

1 Les organismes procaryotes

1.1 Dans l'évolution *aryarchées* (méthano, halophiles, thermoplasmals) *éner.*

1.2 Structure

1.2.1 Eléments obligatoires

- a) Membrane plasmique $\approx 30\%$ phospholipides + perméases
- b) Paroi bactérienne Peptidoglycane
- c) Cytoplasme ribosomes
- d) Mésosome
- e) Nucléotide ADN génomique / ADN plasmidique

1.2.2 Eléments facultatifs

- a) Membrane externe phospholipides, lipopolysaccharides, porines
- b) Capsule ou couche visqueuse déshydratation, viscosité
- c) Flagelles et pili polymères piline / flagellines
- d) Membranes photosynthétiques

1.2.3 Sporulation

- a) Formation de l'endospore septum sporal (invagination), préspore, cortex
- b) Propriétés déshydratation, métabolisme, résistance, longévité + spores
- c) Germination de l'endospore

1.3 Eléments de classification

1.3.1 Bactéries Gram + et Gram -

- a) Coloration
- b) Gram +
- c) Gram -

1.3.2 Forme des bactéries cocci, bâtonnets, spirilles,

2. Les organismes acellulaires parasites

2.1 Les virus

2.1.1 Structure

2.1.2 Reproduction

- a) Pénétration dans la cellule hôte
- b) Cycle lytique auto-assemblage lyse / bourgeonnement
- c) Cycle lysogène intégration au génome induction
- d) Phase extracellulaire

2.1.3 Vivant ou pas?

2.2 Viroïdes

2.3 Prions

2.3.1. Protéine PrP formes cellulaire / ~~scopie~~ scopie

2.3.1. Multiplication du prion $+100\ 000\ PrP^c \rightarrow$ fibrilles \rightarrow Kuru

10

CHAPITRE V

ORGANISMES PROCARYOTES et ACELLULAIRES

1 Les organismes procaryotes

1.1 Dans l'évolution

Hierarchie d'Escherichia coli

Procaryote : pas de noyau mais un matériel génétique organisé en nucléotide
division par fission binaire
+ autres caractéristiques structurales, génétiques et biologiques

2 Règnes : * les archées

- euryarchées
 - méthanogènes : archées anaérobies productrices de CH_4
 - halophiles extrêmes : croissance dépend d'une forte teneur en sel
 - thermoplasmates : acidophiles et thermophiles sans paroi
- cénarchées
 - hyperthermophiles ex: *Sulfolobus*, *Pyrodicticum*, *Thermoproteus*...

* les bactéries au sens strict

Les archées présentent des caractéristiques très intéressantes pour l'innovation scientifique.

1.2 Structure

1.2.1 Eléments obligatoires

a) La membrane plasmique (Fig 3)

Composition : 70 à 80% phospholipides + perméase (ou "protéines transporteurs")
Rôle : contrôle des échanges avec le milieu extérieur,
imperméable à tout sauf H_2O , CO_2 , O_2
transport actif de certaines molécules grâce aux perméases *

b) Paroi bactérienne

Composition : peptidoglycane formant un réseau (= treillis) plus ou moins épais
Rôle : rigidité de la cellule (résistance à la pression osmotique)
défini la forme caractéristique à la cellule

Ring : entre la paroi et la mb plasmique, est l'espace péri plasmique

c) Cytoplasme

Composition : aucun organelle → aucune mb interne libre (→ aucun seulement des ribosomes)

d) Mésosome(s)

Invagination de la mb plasmique dans le cytoplasme.
Peut être "l'ancêtre des organites" car il est le site d'ancrage de l'ADN, lieu de certaines activités métaboliques telles que la chaîne respiratoire (futurs crêtes des mitochondries?) synthèse de peptidoglycane de paroi.

* le transport actif/passif défini différemment

sécrétion de certaines m synthétisées dans le cytoplasme (exocytose)

e) Le nucléoïde

Zone centrale bien délimitée mais non bordée d'une mb (\rightarrow pas un vrai noyau) contient d'ADN sous forme génomique et plasmidique.

génomique \rightarrow 1 seule m , 1 seul exemplaire (ϕ haploïde)
double brin circulaire et nu
C'est le chromoïde

plasmidique \rightarrow 1 ou plusieurs plasmides par ϕ qui peut être en de nombreux exemplaires (ϕ polypléides)
double brin circulaire et nu

Bcp plus petit que le chromoïde, autonome et en g^{al}
pas indispensables: ils contiennent des gènes d'adaptation au milieu (tels que des résistances aux antibiotiques)

-122 Elements facultatifs

a) Membrane externe

Elle peut se situer sur la paroi bactérienne,
Composition: phospholipides et lipopolysaccharides (part lipo \rightarrow in mb)
et porines (cplx - protéique) (part sacch \rightarrow extérieu)

Rôle: très perméable grâce aux porines
ne constitue donc pas une barrière
 \rightarrow rôle inconnu

b) Capsule et couche visqueuse

Couche externe à la paroi et à la mb externe, composée de polysaccharides très variés, non organisés.

Pour la capsule, elle est bien délimitée et reste attachée à la ϕ .

Pour la couche visqueuse, limite indéfinie et se détache par anses.

Rôles: • protection contre le dessèchement grâce aux polysaccharides hydrophiles qui pompent l'eau du milieu extérieur.
• protection contre la fixation de virus

c) Flagelles et pili

Appendices filiformes de nature protéique.

Δ NE PAS CONFONDRE avec les flagelles et cils eucaryote

Flag. (Composition: polymère de flagelline
filament très fin, très souple et long (jusqu'à 10x la taille ϕ)
Rôle: déplacement par ondulation

(Composition: polymère de piline
filament fin mais plus court et rigide que le flagelle
Rôle: transmise de matériel génétique (pili sexuels)
autres sans fonction connue

d) Membranes photosynthétiques

Les bactéries photosynthétiques, ancêtre des chloroplastes, réalisent la photosynthèse sur des replis particuliers de la mb plasmique (ancêtres des thylacoïdes)

123 Sporulation

Chez certaines bactéries, il y a formation de spores (structures de résistance) lorsque l'environnement devient défavorable (épuisement des ressources d' O_2 , de N , ou assèchement...)

- a) Formation de l'endospore = sporulation \rightarrow cb de tps?
- Septum sporal = invagination de la mb plasmique \rightarrow 2 compartiments inégaux
 - le phénomène se poursuit jusqu'à former une bulle autour du matériel génétique après répllication \rightarrow préspore
 - formation des couches protectrices (**cortex**) autour de la préspore \rightarrow spore mûre ou endospore
 - libération de l'endospore par lyse de la ϕ mère.

b) Propriétés

- cytoplasme très déshydraté (10 à 20% d'eau plutôt que 90%)
- aucune activité métabolique
- grande résistance aux agents chimiques toxiques (genre Javel), aux radiations (UV), à la chaleur (jusqu'à 20 min à $120^\circ C$ sous pression!)
- longévité supérieure à 50 ans!

c) Germination de l'endospore

Nécessite un traitement particulier tel qu'un choc thermique.

Alors la spore germe, si les conditions sont favorables.

- \rightarrow reprise de l'activité métabolique, réhydratation du cytoplasme, synthèse d'une paroi bactérienne

13 Eléments de classification

13.1 Bactéries Gram+ et Gram-

On divise les bactéries en 2 grands groupes selon l'organisation de leur paroi : Gram+ et Gram-.

Principe de coloration de Gram
selon la

- a) Principe de l'organisation la coloration
- Coloration de la paroi de peptidoglycane avec du cristal violet.
- retient le colorant après rinçage \rightarrow Gram +
 - ne retient pas le colorant après rinçage \rightarrow Gram -

b) Gram +

On trouve la mb plasmique + une paroi très épaisse

c) Gram -

On trouve la mb plasmique + une paroi mince + une mb externe

132 Forme des bactéries

O - Coque (ou cocci), sphériques
Vive seules, en couple (Diplocoques) ou en chaîne (Streptocoques)
ou en amas (Staphylocoques)

◊ - Bâtonnets,

⌘ - Spirilles, en spirale

- Autres

2. Les organismes acellulaires

Pas de cytoplasme limité par une mb plasmique

Incapables de se reproduire seuls

Parasites intra et obligatoire

Agents pathogènes tuant les et infectées dans leur cycle de reproduction

2.1 Les virus

Tous les types de et peuvent être infectés par les virus (grippe, ...)
Les et animales, végétales et même bactériennes sont victimes des virus.

2.1.1 Structure

Il y a des virus à ADN, à ARN, hélicoïdaux ou icososaédriques.

a) ARN

À simple ou double brin, ≈ 3 à 200 protéines virales

b) Couche de protection

• La capside est une couche formée de protéines qui s'organisent par géométrie

On trouve des capsides emboîtées comme pour le HIV.

