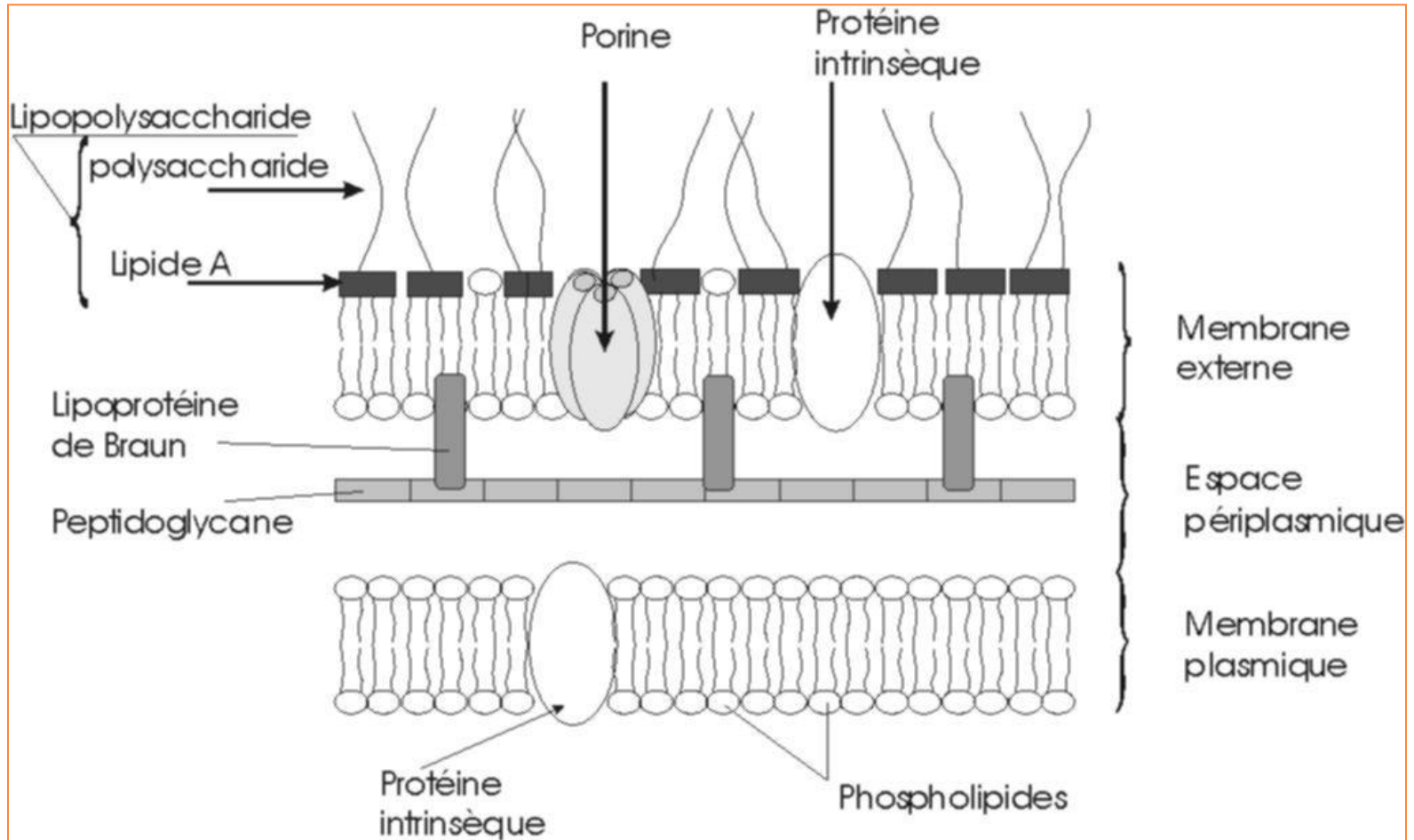
PAROI DES GRAM POSITIF

Les acides teichoïques : deuxième composant essentiel de la paroi des bactéries Gram+ (50% du PS de la paroi et 10% du PS de la cellule totale).

Leur localisation exacte au niveau des enveloppes est mal connue.



PAROI DES GRAM NEGATIF

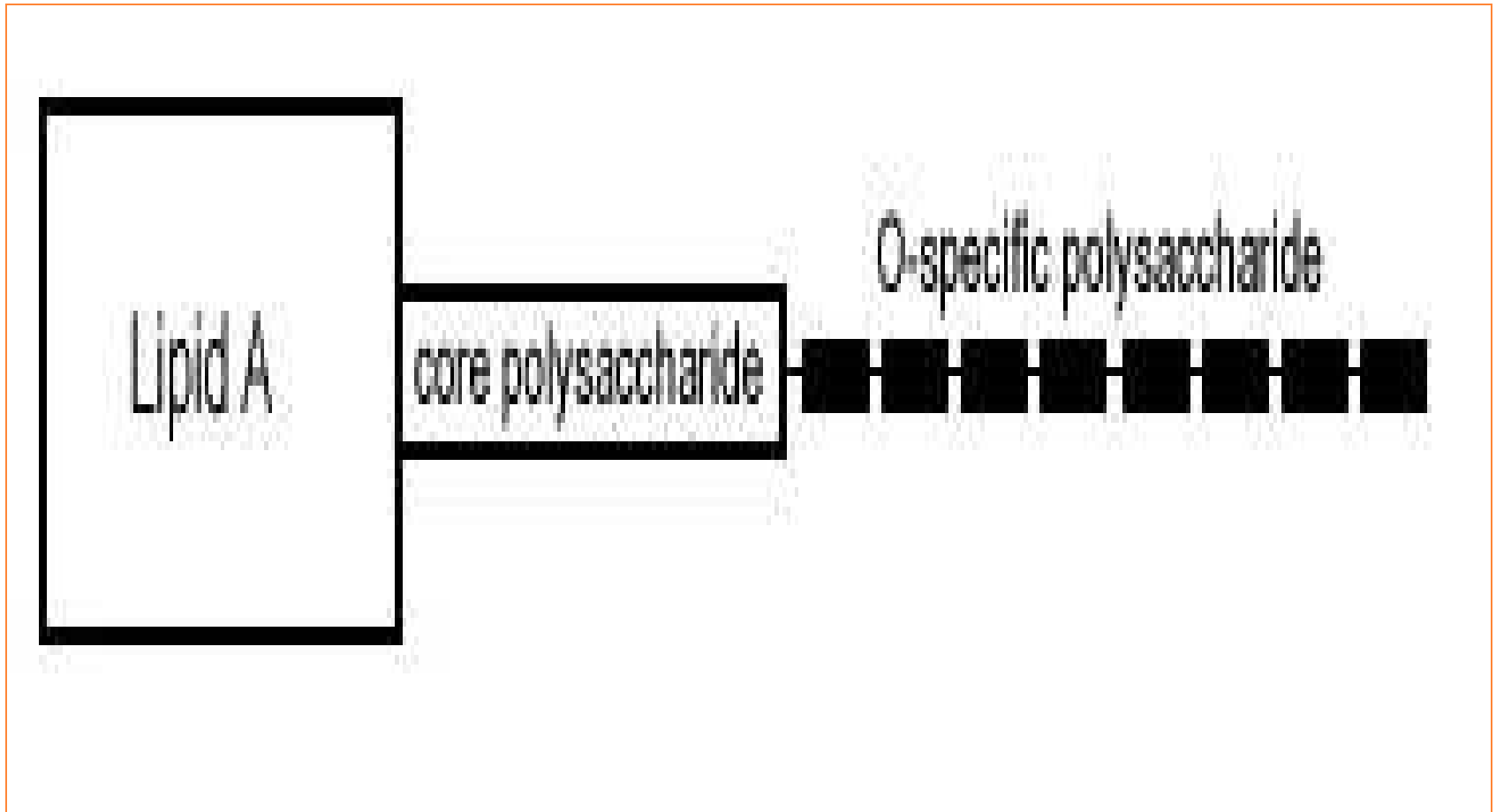


Paroi d'une bactérie Gram négatif.

Composition de la Paroi des GRAM NEGATIF :

1- Membrane externe

- Elle est liée à la couche de peptidoglycane par la lipoprotéine de Braun.
- Elle est formée d'une bicouche dont seule la partie inférieure est phospholipidique. La partie supérieure est constituée de LPS (lipopolysaccharide). *Celui-ci comprend :*
 - une partie lipidique (lipide A) qui comporte une activité toxique
 - liée à un polysaccharide central (le « core »)
 - qui porte des chaînes de 3 à 6 sucres tournées vers l'extérieur (appelées « l'antigène O » car très antigénique)
- A cause du pouvoir toxique du lipide A, le LPS est appelé une « endotoxine ».



Mb externe des Gr-: le **LPS** (endotoxine = Ag O)

- Composé de 3 parties:

-Lipide A

-Polysaccharide central

-Chaîne O



2- L'ESPACE PÉRIPLASMIQUE

- il contient des enzymes qui participent à la nutrition (hydrolases) et des protéines qui sont impliquées dans le transport de molécules à l'intérieur de la cellule.
- Les Gram (+) excrètent plutôt les enzymes hors de la cellule. Ce sont alors des « exo-enzymes ».
- Certaines protéines peuvent être impliqués dans la chimiotaxie



COMPOSITION CHIMIQUE DE LA PAROI

	Gram+	Gram-
Peptidoglycane	++	+
Acides aminés	24 à 35%	50%
Nombre des acides aminés	4 à 10	16-17
Acides téichoïques	+++	-
Oses	20-60%	20-60%
lipides	1 à 2.5%	10 à 22%

FONCTIONS DE LA PAROI

Enveloppe caractéristique des procaryotes

Rigide $\equiv$ "exosquelette"

Maintient de la forme

Division cellulaire

Résistance à la forte P.O.i

Perméable à l'eau et aux
petites molécules

Support de nombreux
antigènes

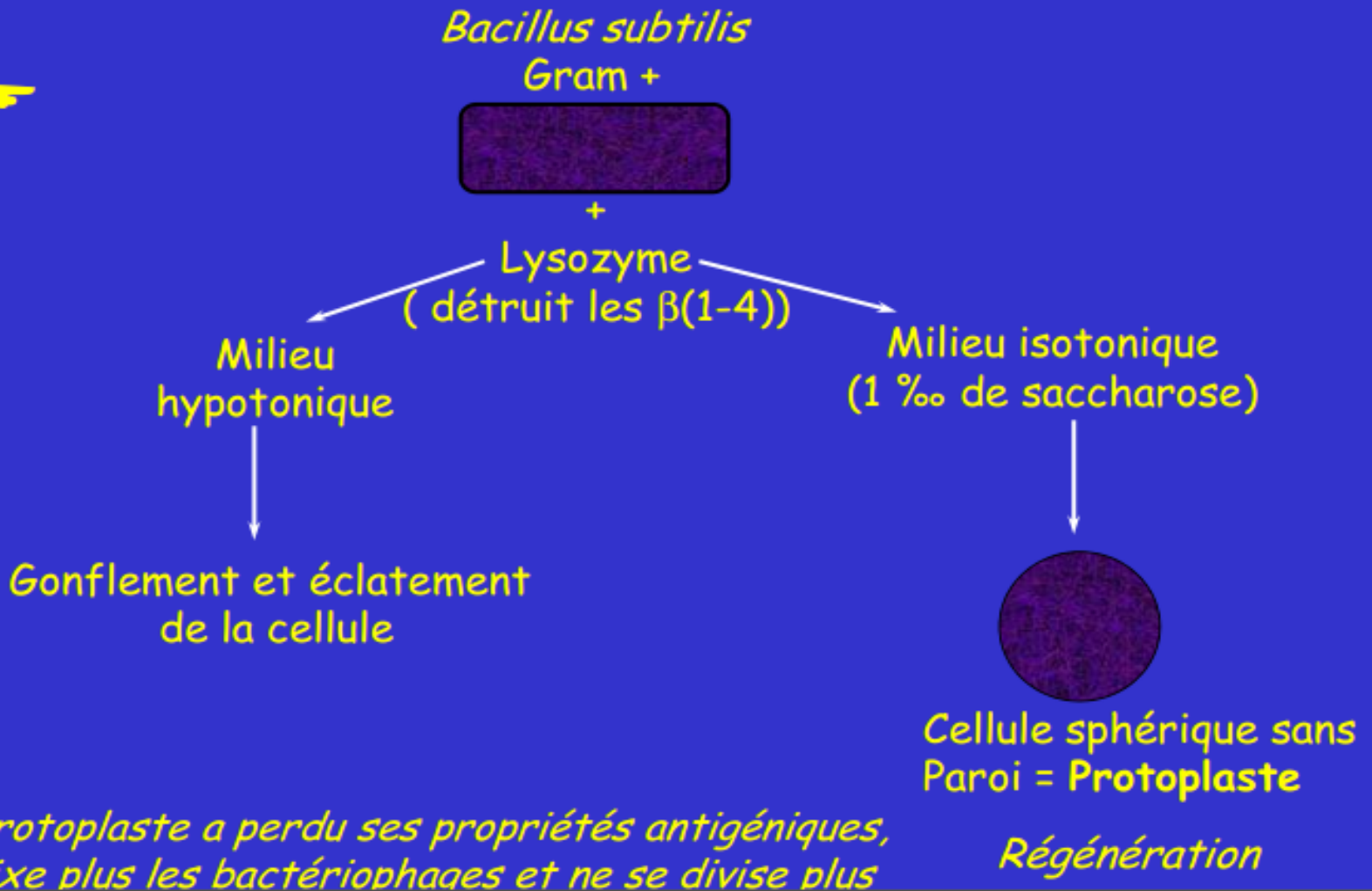
Peptidoglycane

Gram ⁺

Gram ⁻

Un autre rôle de la paroi: Fixation des bactériophages

A- Maintien de la forme et la résistance à la pression osmotique,



Escherichia coli
Gram -



+

Lyzosyme
(détruit les $\beta(1-4)$)

