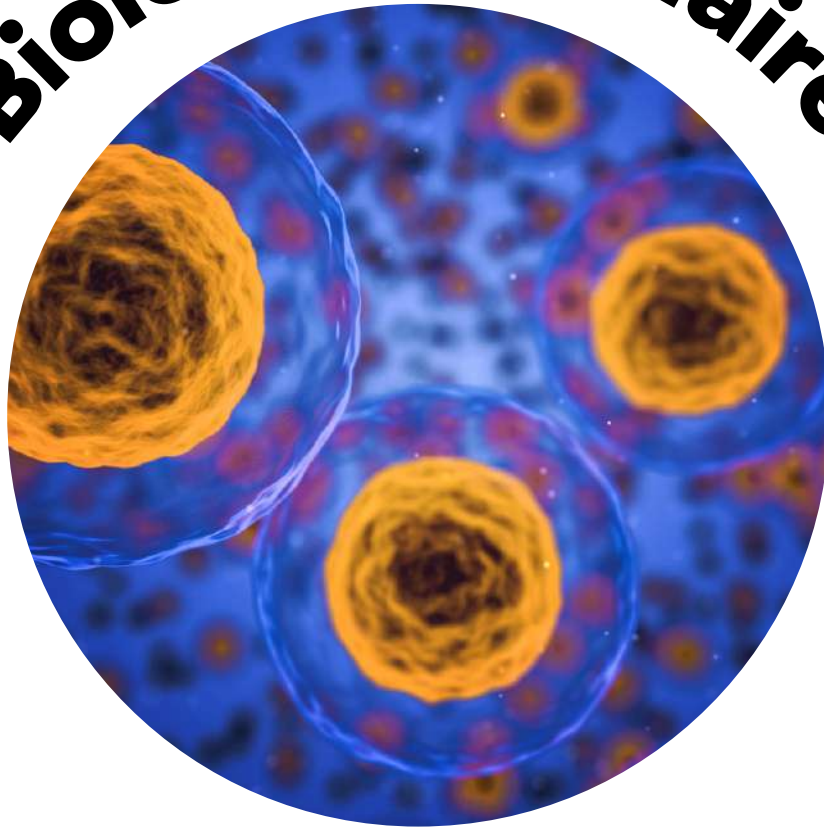


Biologie Cellulaire



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Évolution et Biodiversité du Monde Microbien

Licence SDV-S1

UE Apparition de la vie, biodiversité et évolution

Pascal SIRAND-PUGNET

sirand@bordeaux.inra.fr

Evolution et Biodiversité du Monde Microbien

I. Le monde microbien

- I.1 Définitions et notions de base
- I.2 Découverte des micro-organismes
- I.3 Caractéristiques générales des cellules procaryotes et eucaryotes

II. Biodiversité

- II.1 Recenser les micro-organismes: caractériser et dénombrer
- II.2 Méthodes d'étude de la biodiversité
- II.3 Les grands groupes de micro-organismes
- II.4 Notion d'écosystème
- II.5 Les milieux naturels

III. Interactions

- III.1 Les différents types d'interactions
- III.2 Les micro-organismes entre eux
- III.3 Les micro-organismes et les Eucaryotes supérieurs

IV. Les micro-organismes et l'homme

- IV.1 Micro-organismes pathogènes
- IV.2 Utilisations des micro-organismes

Quelques lectures...

➤ Livres:

- « Microbiologie » Prescott, Harley, Klein. De Boeck
- « Classification phylogénétique du vivant » Lecointre & Le Guyader. Belin
- « Dictionnaire de Biologie », Berthet. De Boeck

➤ Revues:

- Pour la Science, La Recherche, Biofutur, Science & Vie

➤ Sites internet:

- Tree of life: <http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>
- Bacteria museum: <http://www.bacteriamuseum.org/>
- Wikipedia: <http://fr.wikipedia.org/wiki/>
- Ce cours: http://www.ufrsdv.u-bordeaux2.fr/formation/initiale/accueil_formation_initiale.htm

- Chapitre I -

Le Monde Microbien

le vivant...