• L'enveloppe est une mb formée de phospholipides de la et hôte et de protéines virales. Elle n'est pas obligatoire (un virus est envlpié et nu)

2.12 Cycle de reproduction

2 phases < extra ϕ , le virion est inerte (pas d'activité métabolique)
intra ϕ , reproduction au dpd de la ϕ hôte

a) Pénétration dans la ϕ hôte

- le virus se fixe à la mb de la ϕ hôte grâce à l'interaction entre une de ses protéines et un récepteur ϕ .
- Cette interaction détermine la spécificité virus-cellule.
- gal^{nt}, seul l'acide nucléique entre dans la ϕ hôte, la capside reste accrochée

b) Cycle lytique

lysogénique \Rightarrow l'ARN est intégré dans le VC hôte

- synthèse des protéines virales et répllication du matériel génétique

L'acide nucléique viral utilise la machinerie de la ϕ hôte pour se répliquer et synth

Ces protéines et l'ADN viral s'assemblent spontanément pour former de nouvelles particules virales: c'est l'autocassemlage.

Ces particules sont libérées par lyse (éclatement de la ϕ hôte)

ou par bourgeonnement (en taking a part of mb de la ϕ hôte \rightarrow virus enveloppé)

Rmq: tout ça peut aller très vite, par exemple, le phage de E. coli produit par cycle (de 20 min!) une centaine de protéines virales.

c) Cycle lysogène

Chez les bactériophages (et autres), on observe l'intégration du matériel génétique viral dans le génome sous forme de provirus.

Ensuite, ce provirus est transmis aux ϕ filles lors de la multiplication de la ϕ hôte, comme l'appareil génomique.

Tout ça sans synthèse de protéine virale!

Le virus est silencieux, non pathogène.

Lorsqu'il y a induction*, l'ADN viral s'excise de l'ADN génomique et le virus entre dans un cycle lytique conduisant à la mort ϕ .

* exemples d'induction: les UV

Exemple de virus: l'herpès reste sous forme provirus jusqu'à certaines conditions

d) Phase extra cellulaire

Le virion ne présente ni activité métabolique, ni reproduction.

2.13 Vivants ou pas ?

Sous forme virion, ils sont inertes. Pourtant ils sont constitués des éléments du vivant.

Sous forme virus, si ils sont dépendants, ils utilisent tout de même les mécanismes du vivant (de la ϕ hôte)

D'autre part, les virus évoluent

2.2 Viroïdes

molécule d'acide nucléique

ARN monocaténaire circulaire très auto apparié.

Responsables de nombreuses maladies chez les végétaux

2.3 Prions

~~2.3.1~~ La protéine PrP

Particules protéiques infectieuses, agents à infectieux responsables de maladies dégénératives du système nerveux.

2.3.1 La protéine PrP

Présente chez tous les animaux, elle est localisée dans les neurones et n'a pas de fonctions connues.

Elle a 2 formes $\left\{ \begin{array}{l} \text{PrP}^c \text{ (cellulaire)} \\ \text{PrP}^{sc} \text{ (scropié)} \end{array} \right.$

Ces formes ont la même chaîne aminée.
En revanche, la structure tertiaire varie.

PrP^{sc} est très résistante à la chaleur et aux protéases et s'agrège en fibrille (comme la forme normale en fait)

2.3.2 La multiplication du prion

Le prion est formé d'un amas de fibrilles de PrP^{sc}

La présence de PrP^{sc} n'a de conséquence sur l'organisme que lorsqu'on a plus de 100 000 protéines.

La transmission de prion ne peut se faire que par ingestion ou voie sanguine. Les fibrilles sont insolubles et résistent aux protéases.

A travers le sang, elles peuvent atteindre le système nerveux.

Le prion se multiplierait par contact: une PrP^{sc} peut "convertir" une PrP^c en PrP^{sc} . Conformation anormale contagieuse. Les PrP^{sc} s'organisent en fibrilles. (donc ça donne le prion)

Cet agent infectieux est le seul : sans acide
sans reproduction

Sa durée d'incubation peut être de 10 à 30 ans chez l'homme.
Le décès se produit then en quelques mois.

| Haeckel (1894) Trois règnes | Whittaker (1969) Cinq règnes | Woese (1977) Six règnes | Cavalier-Smith (1981) 8 règnes | Consensus ? | Woese (1990) Trois domaines |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Protiste | Monera | Eubactérie | Eubactérie | Bactérie | Bactérie (<i>Bacteria</i>) |
| | Végétal | Archéobactérie | Archéobactérie | Archée | Archées (<i>Archaea</i>) |
| Protiste | | Protiste | Archéozoaire | Protozoaire | Eucaryote (<i>Eucarya</i>) |
| Champignon | | Champignon | Protozoaire | Chromiste | |
| | Végétal | Végétal | Champignon | Champignon | |
| Animal | Animal | Animal | Animal | Animal | |
| | | | | | |

Fig 1: Les principaux règnes et les trois domaines du monde vivant

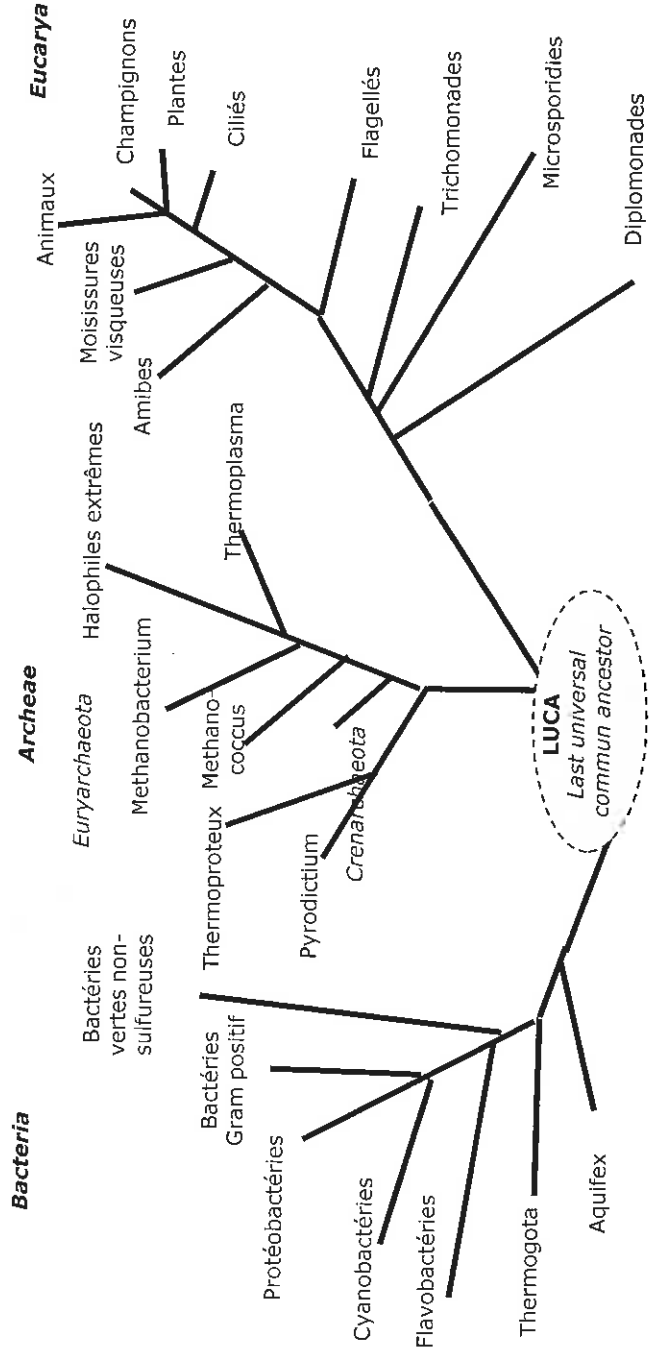
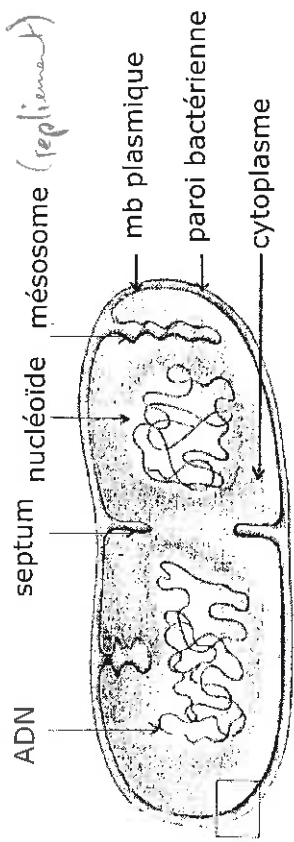
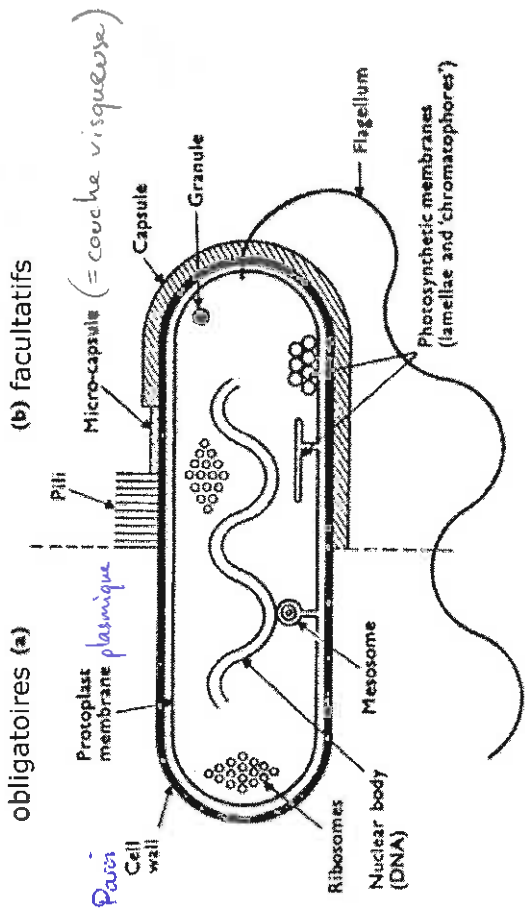