Milieu
hypotonique



Gonflement et éclatement
de la cellule

Milieu isotonique
(1 ‰ de saccharose)

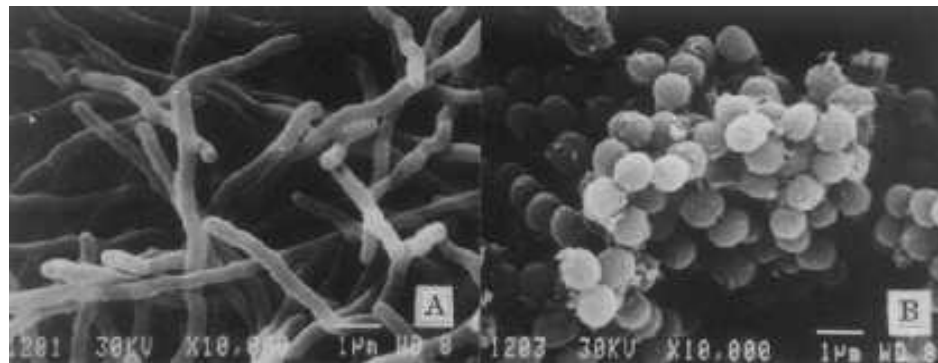


Cellule sphérique avec fragments
de paroi = **Sphéroplaste**

NB. le sphéroplaste conserve toutes les propriétés de la cellule initiale.

Bactéries en forme L

- Ce sont des bactéries qui ont une paroi anormale;
- Ce sont des bactéries polymorphes à gram négatif;
- Lorsque le peptidoglycane est altéré ou absent, la paroi bactérienne perd sa rigidité et la bactérie tend à se lyser en raison de la forte pression osmotique intracytoplasmique;
- la bactérie peut survivre en milieu hypertonique. Elle prend alors une forme L;
- Les bactéries dépourvues d'enveloppes extérieures sont les « formes L » et les protoplastes, suite à l'action des antibiotiques (β -lactamines).



B- PROPRIÉTÉS ANTIGÉNIQUES:

Les bactéries possèdent différents antigènes:

- ✓ antigène commun dénommé **ECA** (pour Enterobacterial Commun Antigen)
- ✓ antigène **O** ou somatique chez les Gram (-)
- ✓ antigène **R** correspond au polysaccharides de la core centrale (moins pathogène)



C- Fixation des bactériophages (identifier des lysotypes)

- ✓ Propriété liée à la paroi où sont localisés les récepteurs spécifiques
- ✓ Chez les bactéries Gram (-), les récepteurs sont en majorité des protéines mineurs de la membrane externe
- ✓ Chez les bactéries Gram (+), récepteurs localisées au niveau des acides teichoïques
- ✓ Fixation des phages est une propriété pour identifier des lysotypes

N.B: Un **lysotype** est groupe de bactéries capables de fixer le ou les mêmes phages



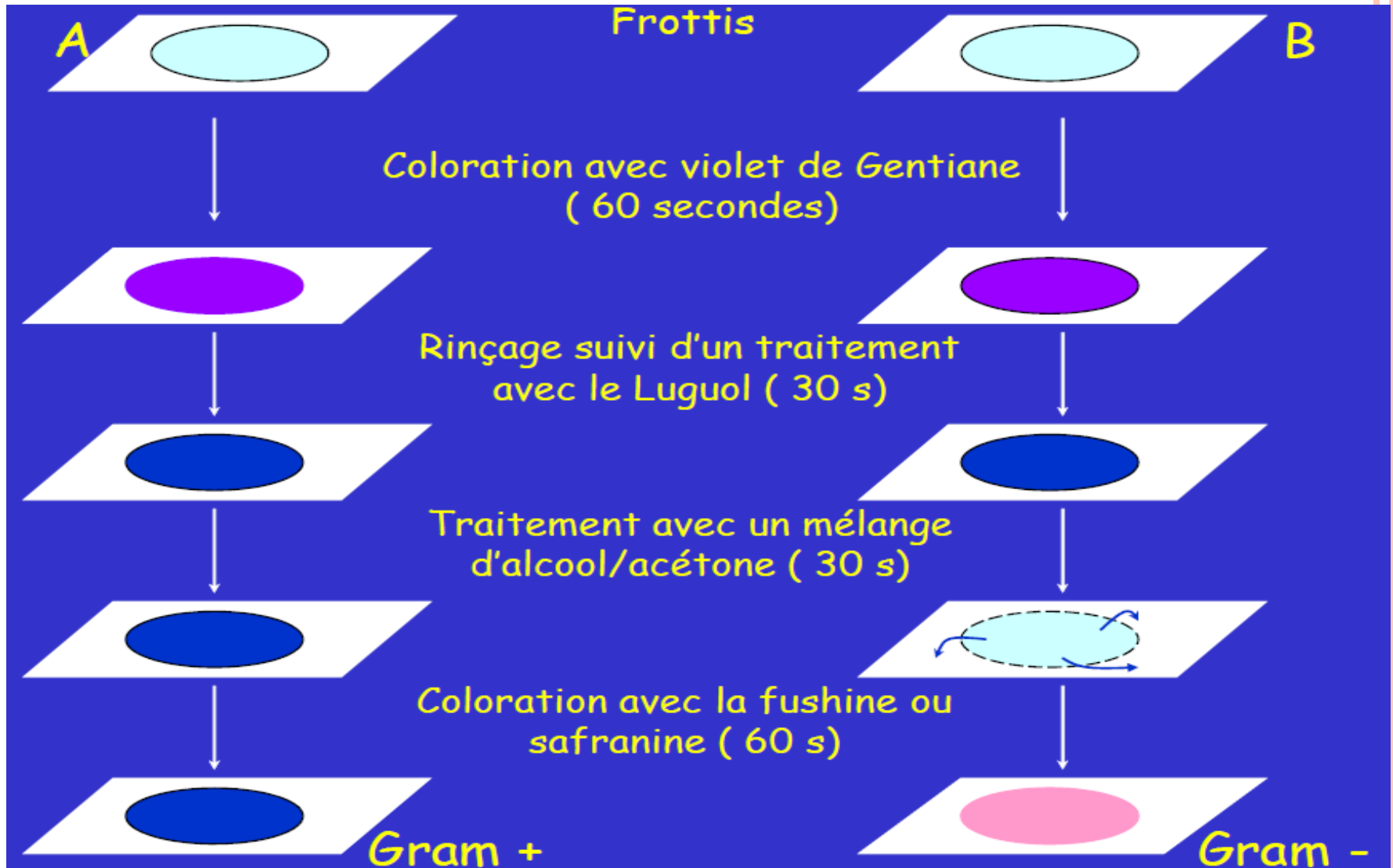
D- RÔLE DE LA PAROI DANS LA DIFFÉRENTIATION ENTRE BACTÉRIES GRAM⁺ ET GRAM⁻

○ Coloration de Gram :

Elle consiste à traiter un étalement bactérien (frottis) séché, fixé à la chaleur, par une solution de violet de gentiane, puis par une solution iodo-iodurée (lugol). En soumettant la préparation à l'action de l'alcool éthylique, les bactéries réagissent de deux manières et forment deux groupes : les « Gram négatif » se décolorent rapidement sous l'action du solvant ; les « Gram positif » par contre conservent leur coloration violette. La préparation est traitée par de la fuschine de de la safranine : Les bactéries **Gram négatif** se colorent en **rose** alors que les **Gram positif** restent colorées en **violet**.



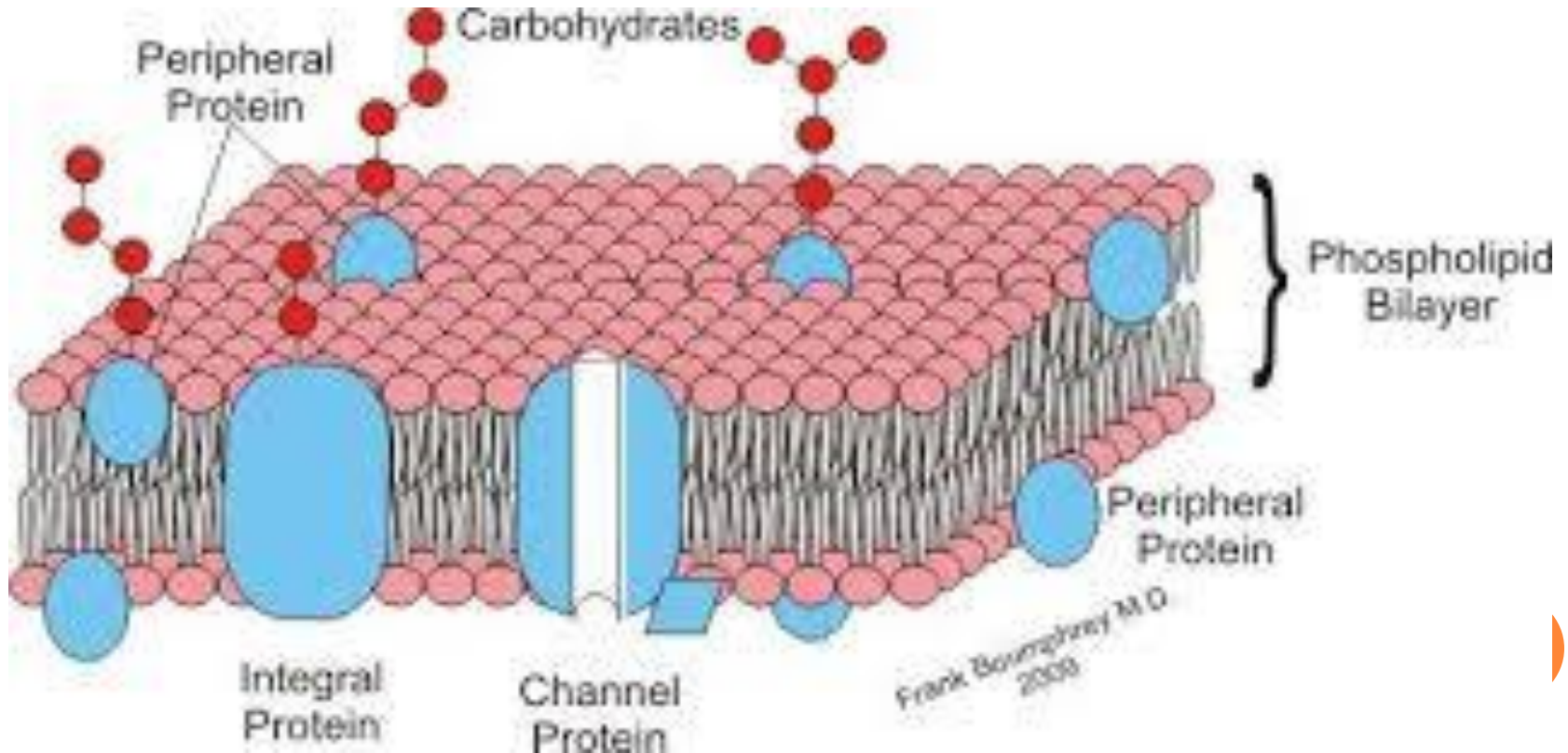
Etapes de la coloration de Gram



2. LA MEMBRANE CYTOPLASMIQUE



C'est une membrane trilamellaire formée d'une double couche de phospholipides dont les pôles hydrophobes sont face à face, associée à des protéines.