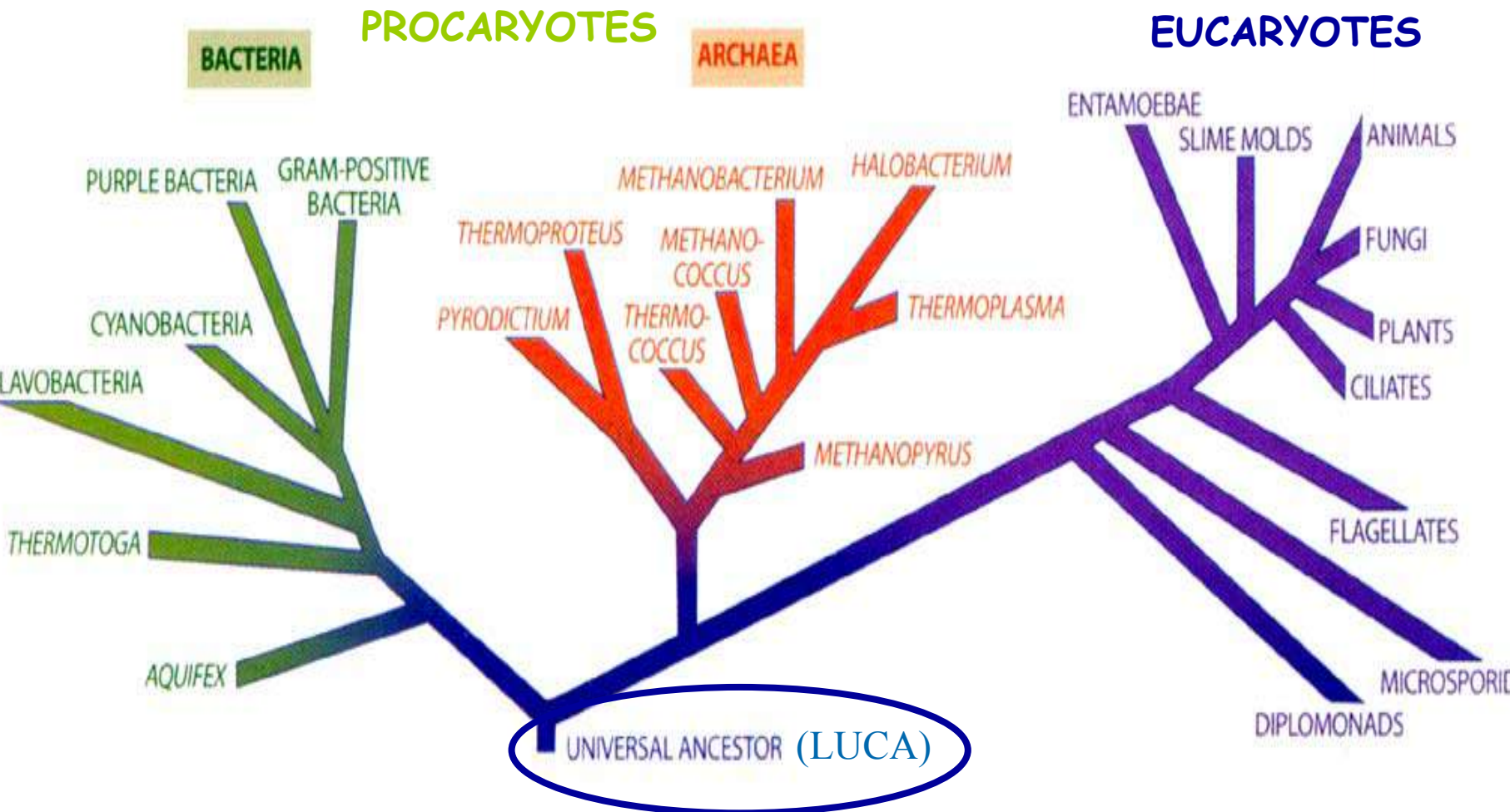
➤ Structure cellulaire:

- Les plus petits organismes sont composés d'une cellule

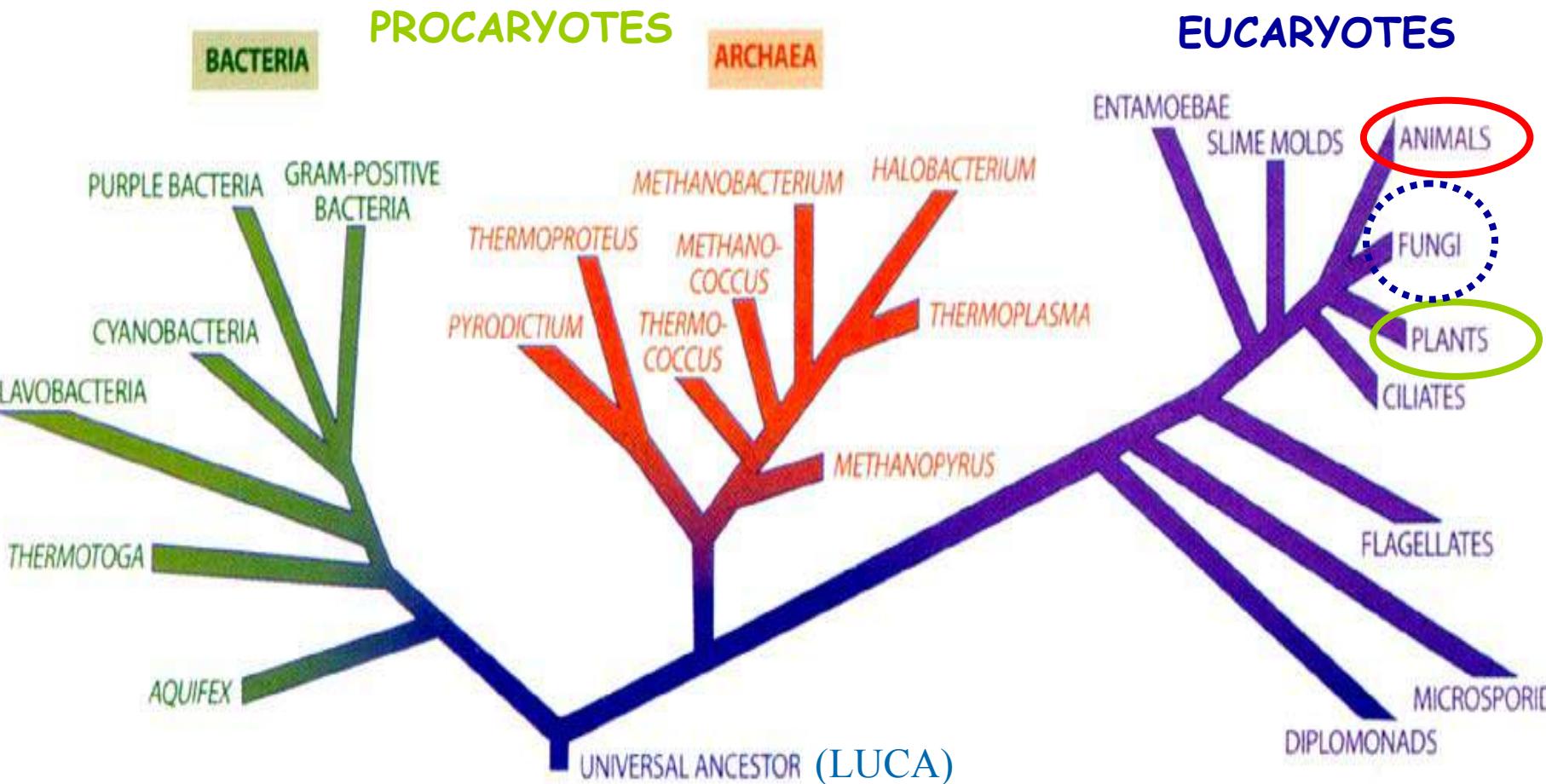
➤ Deux propriétés universelles:

- Recopier l'information génétique (ADN)
- Exprimer l'information génétique (protéines, ARN)

Tree of life...