Fig 2: Un arbre du vivant

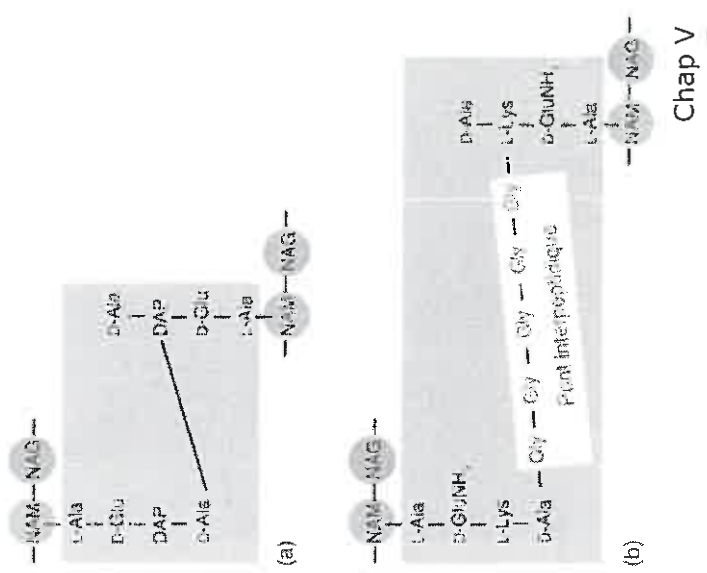
Une hypothèse actuelle propose que les bactéries soient des cellules très évoluées et que eucaryotes, et procaryotes dérivent d'un ancêtre commun complexe, LUCA qui aurait en fait beaucoup plus de propriétés d'une cellule eucaryote que procaryote. Avec ces théories, ce sont donc les procaryotes qui seraient issus d'une cellule de type eucaryote par simplification via la sélection de mécanismes efficaces et rapides. Ce type d'hypothèse malheureusement n'explique pas de manière convaincante comment est apparu LUCA, et surtout les étapes de son évolution vers les eucaryotes.



a) éléments obligatoires

b) éléments facultatifs

Fig 3: Schéma des différents éléments présents chez un organisme procaryote



NAG (acide N-acétylglucosamine)

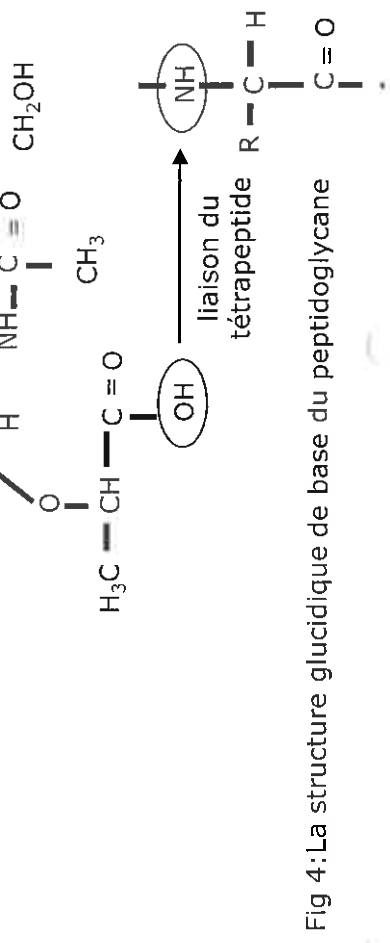
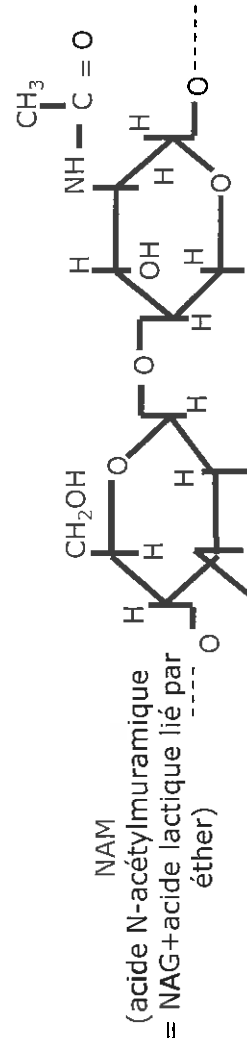
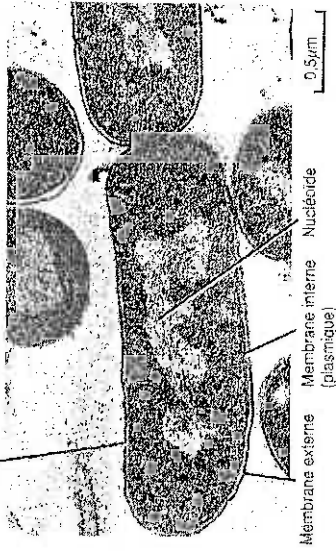


Fig 4: La structure glucidique de base du peptidoglycane

a) Espace périp्लाσμαïque et paroi cellulaire

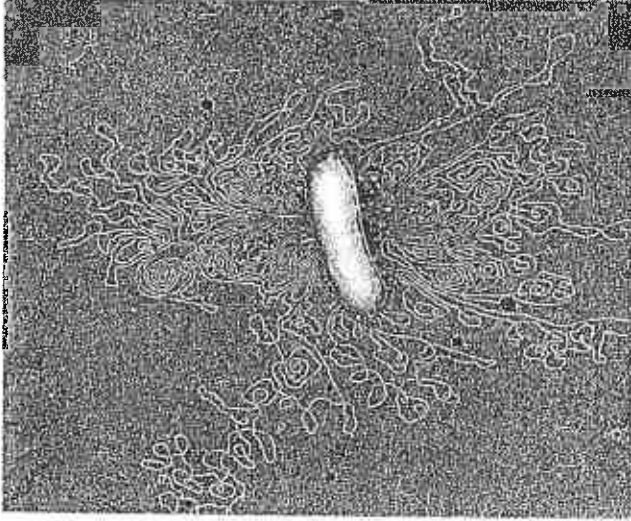


Micrographie électronique de coupe mince d'*E. coli*, une bactérie gram-négative. On y voit la membrane (plasmique) interne, la membrane externe superficielle qui fait partie de la paroi cellulaire, et le nucléotide, zone fibreuse centrale qui contient l'ADN de la cellule. Aimablement communiqué par I. D. J. Burdett & R. G. Murray.