COMPOSITION CHIMIQUE

Les phospholipides (30 à 40%)

- Phosphatidyl -glycérol
- Phosphatidyl-éthanolamines

• Les glucides (2 à 12%)

- Particulièrement glucose et glucosamine

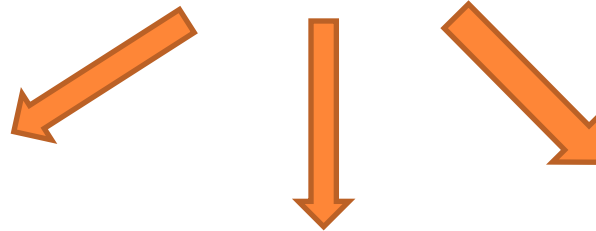
• Les protéines (60 à 70%)

- Protéines extrinsèques (périphériques)
- Protéines intrinsèques (intégrales)

• Les enzymes

- Enzymes de la chaîne respiratoire
déshydrogénases et
coenzymes associés au
NAD, FAD, cytochrome
oxydase

ROLES DE LA MEMBRANE



**Fonction
respiratoire**



**Par transport
d'électrons et de
phosphorylation
oxydative pour les
bactéries aérobies**

**Excrétion
d'enzymes
hydrolytiques**

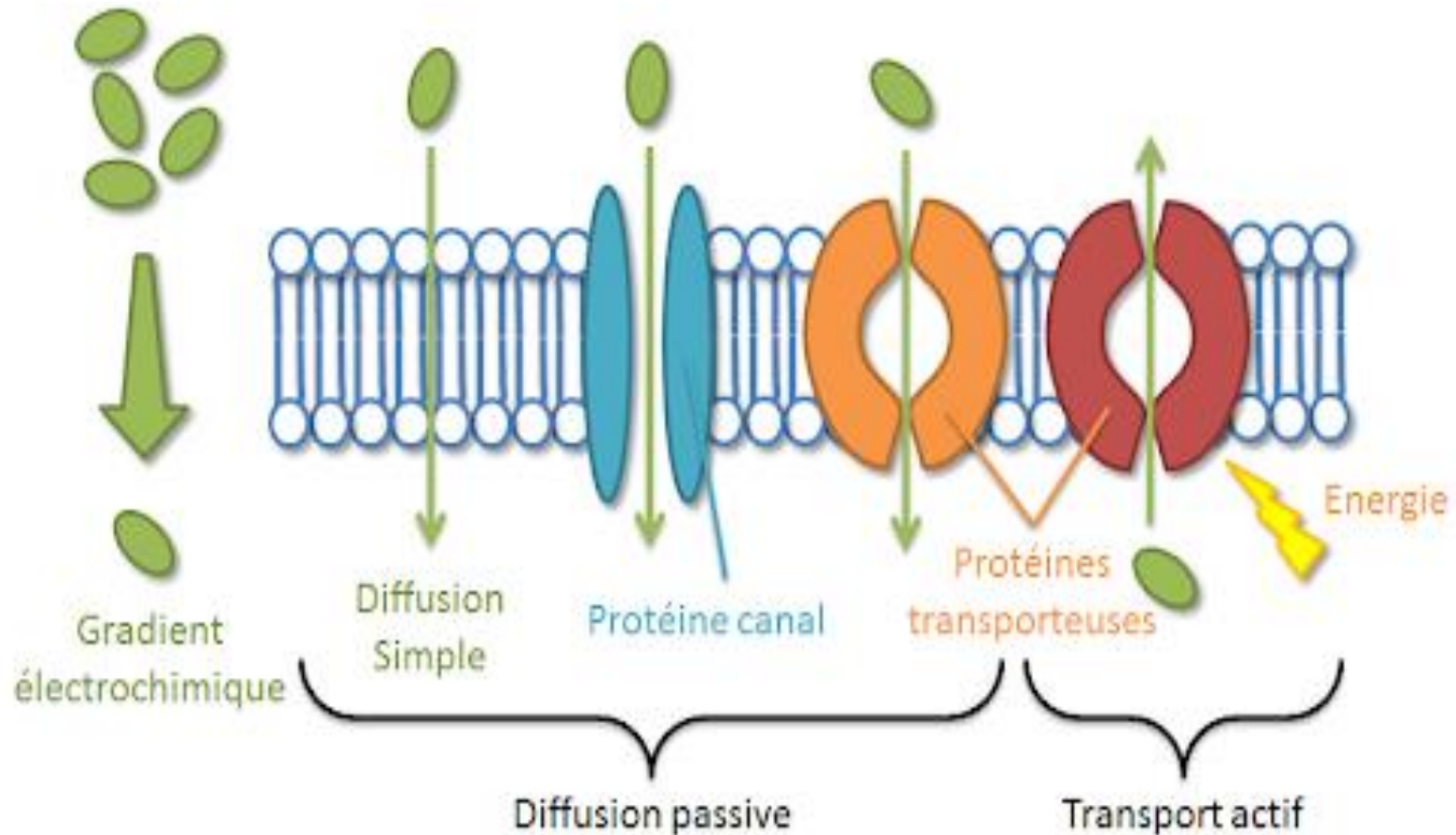
**Perméabilité
sélective et
transport des
substances solubles**



**Rôle de barrière
osmotique et de
transport grâce
aux perméases.**



LE TRANSPORT MEMBRANAIRE



**Petites molécules
sucres A. aminés et
certains ions**

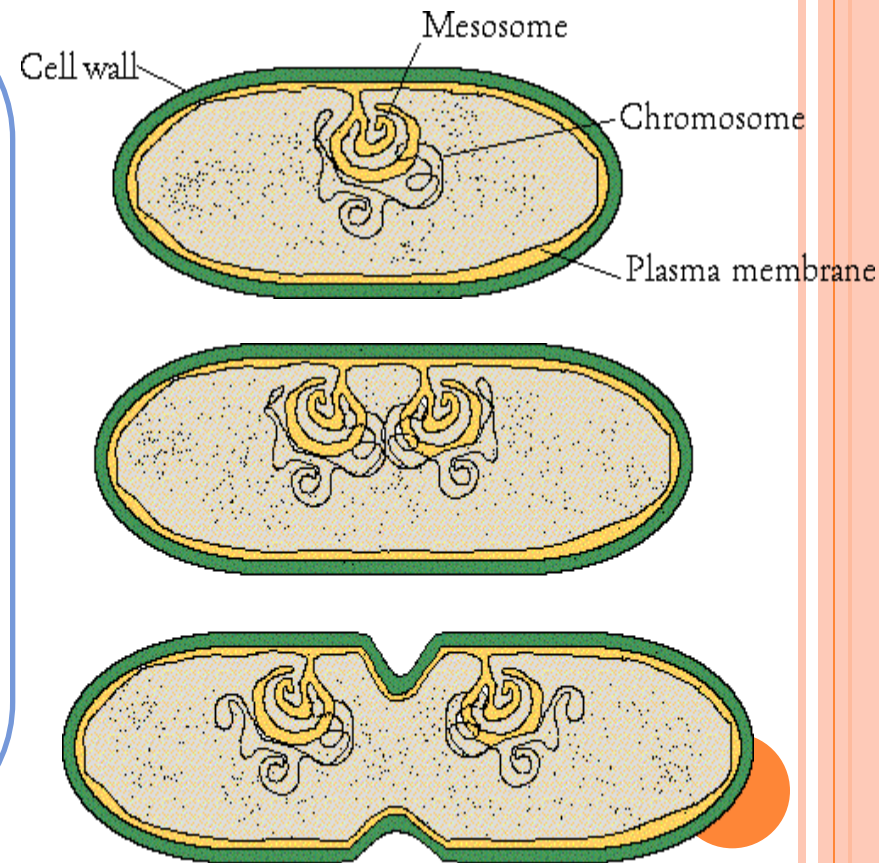


LES MÉSOSOMES

Les **mésosomes** sont des invaginations de la membrane plasmique en forme de vésicule, de tube ou de lamelle

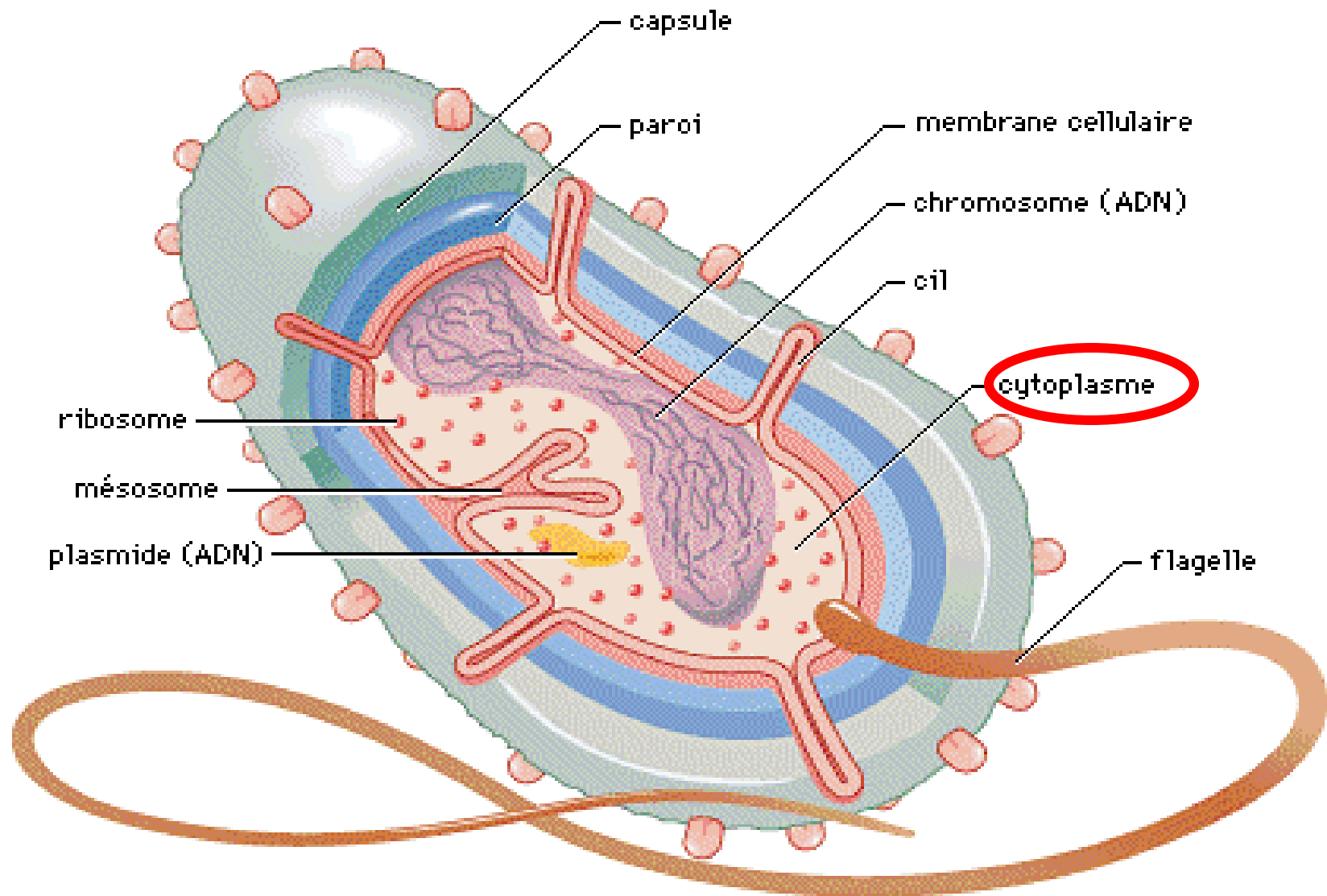
Rôles

- Rôle incertain dans la respiration
- Division cellulaire
- Réplication de l'ADN vue que ce dernier est toujours lié au mésosome



3. LE CYTOPLASME





Caractéristiques et composition

Son pH est situé entre 7 et 7,2.

Hydrogel colloïdal composé d'une solution de sels minéraux et de composés solubles de nature lipoprotéique, de nucléoprotéines et de lipides