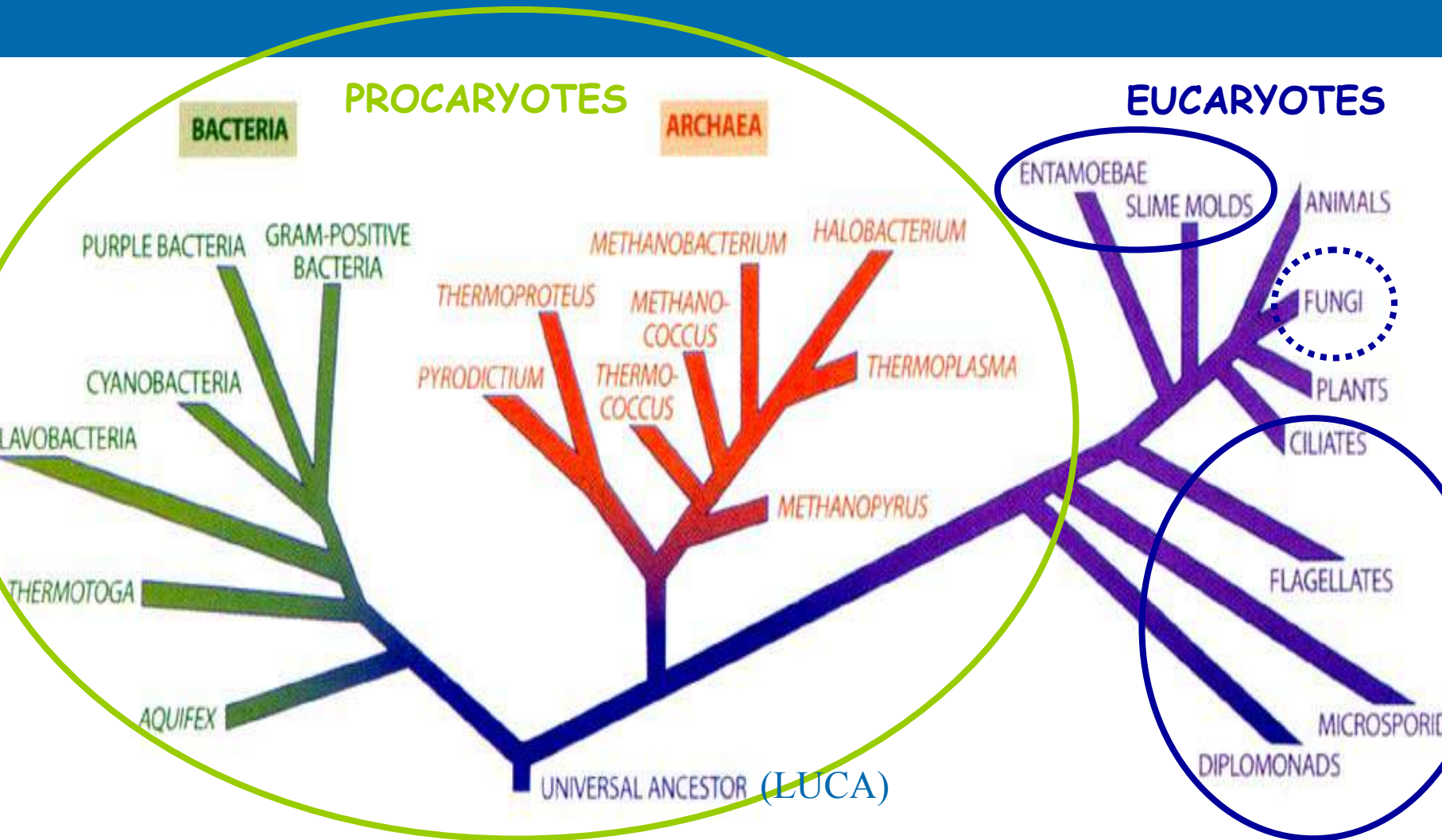


Tree of life...



macro-organismes

Tree of life...



et micro-organismes

Quelques définitions...