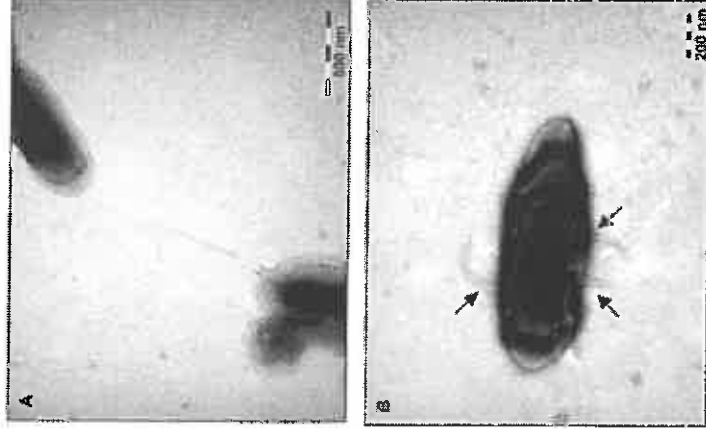
Fig 5: Le nucléotide bactérien

a) aspect en microscopie électronique

b) le chromosome



b) Lyse cellulaire et libération du chromosome de *E. coli*



Observations de *Rickettsia felis* par microscopie électronique à transmission

(A) Pilus sexuel entre deux bactéries

(B) Petits pili permettant l'adhésion

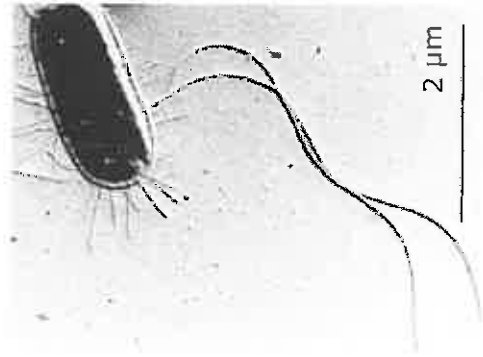
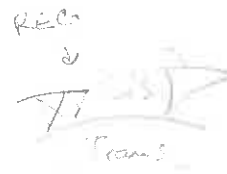


Fig 6: Flagelles et pili

Asymétrie mb =
p

glucides
prot. périph + lipides (p.p. per. lipides)



- Modif. post-trad :
- o glycosylations
 - o ponts de sulfures
 - o olivages
 - o oligomères

kinase = ezy qui ajoute un phosphate

- lipides
- > acides gras
 - > lipides simples
 - > phospholipides (= mb)

lipides mb
faits dans le
REL
(phospholipides
cholestérols...)

Golgi
1 à 10 dictyosomes / d et 4 à 10 cisternes dictyosoma
modif post-trad : oligosacch ajoutés ou modifiés ou olivages

WTF ? WTF

comment ça dégrade la mb ?

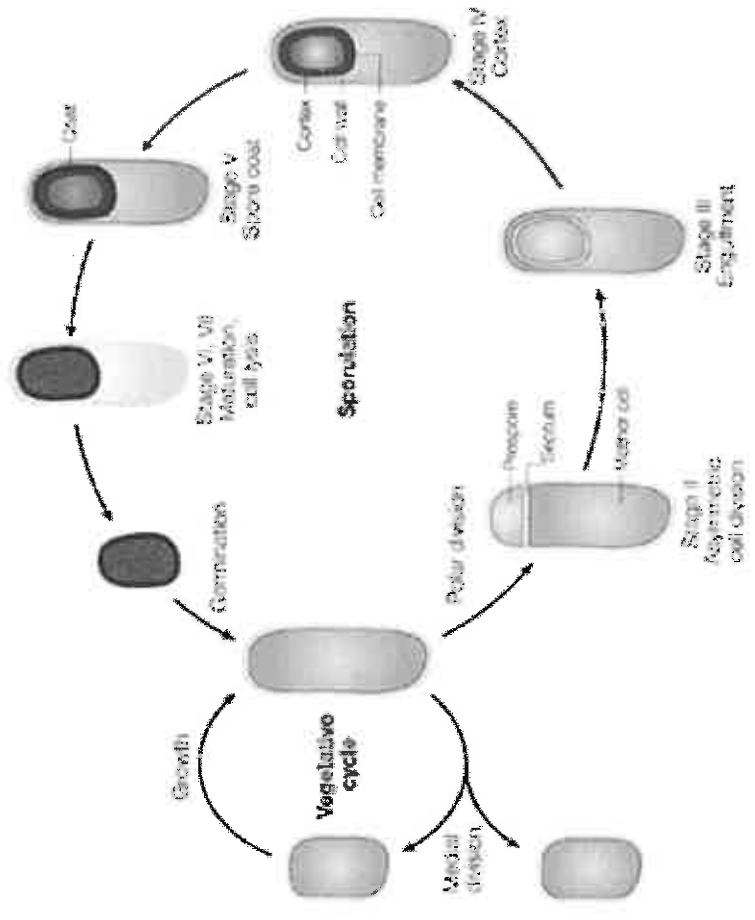
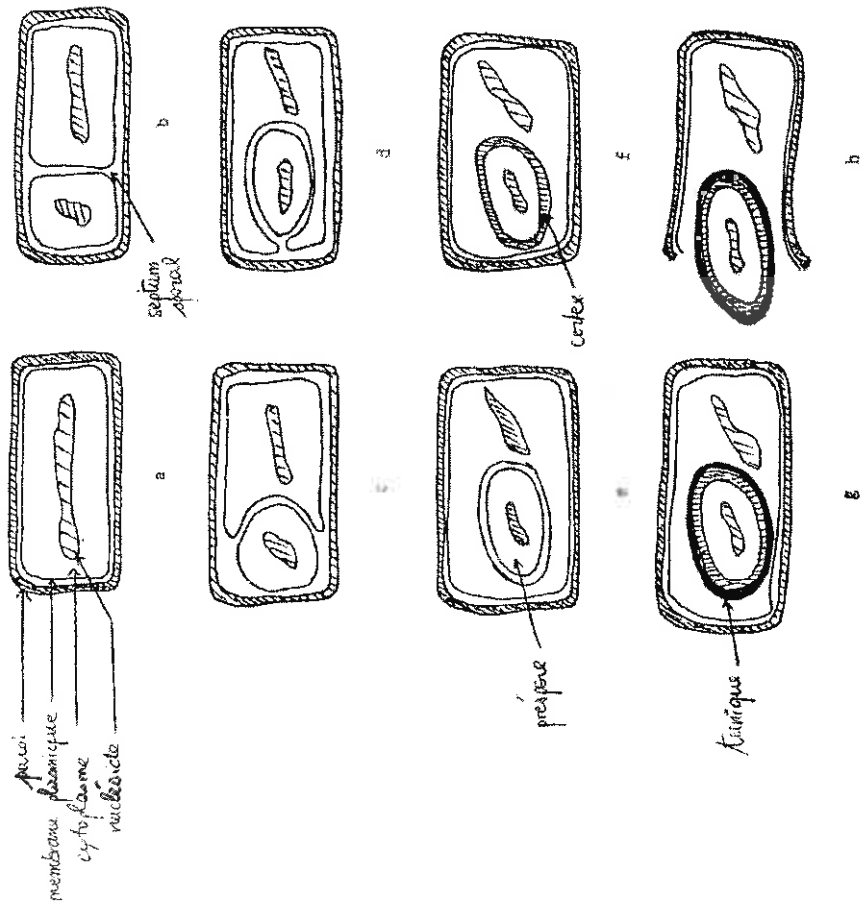
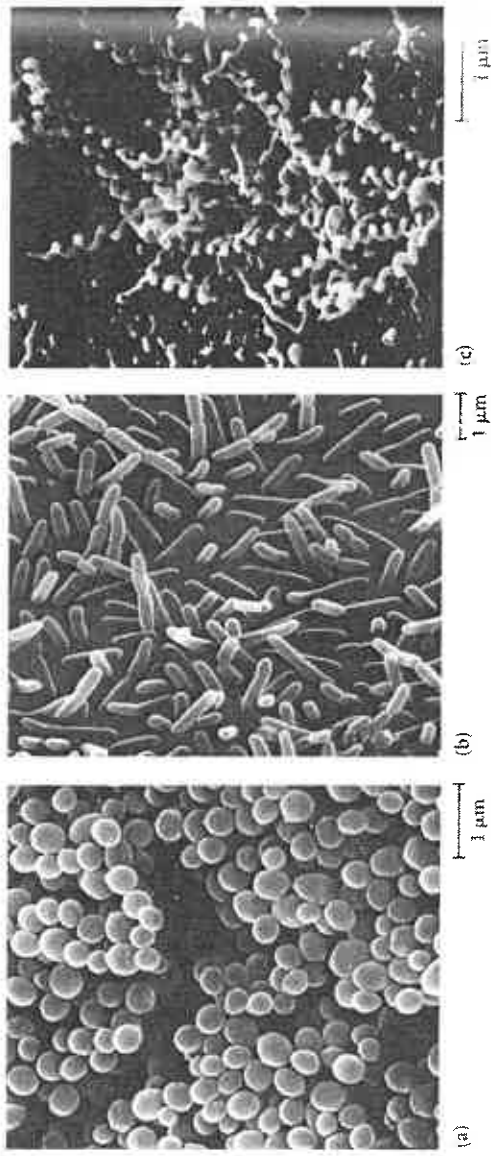


Fig 7: Schémas de la sporulation bactérienne

Fig 11 Les formes des bactéries



Diversité des formes dans le règne des Monères. (a) Les Cocci (au singulier, Coccus), ou Bactéries sphériques, vivent seuls ou en couples (Diplocoques), en chaînes de

plusieurs cellules (Streptocoques) ou en amas semblables à des grappes de raisin (Staphylocoques). (b) Les Bacilles en forme de bâtonnet vivent le plus souvent en soli-

naires, mais on rencontre également de nombreuses organisées en chaînes. (c) Les Spirilles sont des Bactéries en forme de spirales pelant un tire-bouchon. (a, b et c : MEF)