Les principaux constituants du cytoplasme

Les ribosomes et
les acides ribonucléiques

Substances de réserve

Certains organites spécialisés

Matériel héréditaire



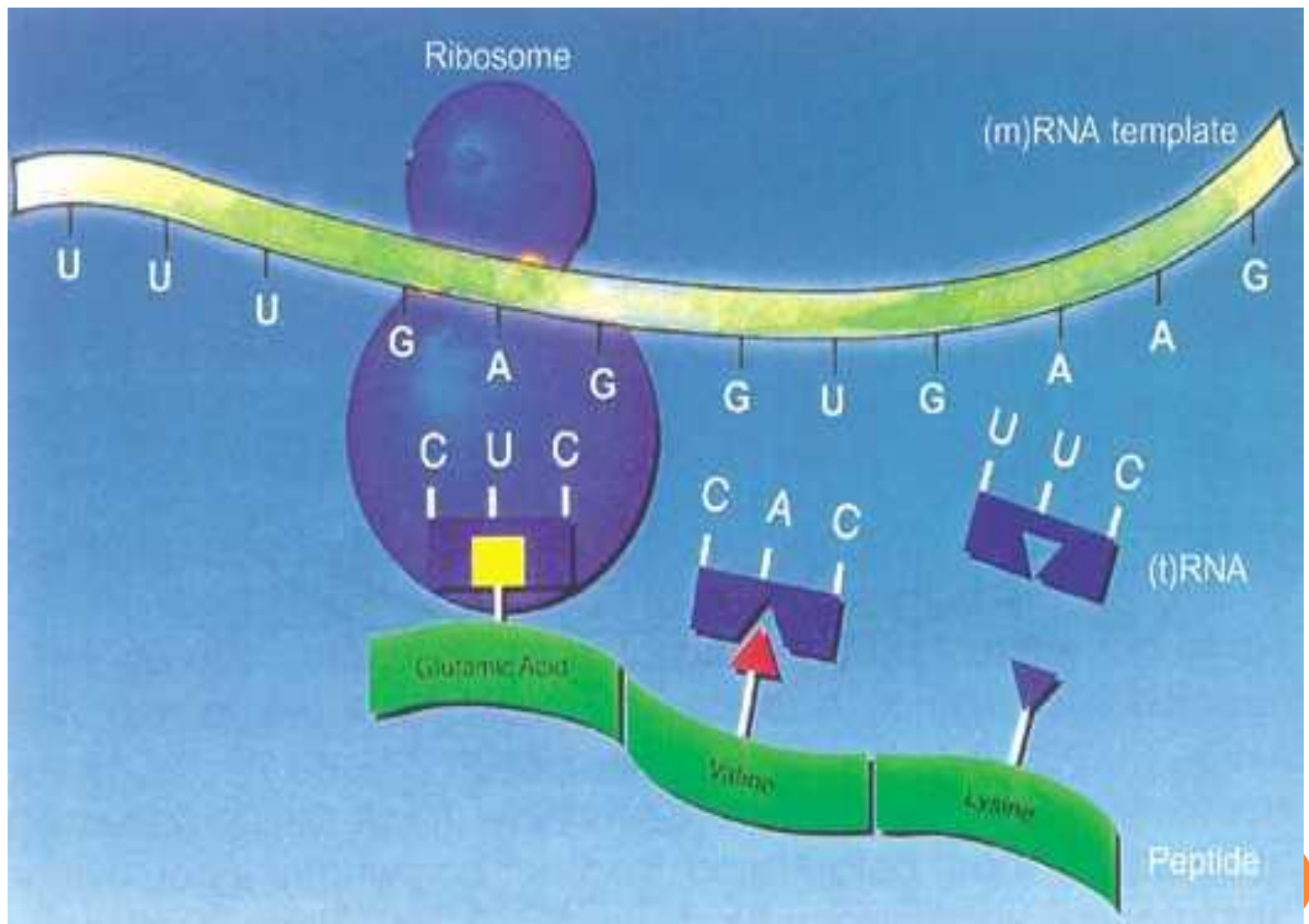
- La structure du cytoplasme bactérien est beaucoup **plus simple** que celle du cytoplasme des cellules eucaryotes.
- Le cytoplasme **ne contient pas en effet de mitochondries** : les enzymes transporteurs d'électrons sont localisés dans la membrane cytoplasmique.
- En revanche, il est particulièrement **riche en ARN solubles** (ARN messenger et ARN de transfert) et **surtout en ARN particulaire ou ribosomal.**



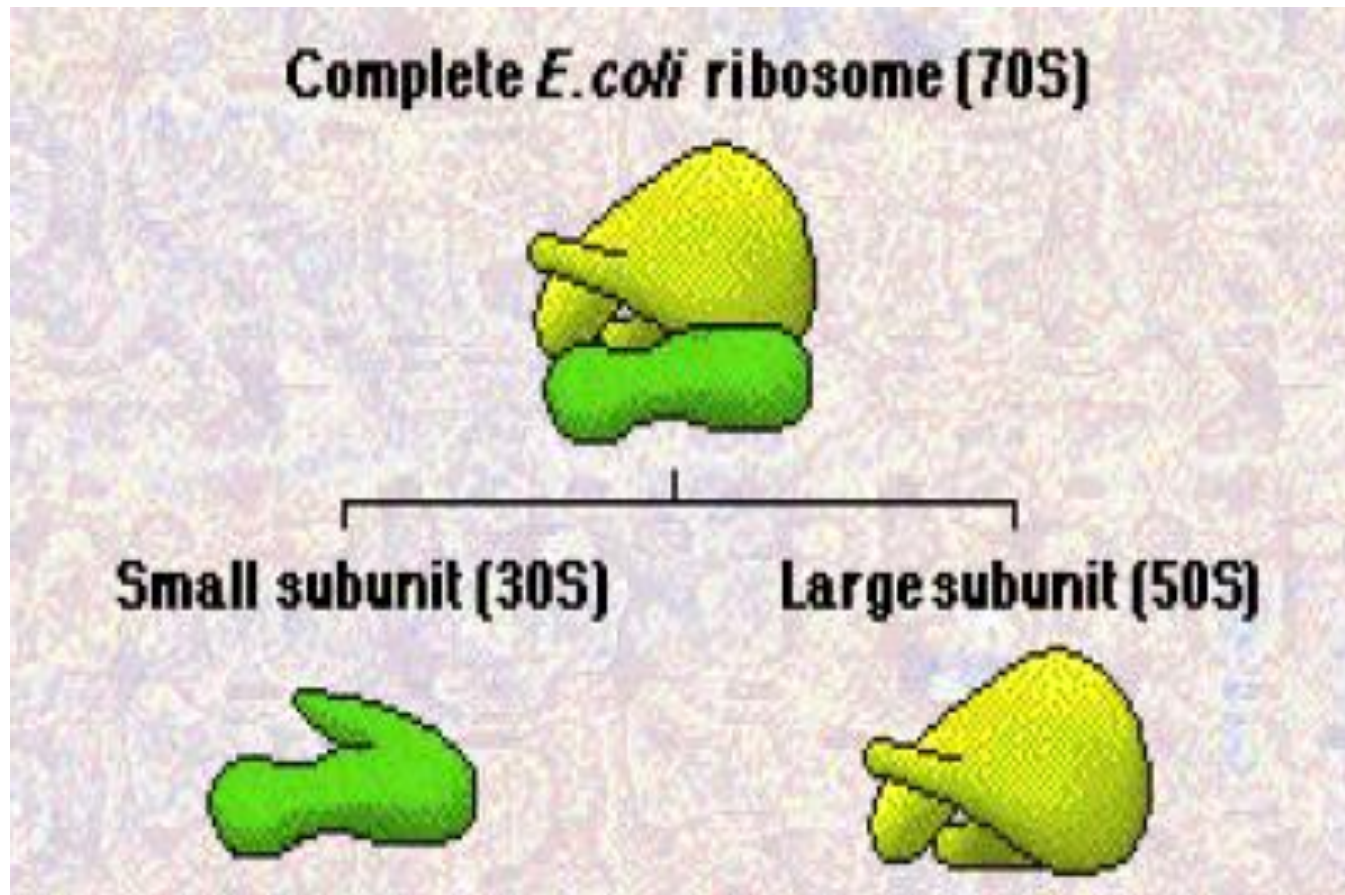
A- LES RIBOSOMES

- Les ribosomes, au nombre de 15000 environ par bactérie, représentent 40 % du poids sec de la bactérie
- Ils sont de petites granulations sphériques de 10 à 30 nm de diamètres occupant tout le cytoplasme
- Ils sont constitués d'ARN (63%) et de protéines (37%).
- Il interviennent dans la synthèse des protéines.
- Ils sont associés en chapelets sur l'ARNm sous forme de polysomes.





- Chez les bactéries, les ribosomes ont des coefficients de sédimentation de 70s, qui sont composés de deux sous-unités de 50s et 30s.



B-Substances de réserve (inclusions cytoplasmiques)

- En général, chaque groupe de bactéries synthétise une seule catégorie de substances de réserve qui forment des agrégats, parfois de grande taille.
 - Cela peut être:
 - ✓ des glucides (amidon et glycogène),
 - ✓ des lipides (poly-hydroxy-butyrates),
 - ✓ du polyphosphate,
 - ✓ des minéraux (fer, soufre)
 - ✓ Granulations métachromatiques (*Corynebacterium diphteriae*)
- 

- ✓ Inclusions de —————> Soufre chez les thiobactéries
- > Fer chez les sidérobactéries
- > Oxyde de fer chez les bactéries magnétiques



C- Organites spécialisés

- **Les chromatophores** (organites spécialisés dans la photosynthèse),
- **Les vacuoles à gaz** (permettant aux bactéries aquatiques de flotter à la surface de l'eau).

D- Pigments

Sont des molécules colorées, On trouve

- **Des bactériochlorophylles** (couleur verte)
- **Des caroténoïdes** (couleur jaune de l'espèce *Staphylococcus aureus*)



4 . LE MATERIEL HERIDITAIRE



- Les bactéries possèdent un appareil nucléaire formé d'acide désoxyribonucléique qui se différencie des noyaux vrais des cellules eucaryotes par:
 - ✓ l'absence de mitose,
 - ✓ l'absence de nucléole
 - ✓ l'absence de membrane nucléaire.



Le Chromosome bactérien

Morphologie et structure

- La majorité des bactéries possèdent un chromosome formé d'une double chaîne d'ADN, très longue (environ 1000 fois plus longue que la bactérie), unique, circulaire (à l'exception de *Vibrio cholerae* qui en possède deux).
- $PM = 3.10^9$ da avec environ 5.10^6 paires de bases
- Dans la cellule, la molécule d'ADN est formée de boucles resserrés et finement entrelacées, donnant une structure compacte mais fragile:
nucléotide

Rôles du chromosome bactérien

- Il est le support des caractères héréditaires, de l'information génétique.
- Il va se répliquer à l'identique pour que une cellule fille hérite du même potentiel génétique que la cellule mère
- Par le processus de la transcription, le message est copié fidèlement sous forme d'un ARN messenger puis exprimé, par le processus de la traduction, en séquences polypeptidiques qui formeront les protéines de structure et les enzymes



**L'information
génétique au niveau de
l'ADN peut changer
spontanément (faible
fréquence) ou
artificiellement par
mutagénèse**

Agents chimiques
(acide nitreux)

Physique (UV)



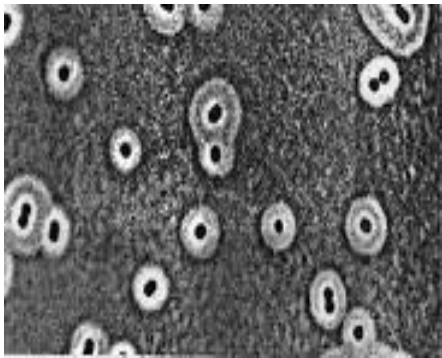
B. LA STRUCTURE FACULTATIVE



1. LA CAPSULE (GLYCOCALYX)

On appelle capsule l'enveloppe qui peut entourer la paroi de certaines bactéries. La capsule ne se forme que dans les milieux en seriques liquides ou dans les organismes vivants.

Composition chimique



Capsule de *Streptococcus pneumoniae* visualisée à l'encre de Chine

nature
polysaccharidique

nature
protéique



NATURE DE LA CAPSULE

Couche organique visqueuse souvent polyholosidique et quelque fois polypeptidique

- Polyholosidique chez les Gram – (*E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*)
- Polypeptidique chez les Gram + (*Bacillus anthracis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*)



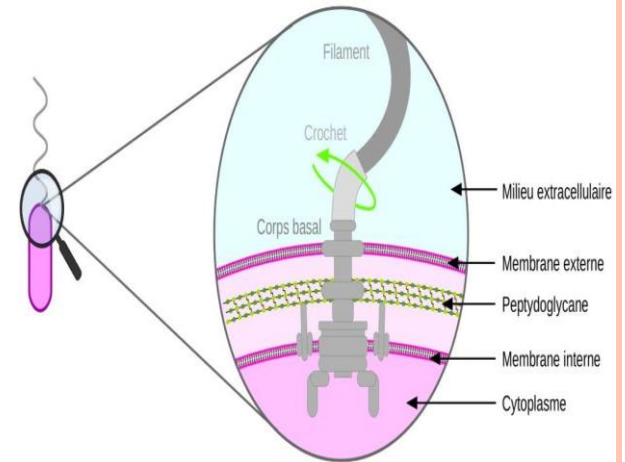
ROLES DE LA CAPSULE

Facteur de résistance et de virulence

- protègent la bactérie contre la phagocytose et contre le pouvoir agressif des agents chimiques et physiques
- Empêche la fixation des bactériophage sur la bactérie
- Protège la bactérie contre la dessiccation
- Role antigénique . Les antigènes capsulaires sont dénommés antigène K
- Action d'adhérence
- Antigénicité : Elabore des anticorps protecteurs. Permet le diagnostic sérologique

2. LES FLAGELLES OU CILS

Ce sont de fins fils ondulés (appendices filamenteux) insérés au corps bactérien. Cils, ou flagelles, sont des structures inconstantes chez les bactéries. Ils constituent les organes de locomotion pour les bactéries qui en possèdent

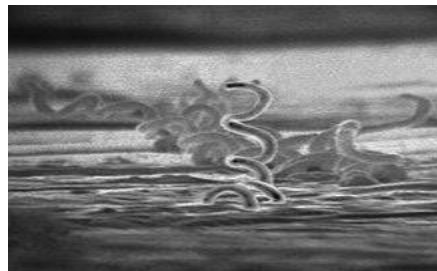


Les bactéries mobiles se déplacent

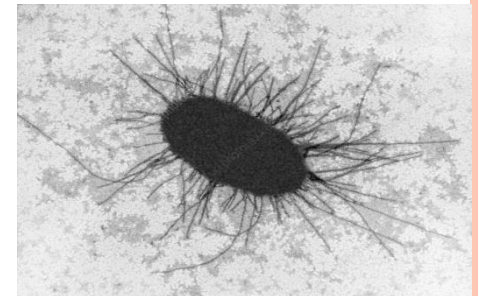
Glissement
(cyanobactéries)