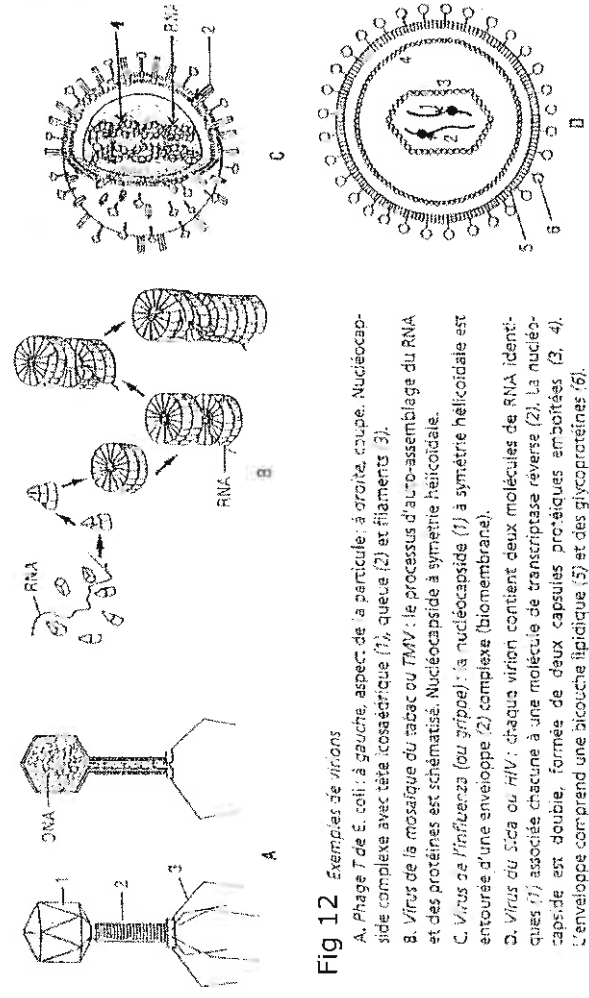
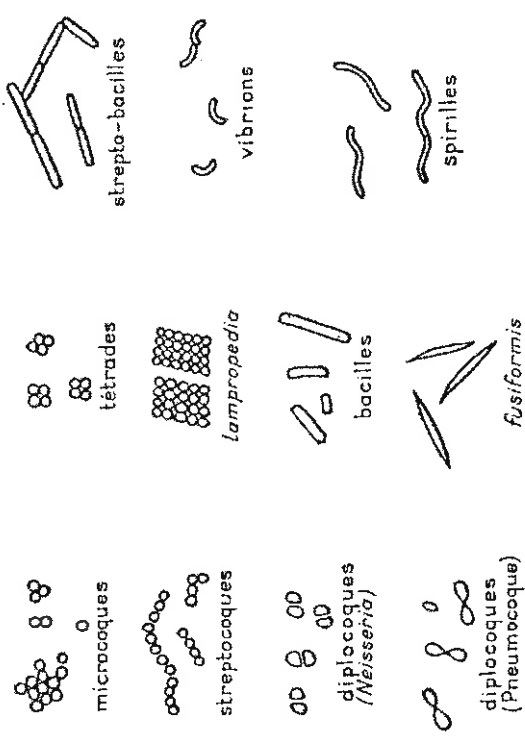


Fig 12 Exemples de virions

A. Phage T4 de *E. coli* : à gauche, aspect de la particule; à droite, coupe. Nucléocapside complexe avec tête icosaédrique (1), queue (2) et filaments (3).
 B. Virus de la mosaïque du tabac ou TMV : le processus d'auto-assemblage du RNA et des protéines est schématisé. Nucléocapside à symétrie hélicoïdale.
 C. Virus de l'influenza (ou grippe) : la nucléocapside (1) à symétrie hélicoïdale est entourée d'une enveloppe (2) complexe (biomembrane).
 D. Virus du SIDA ou HIV : chaque virion contient deux molécules de RNA identiques (1) associées chacune à une molécule de transcriptase réverse (2). La nucléocapside est double, formée de deux capsules protéiques emboîtées (3, 4). L'enveloppe comprend une bicouche lipidique (5) et des glycoprotéines (6).

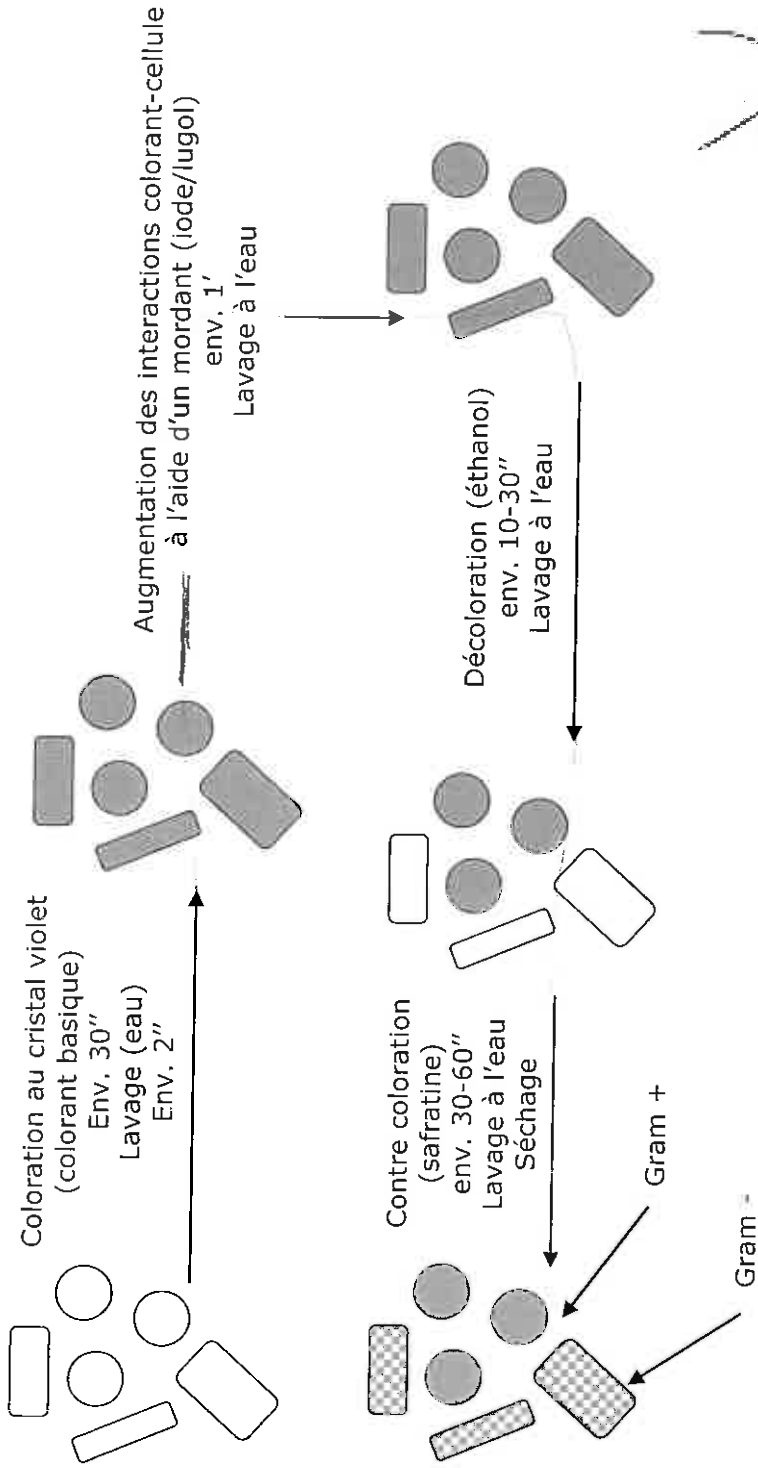


Fig 8: Coloration de Gram: Développée par le médecin danois Christian Gram en 1884

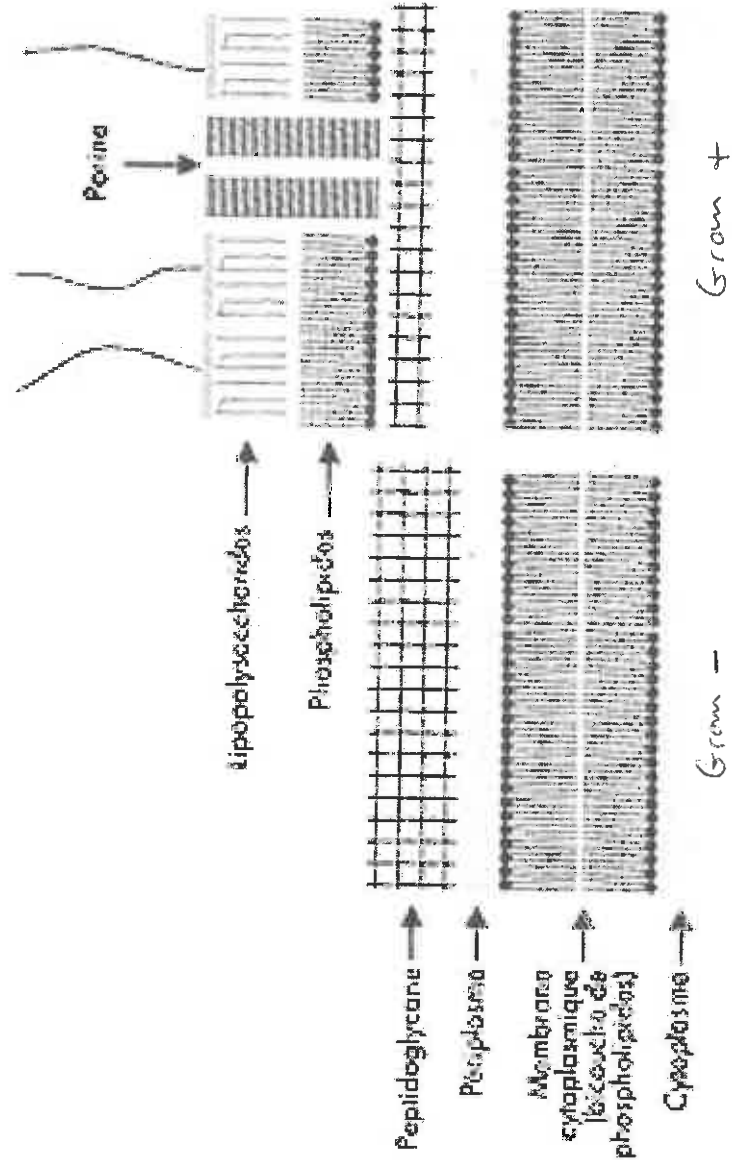
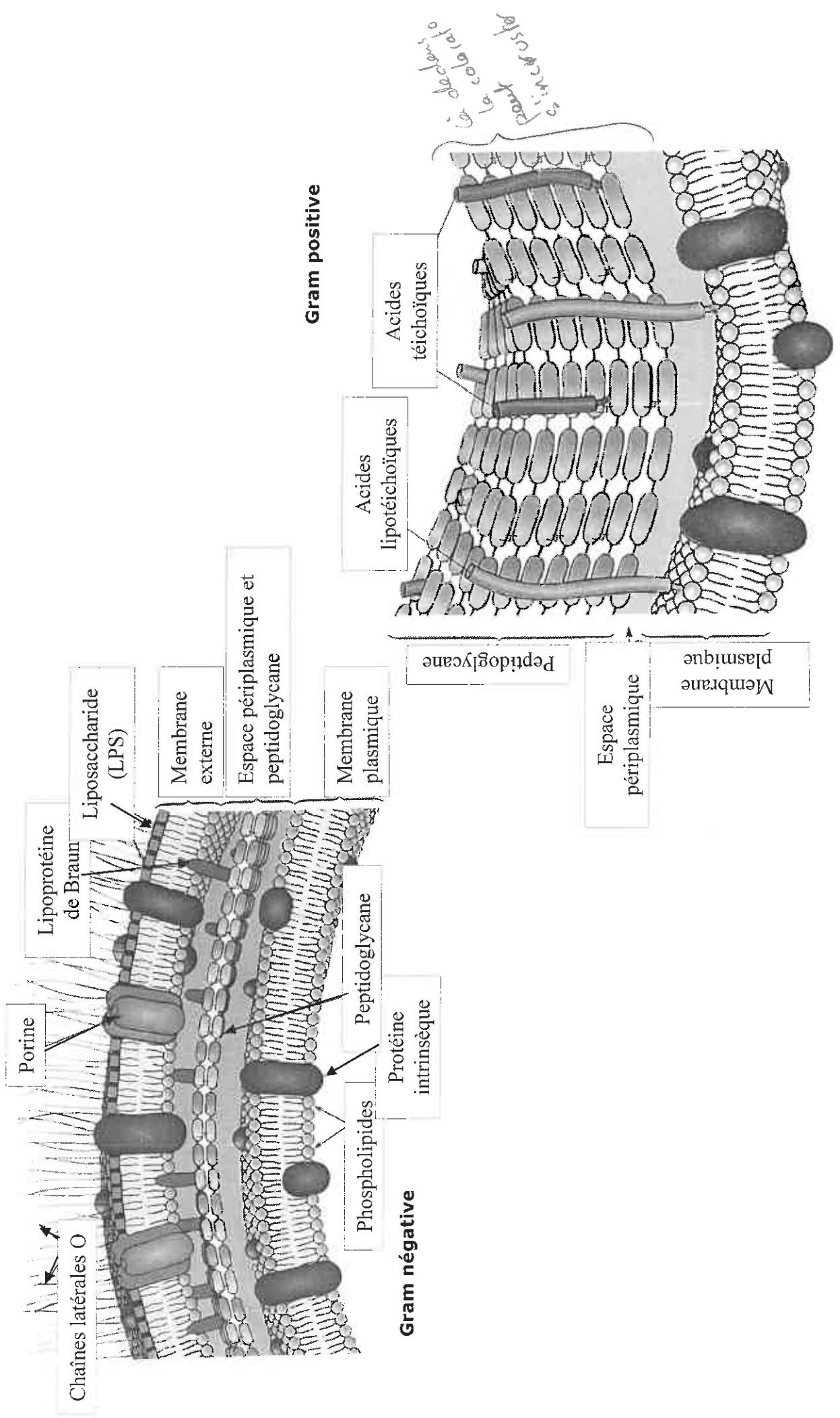