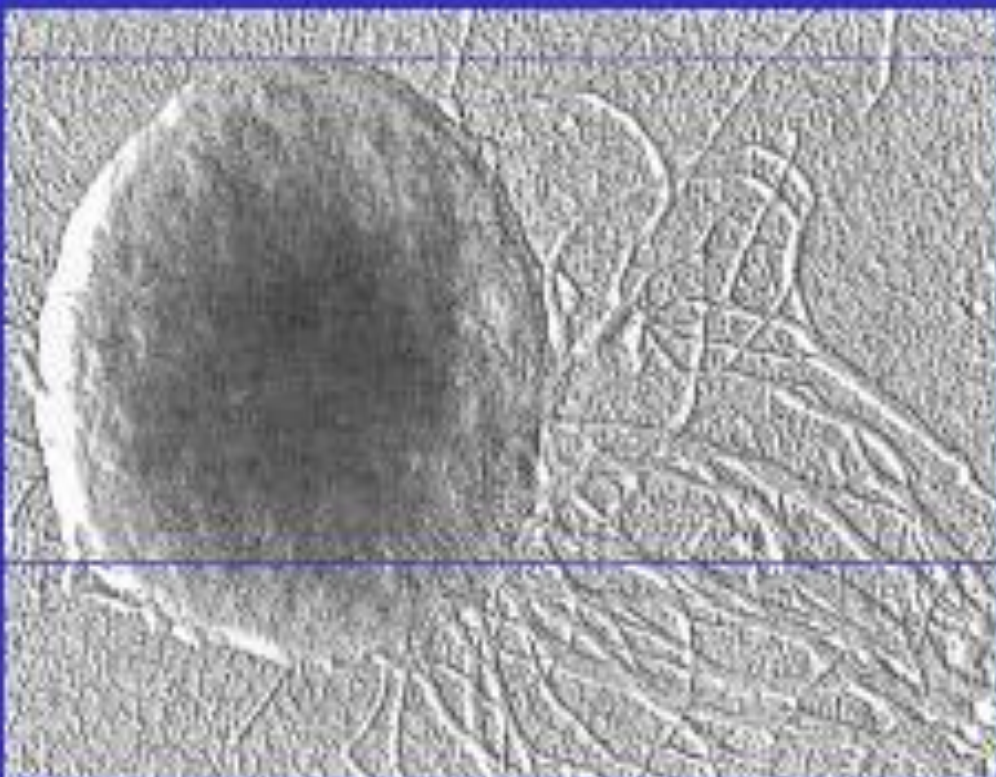
Rotation autour
d'un axe central
(spirochètes)



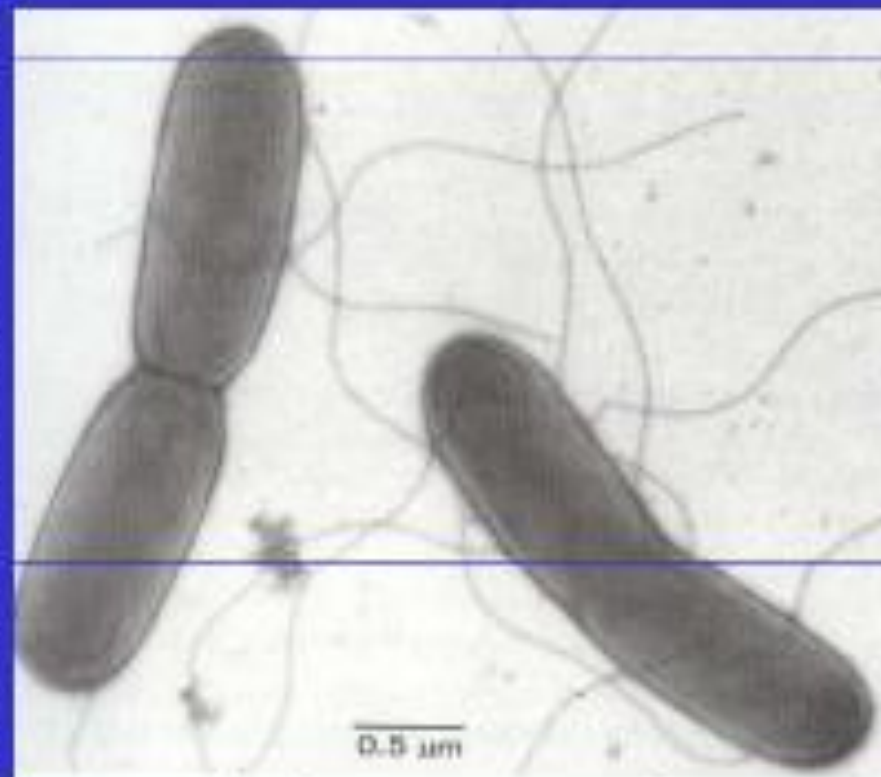
Cils ou flagelles



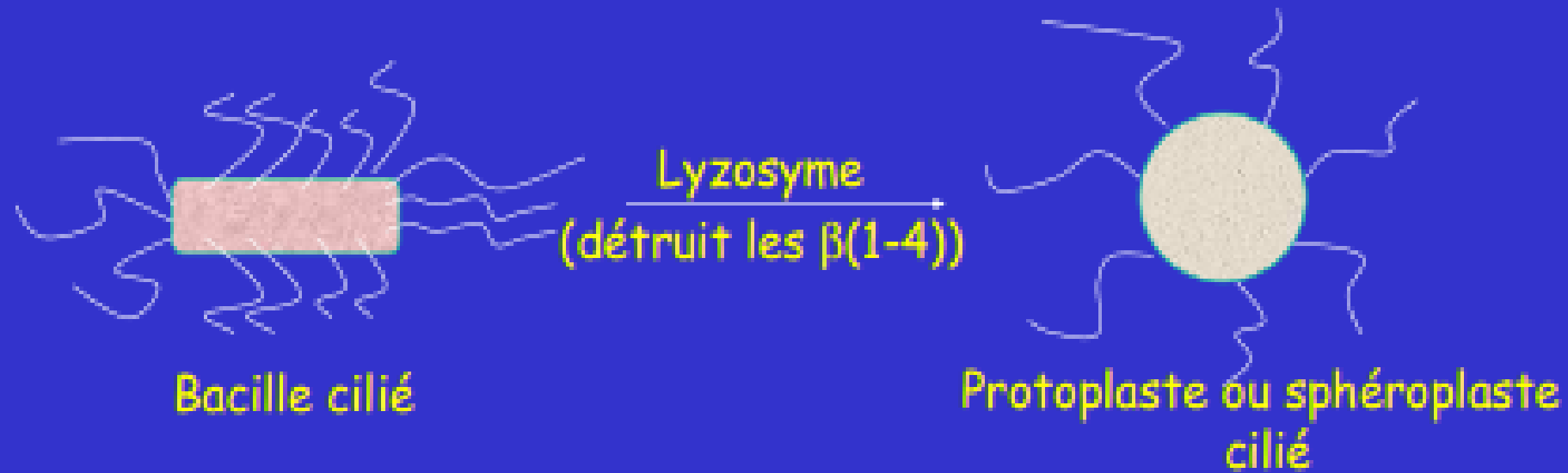
En microscopie électronique, ils apparaissent sous forme d'organites simples, filamenteux, sinueux, généralement plus long que la bactérie elle-même, de l'ordre de 6 à 20 μm .



Methanococcus jannaschii



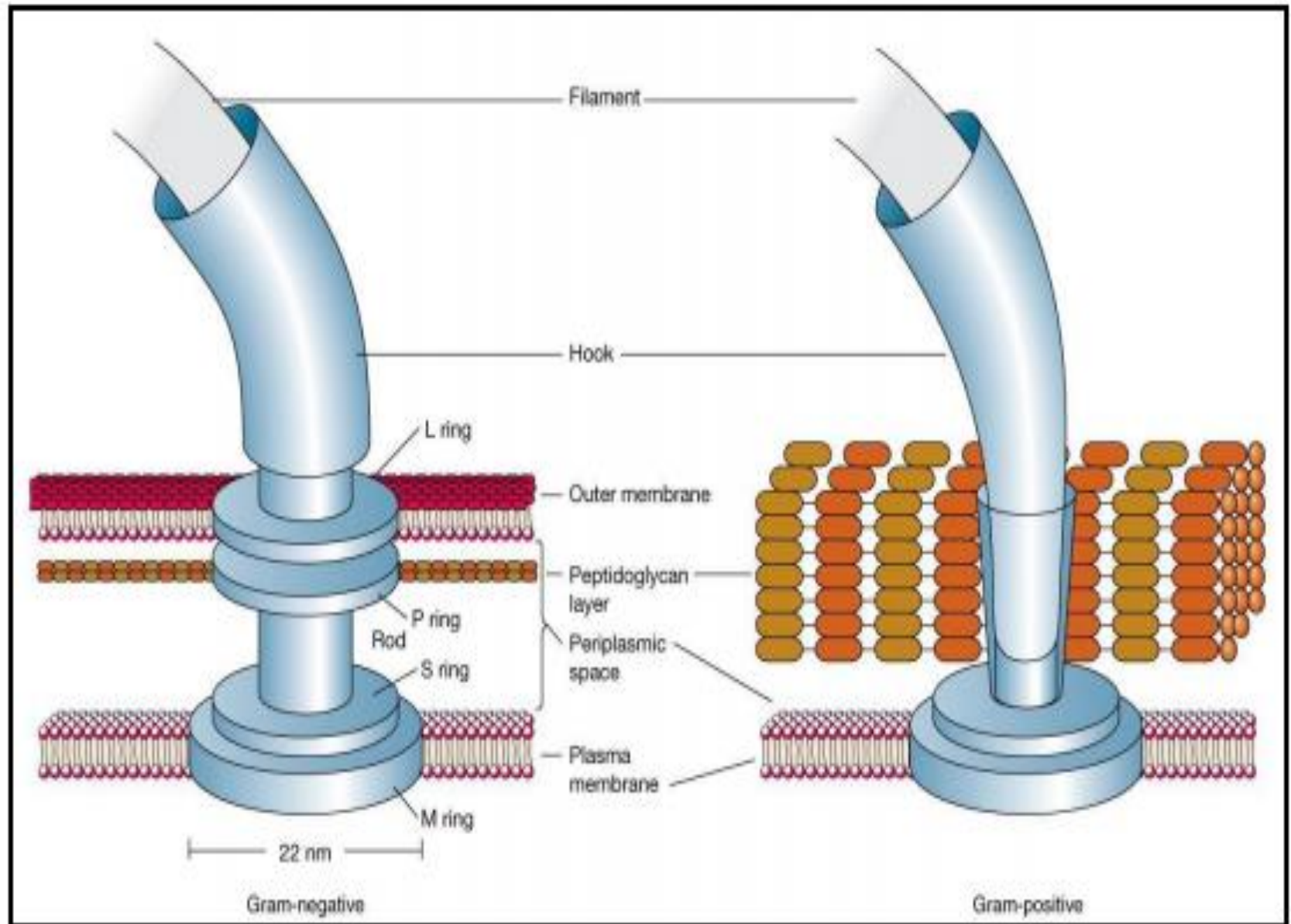
Alcaligenes eutrophus



✓ Origine du cil est au niveau du cytoplasme et non pas la paroi.

✓ Microscopie électronique montre que le flagelle traverse la paroi et prend racine dans le cytoplasme au niveau d'un granule basal de structure complexe, lié à l'enveloppe bactérienne.

■ Ce corps basal comprend deux anneaux protéiques, le plus interne est lié à la membrane cytoplasmique, le plus externe visible surtout chez les bactéries Gram⁻, est lié aux LPS et au peptidoglycane.

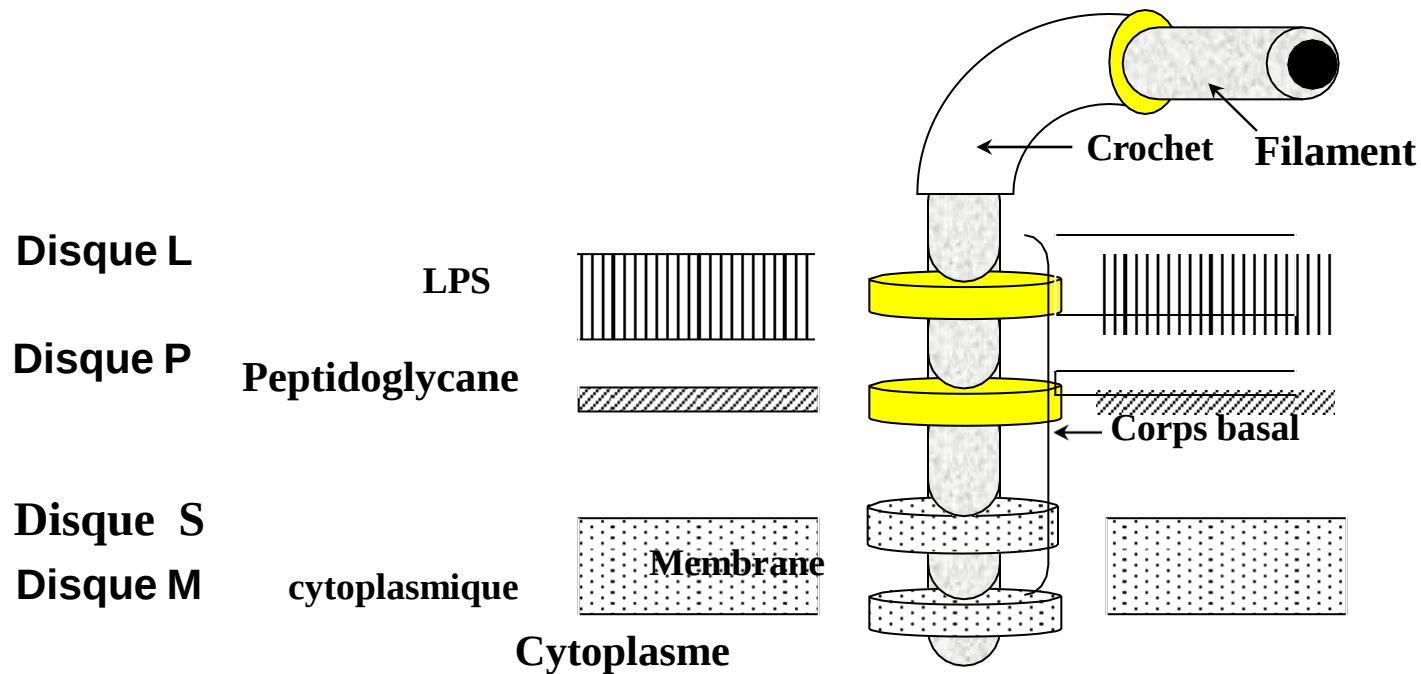


Structure du flagelle de bactéries Gram négatives et positives

STRUCTURE

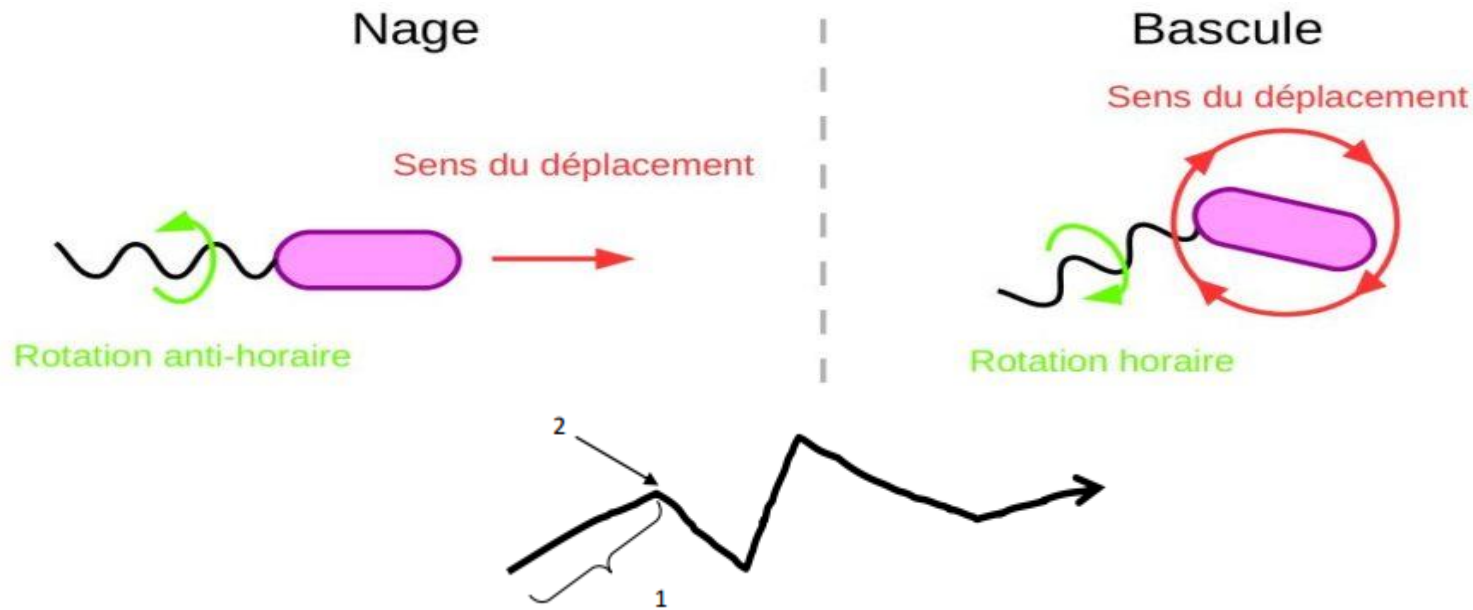
Les flagelles sont constitués de trois parties:

- 1/ Un filament hélicoïdal; long ≤ 10 mm, de nature: protéine (flagelline)
- 2/ Un crochet; incurvé et flexible
- 3/ un corpuscule basal: Les disques S, P et L fixes et le disque M mobile



Structure du corps basal du flagelle

MODE DU MOUVEMENT PAR LES FLAGELLES



Dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (CCW), la bactérie avance en tournant légèrement sur elle même

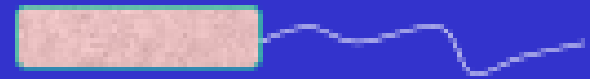
Dans le sens des aiguilles d'une montre (CW), la bactérie culbute et change alors de direction pour repartir en avant avec les flagelles tournant CCW.

➤ Le nombre et le mode d'insertion des flagelles sur la bactérie, constituent un critère de classification.

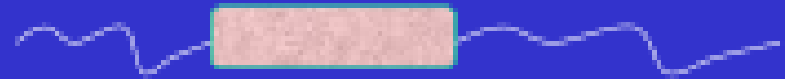
on distingue deux principaux types d'insertion:

➤ *Insertion polaire:*

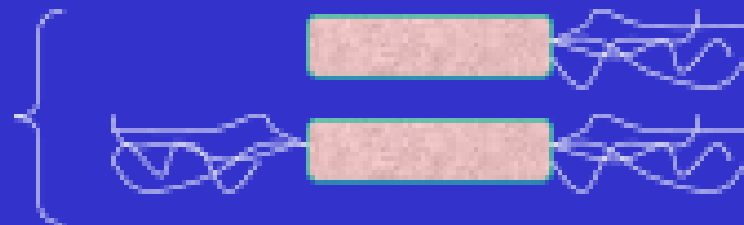
Monotriche



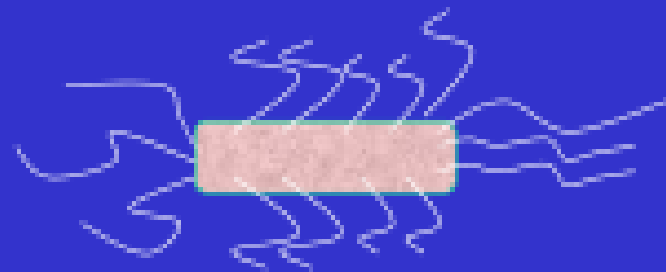
Amphitriche



Lophotriche



➤ *Insertion péritriche :*



Remarque :

Pour les ciliatures péritriches : En mouvement, tous les flagelles sont regroupés à l'arrière du corps bactérien (comme les tentacules d'un calamar). Pour changer de direction, les flagelles se dispersent autour du corps bactérien et la bactérie culbute.



ROLES DES FLAGELLES

1.Mouvement : c'est le rôle essentiel qui permet à la bactérie d'échapper aux prédateurs ou aux mauvaises conditions et de rechercher la nourriture ou l'air.

2.Attachement aux supports : il n'est pas exclu que l'attachement au support puisse se faire par les cils.

3.Rôle antigénique : Les antigènes flagellaires (Ag H) déterminent différents sérotypes (exemple : sérotypage des Salmonella). En présence de l'anticorps correspondant à leur Ag H, les bactéries agglutinent et les bactéries s'immobilisent.

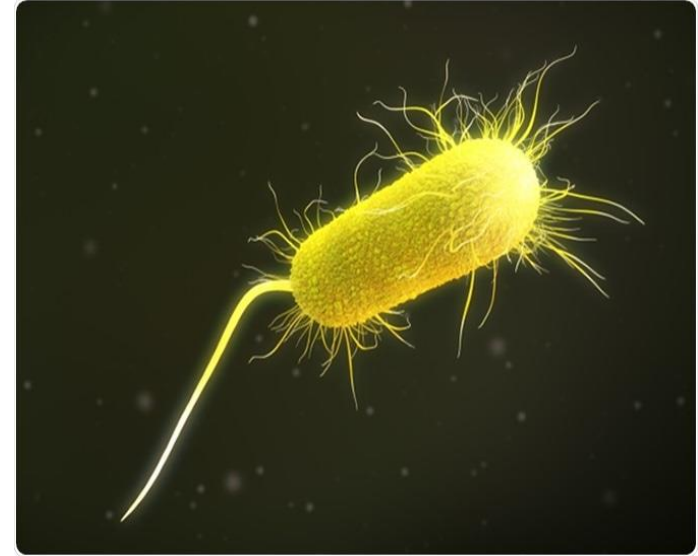
4.Entrée des virus : certains virus pénètrent dans la bactérie par le tube creux du cil.



3. PILI OU FIMBRIAE :

Les *pili* (au singulier : *pilus*) ou *fimbriae* (au singulier : *fimbria*) sont des structures protéiques (piline) trouvées à la surface de nombreuses bactéries. Les deux termes sont synonymes et correspondent à la même structure.

Ils ne sont visibles qu'en microscopie électronique. Ils sont plus fins, plus courts et plus rigides que les flagelles.



Pili sexuels

**Pili
communs**

PILI COMMUNS

Ils sont : **ténus, courts, rigides et donc cassants**

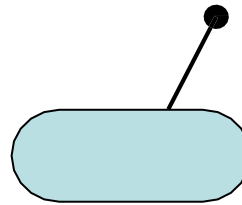
- **Nombre** : sont distribués en grand nombre autour de la bactérie (jusque plusieurs centaines)

- **Fonction:**

- **Adhésion** des bactéries à divers supports.
- Responsables de la **tendance** des bactéries, en formant une pellicule visqueuse ou **film bactérien** à la surface des milieux liquides

PILI SEXUELS

Plus longs, atteignant $20\mu\text{m}$ et se terminant par un renflement



Nombre: faible,
varie de 1 à 4



Fonction:

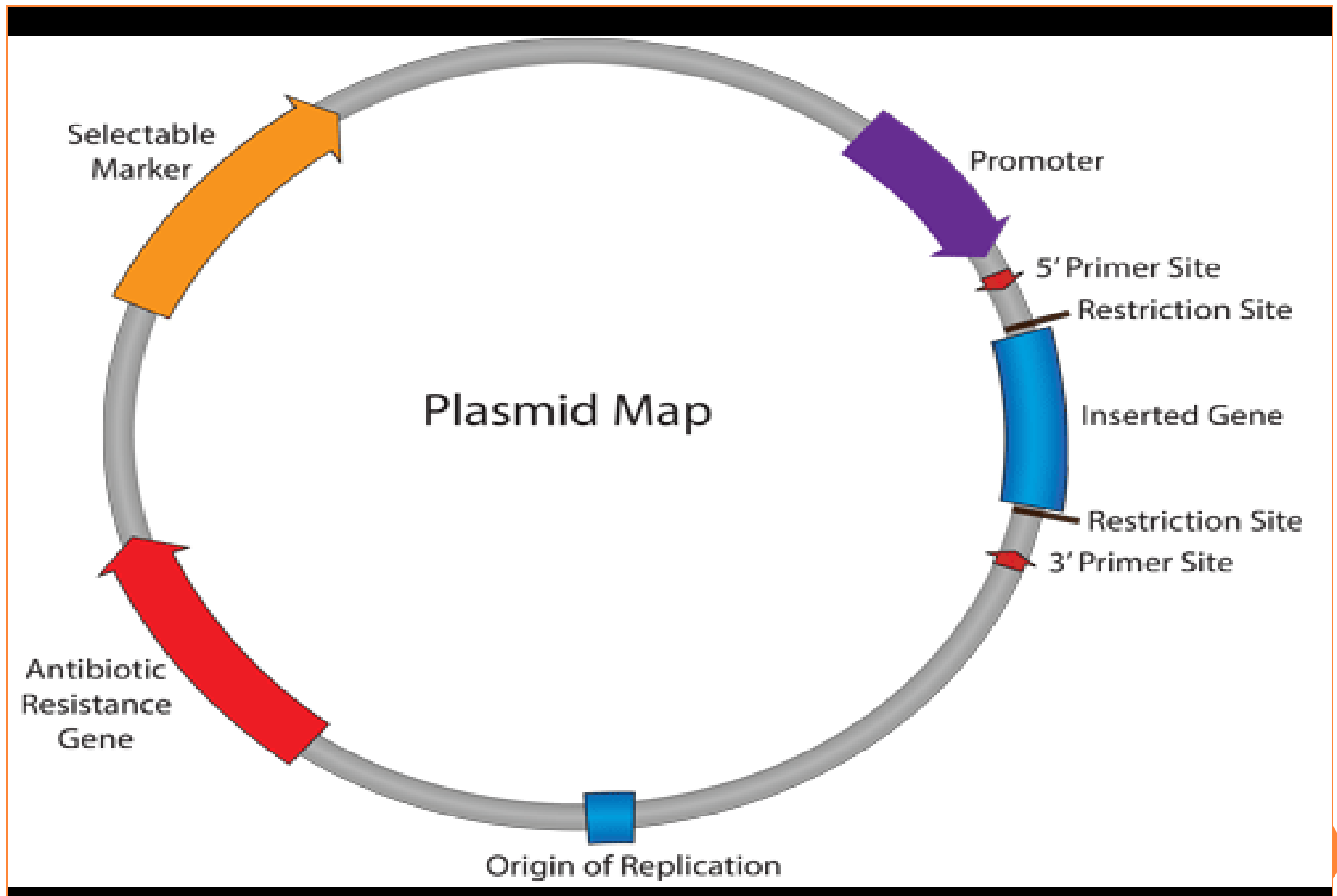
- Relient deux bactéries (reconnaissance mâle, femelle)
- Voies d'échanges de matériel génétique
- Fixation : bactérie, phage.