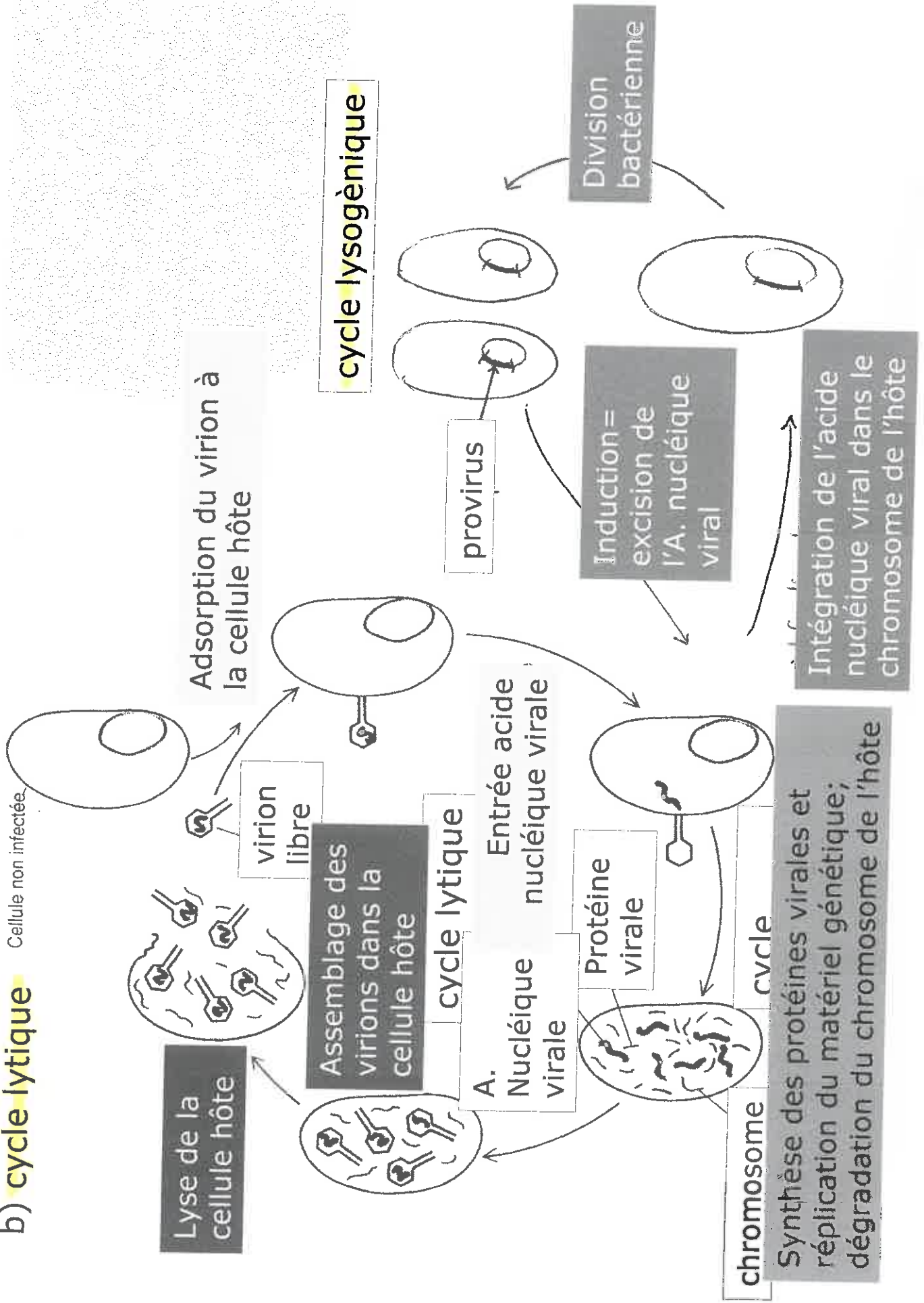
Fig 9: Organisation de la paroi

Fig 10 La paroi des bactéries Gram positives et Gram négatives



b) cycle lytique

Cellule non infectée



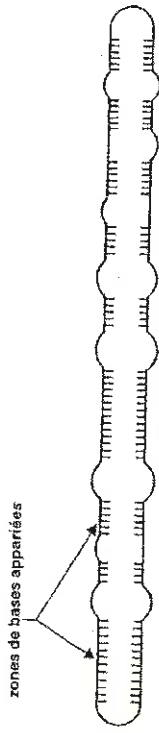
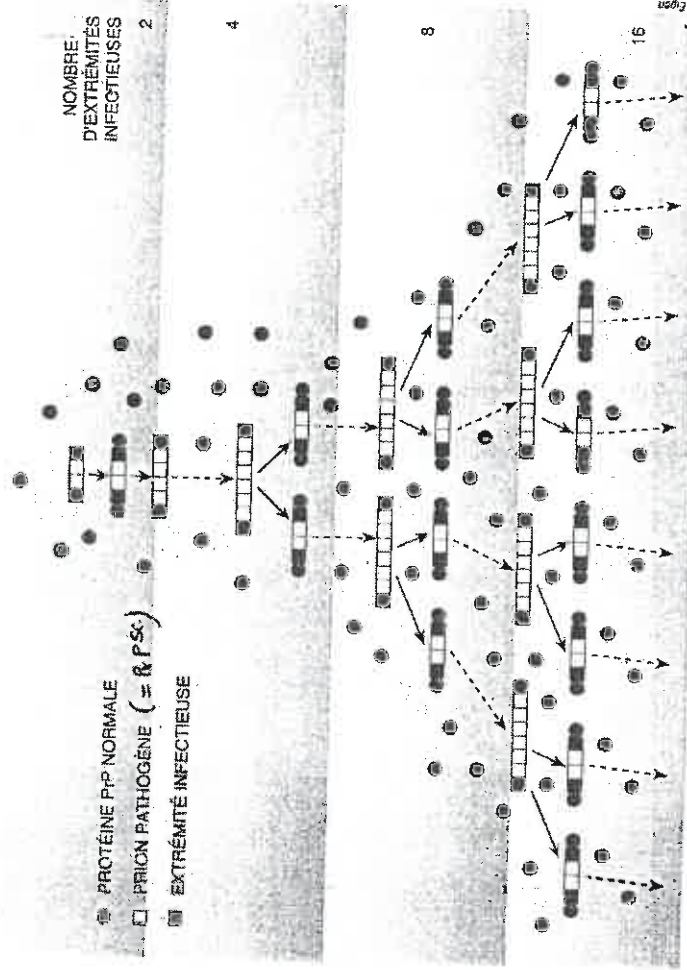


Fig 16: Structure d'un viroïde: un ARN circulaire avec de nombreux auto-appariements



LES PRIONS pathogènes se multiplient en deux grandes étapes : une phase de croissance et une phase de division. Quand des protéines PrP normales se fixent aux extrémités d'un prion pathogène, elles adoptent la conformation anormale des prions infectieux. Progressivement, par addition de molécules saines à la chaîne infectieuse, cette dernière s'allonge. Au cours de la seconde phase, les chaînes en croissance se scindent en deux (de sorte que leur longueur moyenne reste constante au cours du temps). Alors que l'allongement des chaînes n'augmente pas le nombre de prions infectieux, leur rupture aboutit à une multiplication exponentielle. En réalité, le mécanisme de multiplication est moins régulier que sur le schéma.

Fig 18: Modèle possible de formation de PrP^{Sc} et de multiplication des fibrilles de PrP^{Sc}

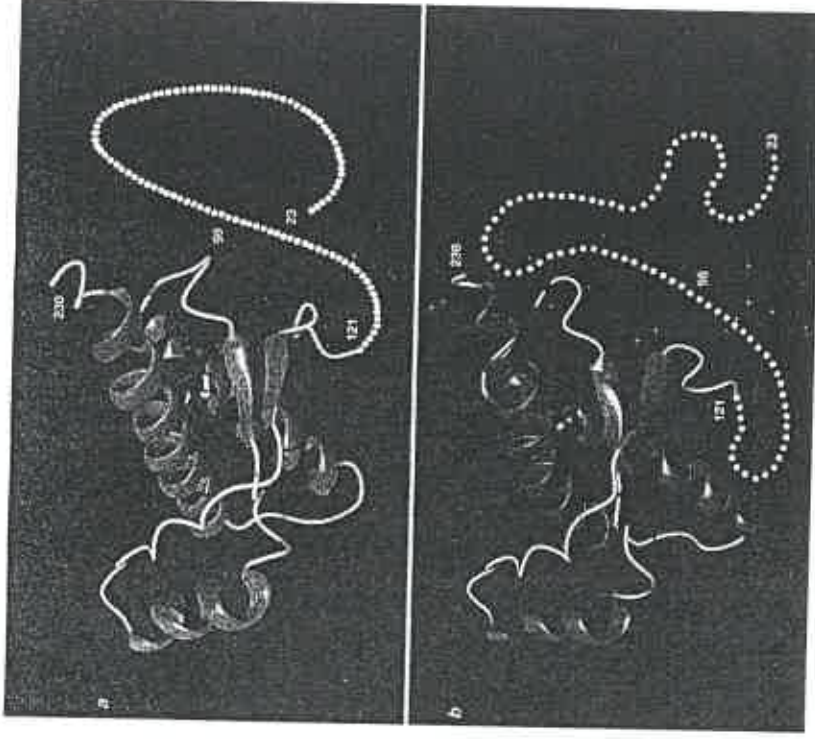
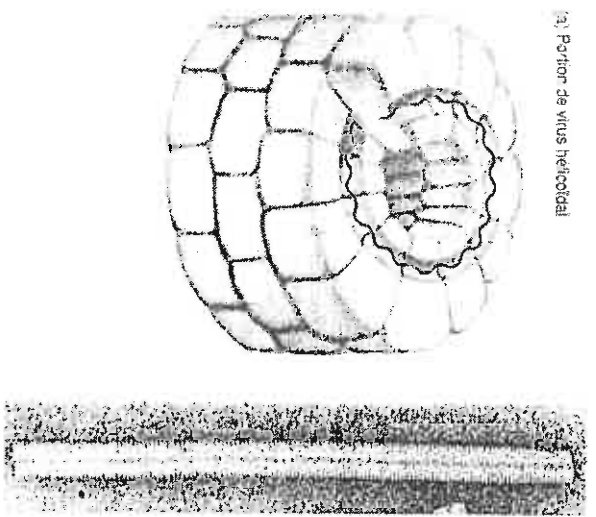
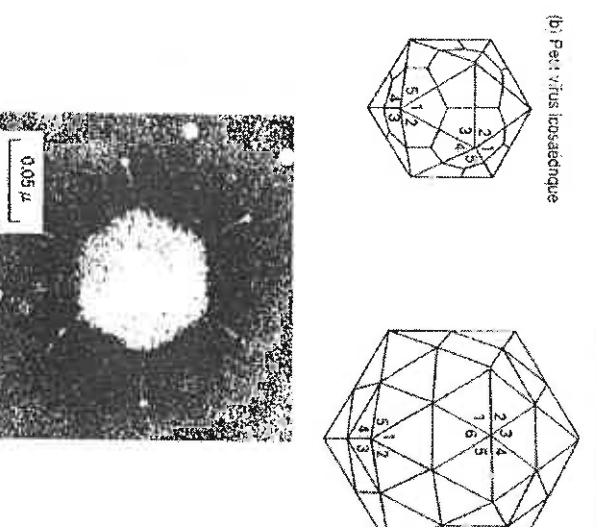


Fig 17: Structure 3D de la protéine PrP^c (a) et humaine (b). Les acides aminés 23 à 121 sont dépourvus de structure 3D fixe et forment une queue mobile. Lors de la transformation de PrP^c en PrP^{Sc}, la structure 3D de la région centrale est modifiée.



(a) Portion de virus hélicoïdal



(b) Petit virus icosaédrique

(c) Grand virus icosaédrique

Fig 13 Deux architectures principales des virions. (a) Les éléments protéiques peuvent s'organiser en hélice autour d'ARN ou d'ADN ; la chaîne de l'acide nucléique (en rouge) est enroulée dans le sillon hélicoïdal à l'intérieur du tunnel protéique. Le dessin et la micrographie électronique illustrent l'arrangement en hélice des éléments protéiques autour de l'ARN dans le virus de la mosaïque du tabac (TMV). (b) et (c) Les virus quasi-sphériques sont en fait des polyèdres de symétrie icosaédrique (20 côtés). Dans les plus petits et plus rudimentaires, les sommets montrent une symétrie pentagonale (b). Dans les capsides dont la taille a dû s'adapter à des génomes plus importants, les contacts, non adjacents aux sommets, entre éléments sont quasi-équivalents ; les contacts convergent au sommet, restent de symétrie pentagonale, mais ceux des surfaces entre les sommets adoptent une symétrie hexagonale (c). Les éléments n'ont pas la forme d'un prisme triangulaire aplati, mais l'assemblage global tend vers une surface grossièrement sphérique, à facettes triangulaires. La micrographie électronique montre un adénovirus icosaédrique nu (sans enveloppe) portant des appendices aux sommets. D'après S. E. Luria, J. E. Darnell, Jr., D. Baltimore & A. Campbell, 1978, *General Virology*, 3d ed., Wiley, pp. 39-40. Clichés (a) aimablement fournis par R. C. Valentine et (b) par J. Finch.

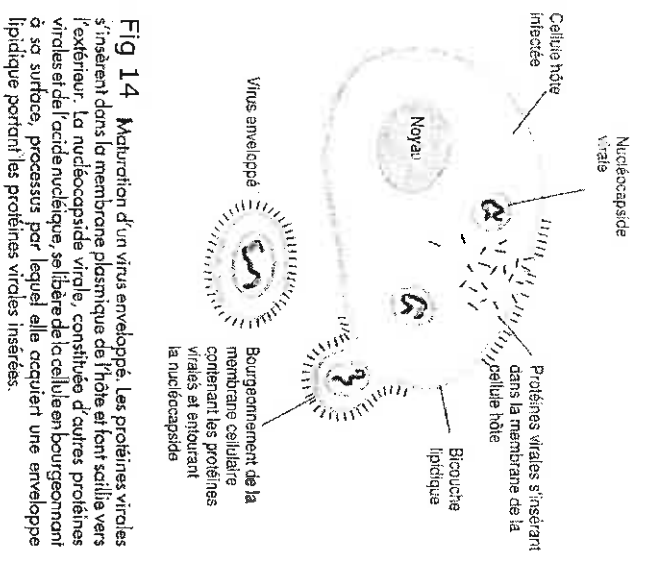


Fig 14 Maturation d'un virus enveloppé. Les protéines virales s'insèrent dans la membrane plasmique de l'hôte et font sceller vers l'extérieur. La nucléocapside virale, constituée d'autres protéines virales et de l'acide nucléique, se libère de la cellule en bourgeonnant à sa surface, processus par lequel elle acquiert une enveloppe lipidique portant les protéines virales insérées.

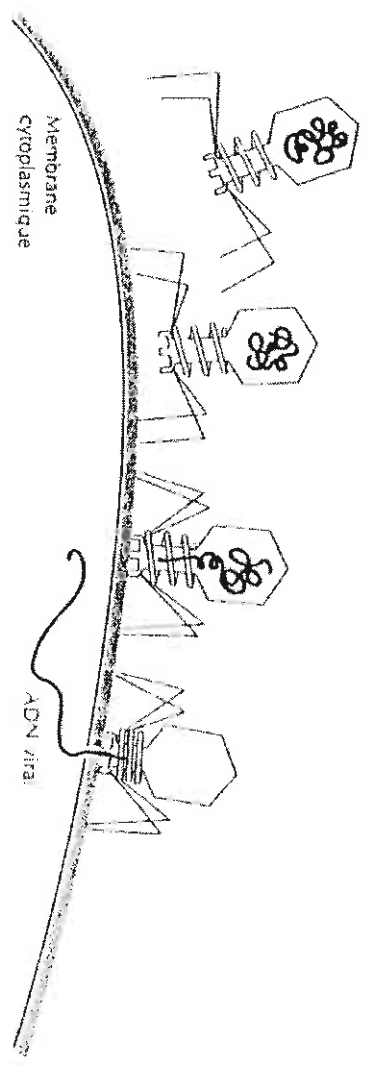
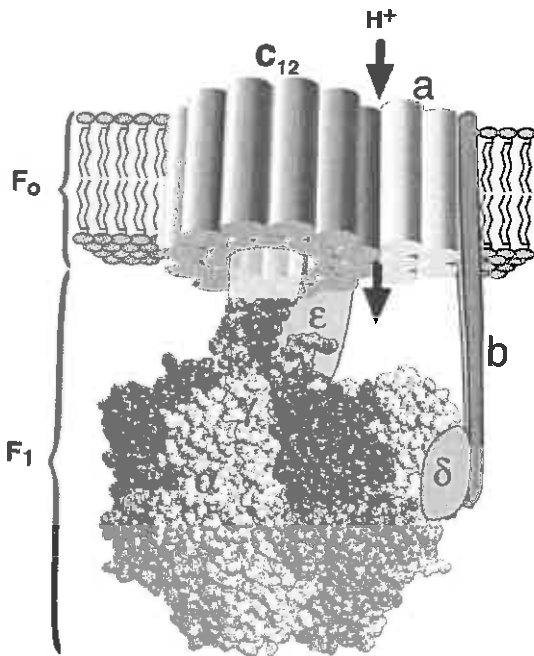


Fig 15 Injection de l'acide nucléique d'un virus bactériophage dans une bactérie. La capside des virus bactériophages ne pénètre pas dans la cellule bactérienne. Après s'être fixé par sa queue terminale sur des récepteurs spécifiques, le bactériophage perce la paroi et la membrane cytotoplasmique. Le canal central de la queue est introduit dans le cytoplasme de la bactérie, permettant le passage de l'ADN viral. Tiré de Darnell, J., Lodish, H. and D. Baltimore, *Molecular Cell Biology*, New York, Freeman, 1985.

Doc 2 : Complétez les légendes et informations manquantes sans oublier de préciser quelles sont les molécules qui interviennent pour chaque pompe ainsi que les concentrations intérieures et extérieures en H^+ et Na^+ .

2) Voici une représentation schématique d'une ATP synthétase de mitochondrie (7 points):



a, b et c → transmb, cotéad à 2 étig.

F₀ couche lipidique : protéines à tête de choline hydrophile et queue hydrophobe

F₁ protéine avec α, β, γ, δ, ε dans la matrice (1 seule étiquette)

F₁ est un ADP ou ATP ?

H. Wang and G. Oster (1998). Nature 396:279-282.

Décrivez la structure de cette enzyme puis suggérez où et comment les différents peptides ont pu être traduits pour être assemblés de la sorte. Vous préciserez les caractéristiques de l'adressage.

3) Structure et fonction des kinétochores (3 points) :

microtubules qui trachent les K à la 'anaphase

α β
protéines glob.
en dimère

assoc. de dimères
forment une
microtubule
25 nm Ø
(lumière 15 nm)

~~titubule~~

s'attache à MTOC
(centre d'organ. des mt)

extrémité + et -
dimères estament renouvelés

PLAN / mots-clés / formules

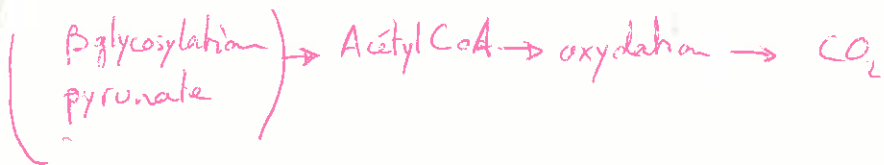
mitoc

Structure

- ev/p mitoc
- mb ext → ≈ 60 pro pour 4 lip \approx mb plasmique
qlq porines
 - es. inter mb → \approx cytosol
 - mb int → ≈ 80 pro pour 2 lip \approx mb bactérienne
- *

Rôle

- * Fin des voies du catabolisme / Réactions



- * Chaîne respiratoire



avec CytC et CoQ des coenzymes

- * Phosphorylation oxydative

Le gradient de H^+ : les H^+ retournent dans la matrice en passant par l'ATP synthétase → production d'ATP

- * matrice → espace dedans

ADN mitoc propre, dble brin circulaire au
ribosomes
protéines

Biogenèse

code ~~mitoc~~ protéines, elle doit importer du cytoplasme les autres
→ traduction dans le cytoplasme (cotraductionnel) de protéines
renvoyées grâce à une étiquette d'adressage (deux étiqu.
si la prot. est destinée à l'evlp. mitoc)

→ organelle transmis par la mère de l'individu car les mitoc du spermatozoïde n'ont pas évolué