Rem: Les bactéries capables de produire des pili sexuels sont dénommées bactéries "mâles" à l'opposé des autres qui sont dites "femelles".

4. PLASMIDES

- éléments génétiques extra chromosomiques, capables d'autoréplication.
- Petite taille ($1/100^{\text{ème}}$ de la taille du chromosome)
- Ils portent très peu de gènes, moins de 30.
- Structure torsadée (super enroulée)
- Certaines bactéries possèdent plusieurs plasmides différents
- Certains plasmides peuvent s'intégrer au chromosome bactérien : on les appelle des **épisomes**.
- Ils sont transmissibles aux cours des générations mais pas de façon équitable comme pour le chromosome.
- La perte d'un plasmide est dite **curage**.





Rôles des plasmides (Propriétés)

- Les plasmides permettent à la bactérie une meilleure adaptation à son environnement
- Résistance aux antibiotiques (90% plasmidique, les 10% restant chromosomique).
- Résistance aux métaux lourds (mercure, sels de cadmium, de plomb...)
- intervention dans la production de substances à rôle pathogène.
- intervention dans la production de bactériocines
- Caractères métaboliques : un grand nombre de caractères biochimiques des bactéries sont d'origines plasmidiques.

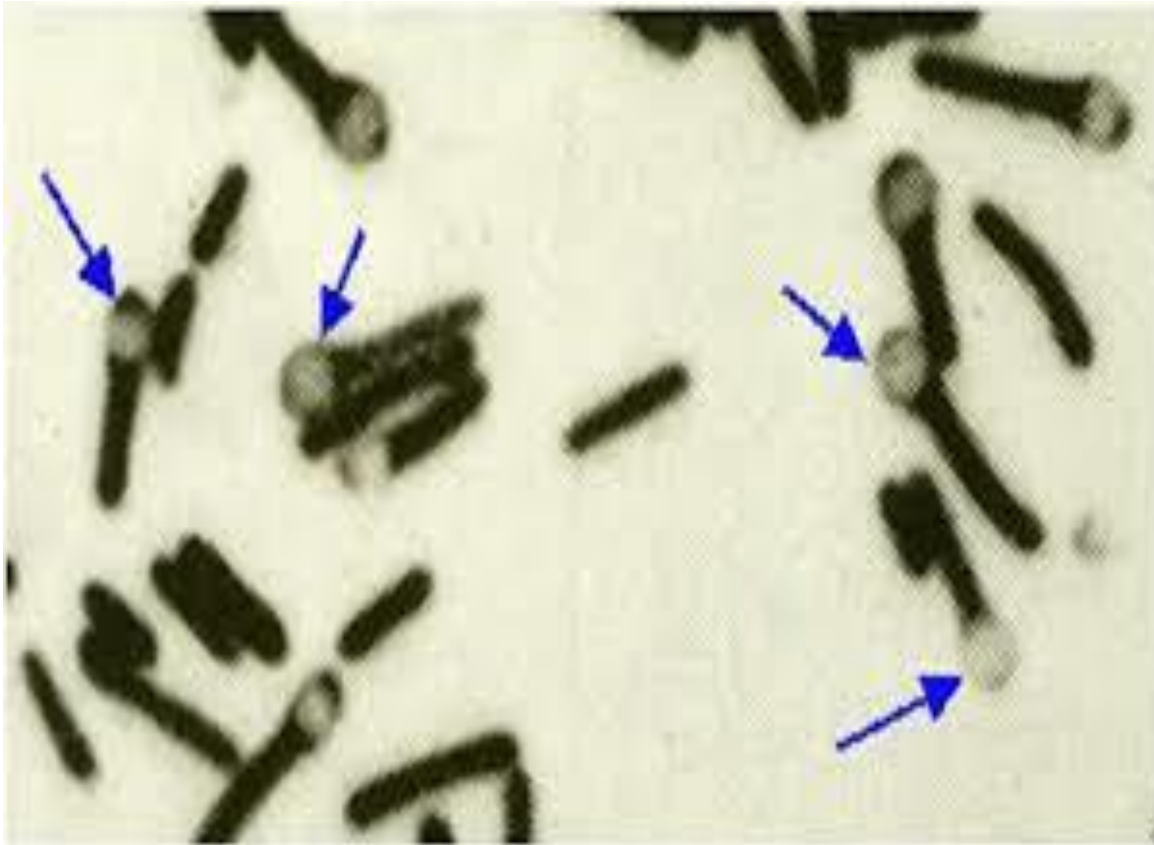


Remarque :

- Importance des plasmides portant des gènes de résistance aux antibiotiques dans l'augmentation des cas d'infections nosocomiales.
- Les plasmides sont des outils très utiles en génie génétique : on introduit dans une bactérie des gènes non bactériens portés par des plasmides, afin de lui faire acquérir de nouveaux caractères (exemples : synthèse d'insuline, d'hormone de croissance, vaccin...).



5. LA SPORE BACTERIENNE



Appelées aussi endospores, ce sont des structures de résistance formées par certaines bactéries lorsque les conditions deviennent défavorables.



GÉNÉRALITÉS SUR LA SPORE

.1 Définition

- Petite unité ovale ou sphérique (spore ou endospore)
- Caractérise 3 genres principaux: *Bacillus*, *Clostridium* et *Sporosarcina*
- Impliquée dans la pathologie infectieuse : Production de toxines
Clostridium perfringens (gangrène gazeuse) *Clostridium botulinum* (botulisme) *Clostridium tetani* (tétanos)
Bacillus anthracis (maladie du charbon ou anthrax)

spore ovoïde



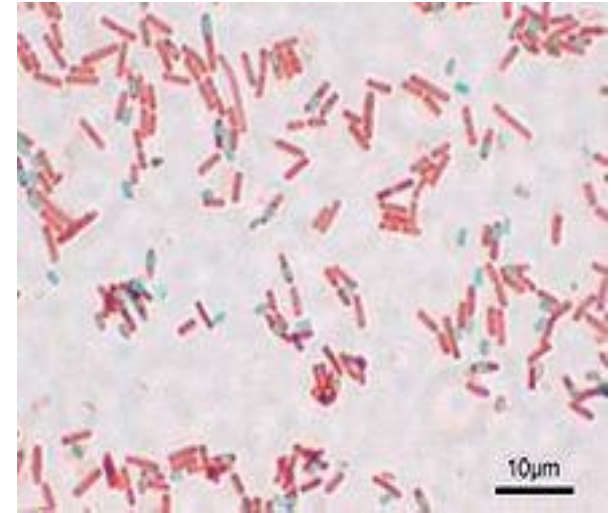
spore sphérique



MISE EN ÉVIDENCE

Méthode de Benito-Trujillo : Coloration au vert de malachite

- Frottis fixé
- **Vert de malachite à 5%**
- Chauffer jusqu'à émission de vapeur et laisser pendant 3 à 6 min
- **Safranine 5%**



Les spores apparaissent comme des
sphères **vertes** dans un corps
bacillaire **rouge-rosé**

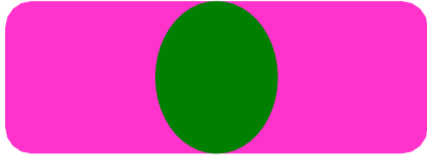
NB : 1- *Préciser la position de la spore :*
Centrale, terminale, ou sub-terminale
-2 Si elle est *déformante* ou non



MORPHOLOGIE

➤ Forme de la spore

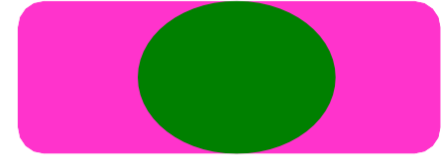
Sphérique



Cylindrique

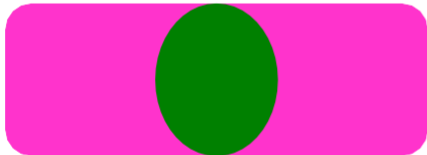


Ovoïde

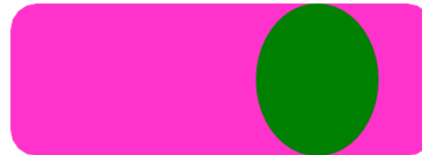


➤ Position de la spore

Centrale



Subterminale

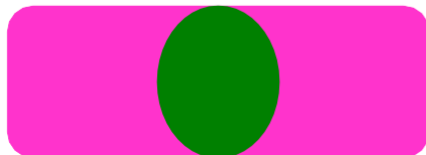


Terminale

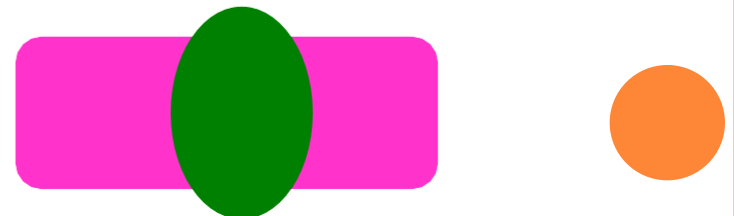


➤ Déformation de la spore

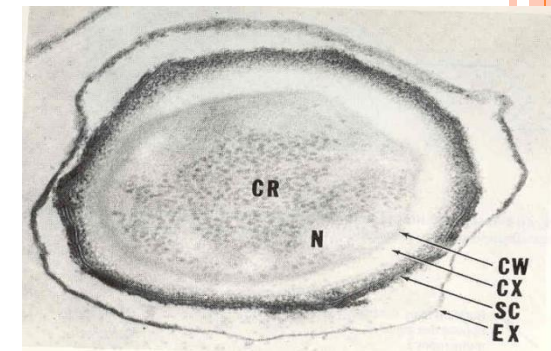
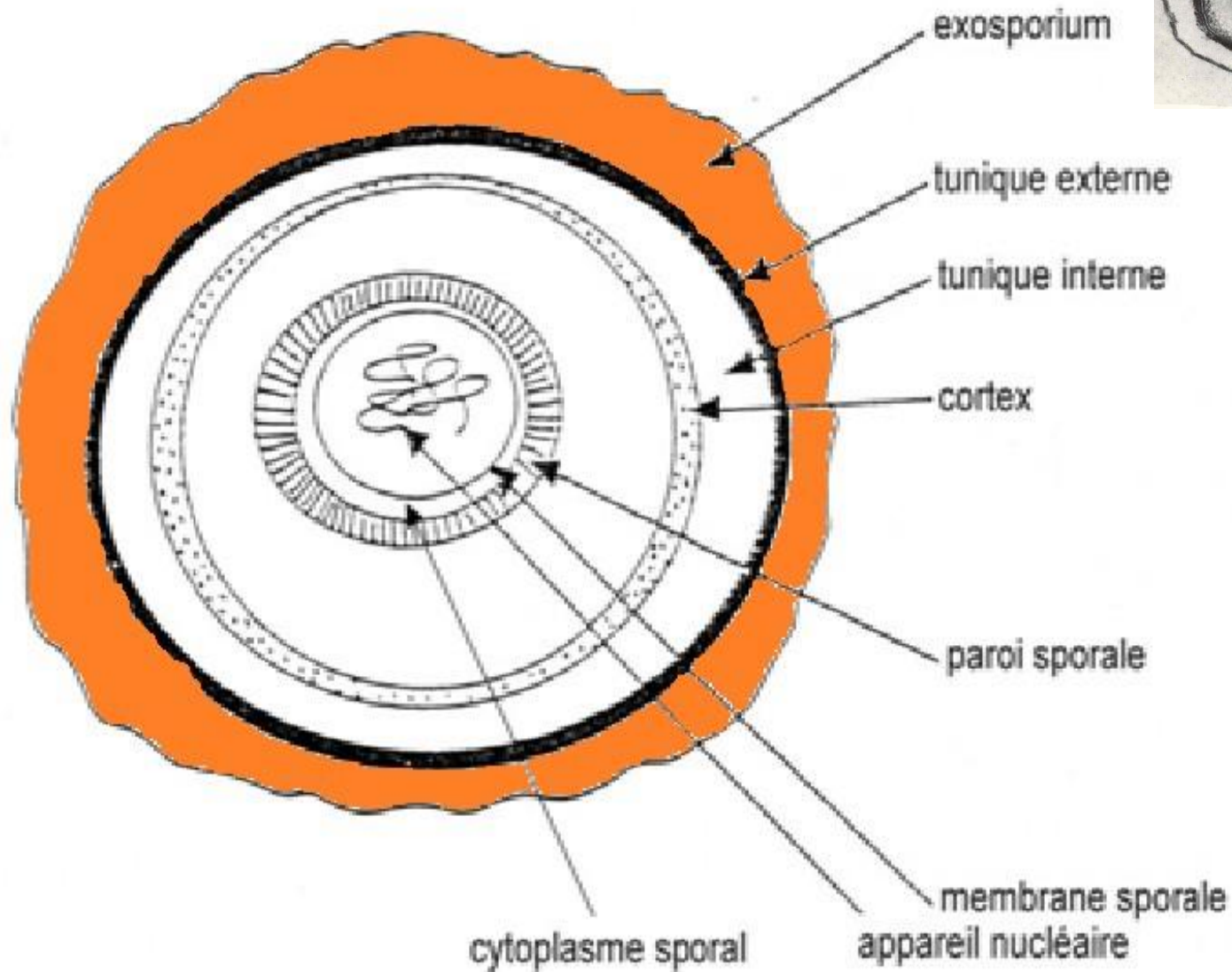
Non déformante



Déformante

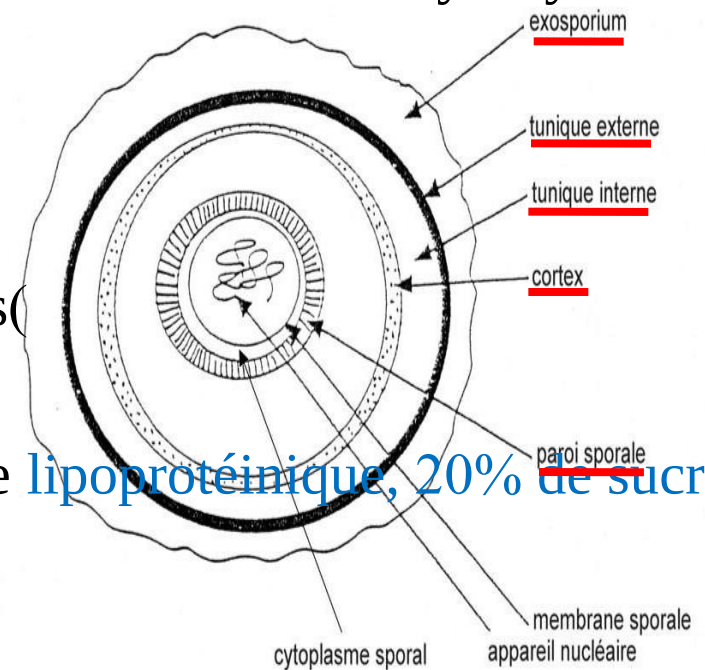


STRUCTURE



COMPOSITION DE LA SPORE

- **La paroi sporale:** peptidiglycane normal. Après germination devient la paroi de la cellule végétative
- **Le cortex:** 10 à 20% de la cellule, couche épaisse, aspect monomorphe
Peptidoglycane inhabituel +/- des liaisons internes sensible au lysozyme + dipicolinate de calcium
- **Tuniques** interne et externe:
20 à 35% de l'ensemble, **Protéines** (kératines)
- **L'exosporium:** le plus externe Membrane lipoprotéinique, 20% de sucre pas essentiel à la survie de la spore



SPORULATION ET GERMINATION

Cycle sporale



Les conditions défavorables sont:

- **Epuisement** du milieu en éléments nutritifs
- **Manque** d'eau
- **Température** défavorable
- **Pression** trop élevée
- **pH** défavorable.



Phénomène de sporulation

- Des conditions défavorables de croissance entraînent la sporulation. Il représente le passage de la forme végétative à la forme sporulée. La sporulation dure environ 10.5 heures, chez *Bacillus*
- Elle est provoquée par l'épuisement du milieu en substrat nutritif et elle peut nécessiter des conditions particulières : présence d'oxygène pour les *Clostridium*, absence d'oxygène au contraire pour *B. anthracis*. Le processus de sporulation débute à la fin de la phase exponentielle et se déroule en 6 étapes :

Stade I : formation du filament axial : la division nucléaire n'étant pas suivie d'une division cellulaire, les deux génomes fusionnent donnant un filament chromatique axial.

Stade II : les deux génomes se séparent et en même temps la membrane cytoplasmique s'invagine près d'un pôle de la cellule pour former un septum de sporulation qui partage la cellule en deux parties inégales. Ce septum va envelopper le cytoplasme de la plus petite partie pour former une préspore caractéristique.

Stade III : Engloutissement de la préspore.

Stade IV : entre les deux membranes limitant la préspore se forme la paroi sporale puis apparaît rapidement le cortex.

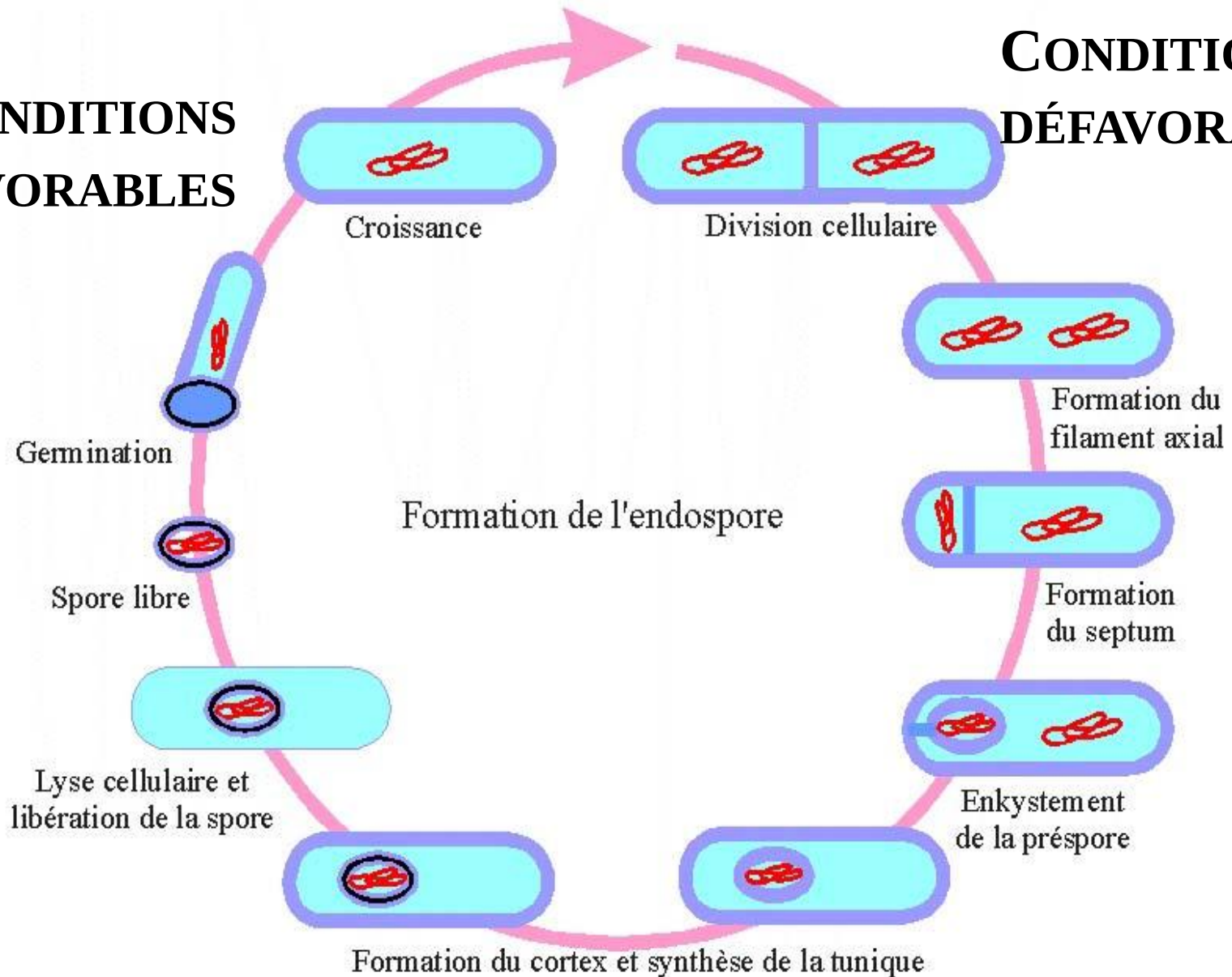
Stades V and VI : apparition des tuniques et après maturation.

Stade VII : la cellule végétative se lyse et libère la spore.

ETAPES DE SPORULATION

**CONDITIONS
FAVORABLES**

**CONDITIONS
DÉFAVORABLES**

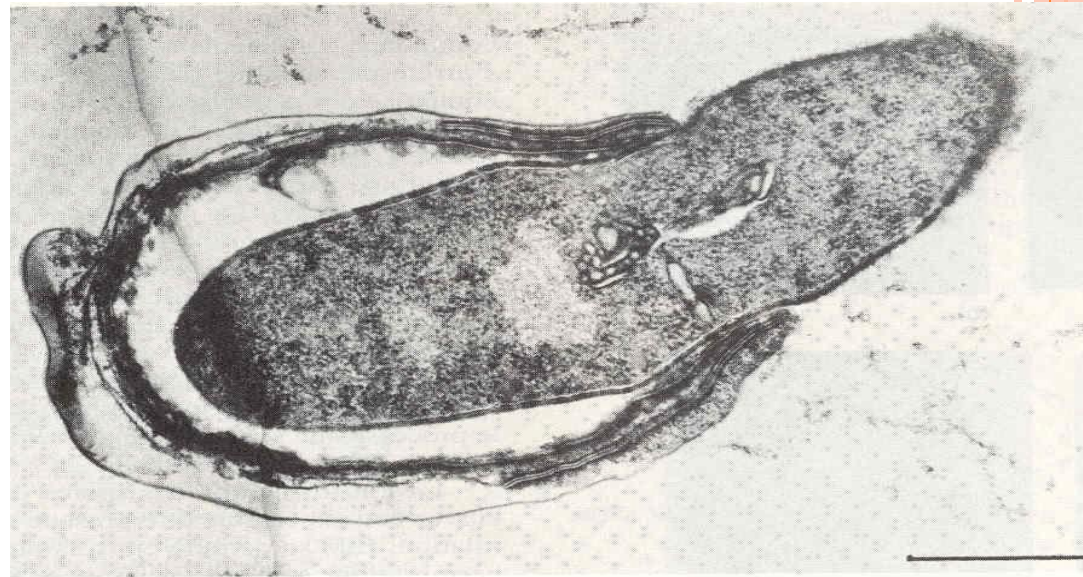


LA .GERMINATION



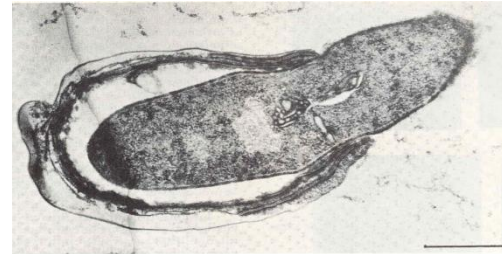
On distingue 3 stades dans le processus de germination :

- Activation
- Initiation
- Excroissance (éclosion)



➤ Activation

➤ Correspond à une **lésion** des enveloppes sporales par des agents : **physiques** (choc thermique), **mécaniques** (abrasion, choc) ou **chimiques** (acides , lysozyme...)



➤ Initiation

➤ Débute en présence de conditions favorables : **hydratation et métabolites** effecteurs (Ala, Mg, adénosine...) qui pénètrent à travers les enveloppes endommagées

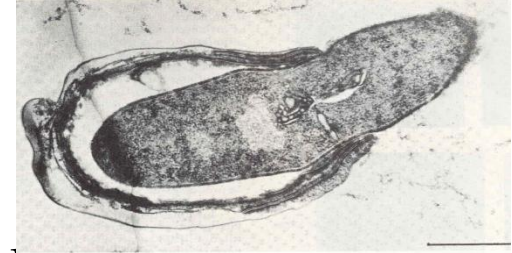
➤ Des **enzymes hydrolytiques** dégradent les constituants de la spore ; il y a libération du dipicolinate de calcium

➤ Le **cortex se détruit** et la pore s'imbibe d'eau et gonfle



➤ Excroissance

- **Altération des cortex et téguments externes**: émergence d'une nouvelle cellule



- Phase active de **biosynthèse** et reprise graduelle de la croissance végétative, synthèse progressive d'ADN et de protéines
- La paroi sporale devient la **paroi bactérienne**
- La cellule double son volume initiale et se libère de la tunique sporale
- **Après sa réhydratation, la spore donne une nouvelle cellule végétative qui entre en phase active de biosynthèses : la synthèse de l'ADN reprend, la cellule double son volume, elle devient à nouveau capable de se multiplier**