- Microbiologie=étude des micro-organismes
- Micro-organismes=organismes invisibles à l'œil nu
 - Diamètre inférieur à 1 mm
 - Observables en microscopie

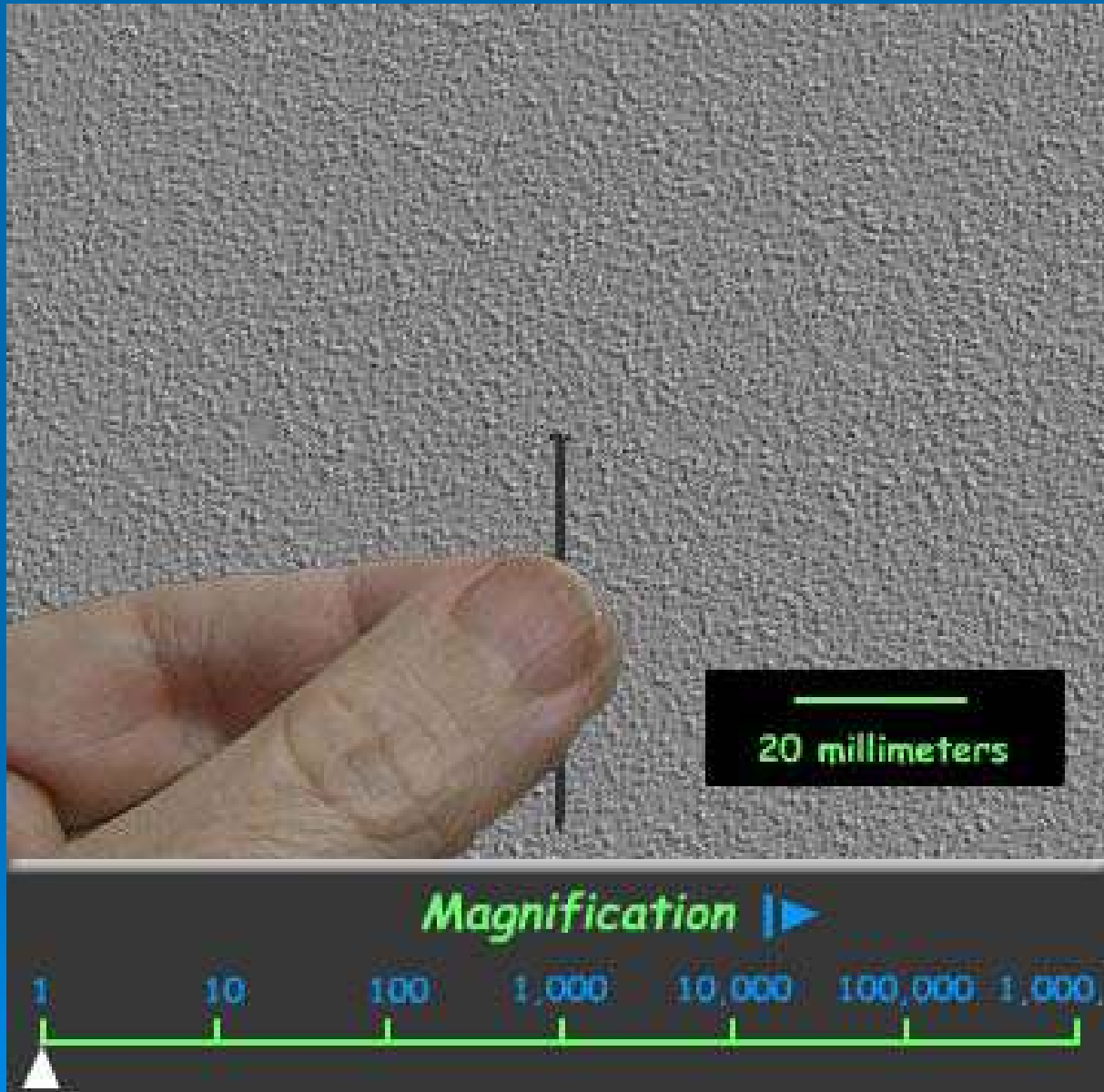


photonique

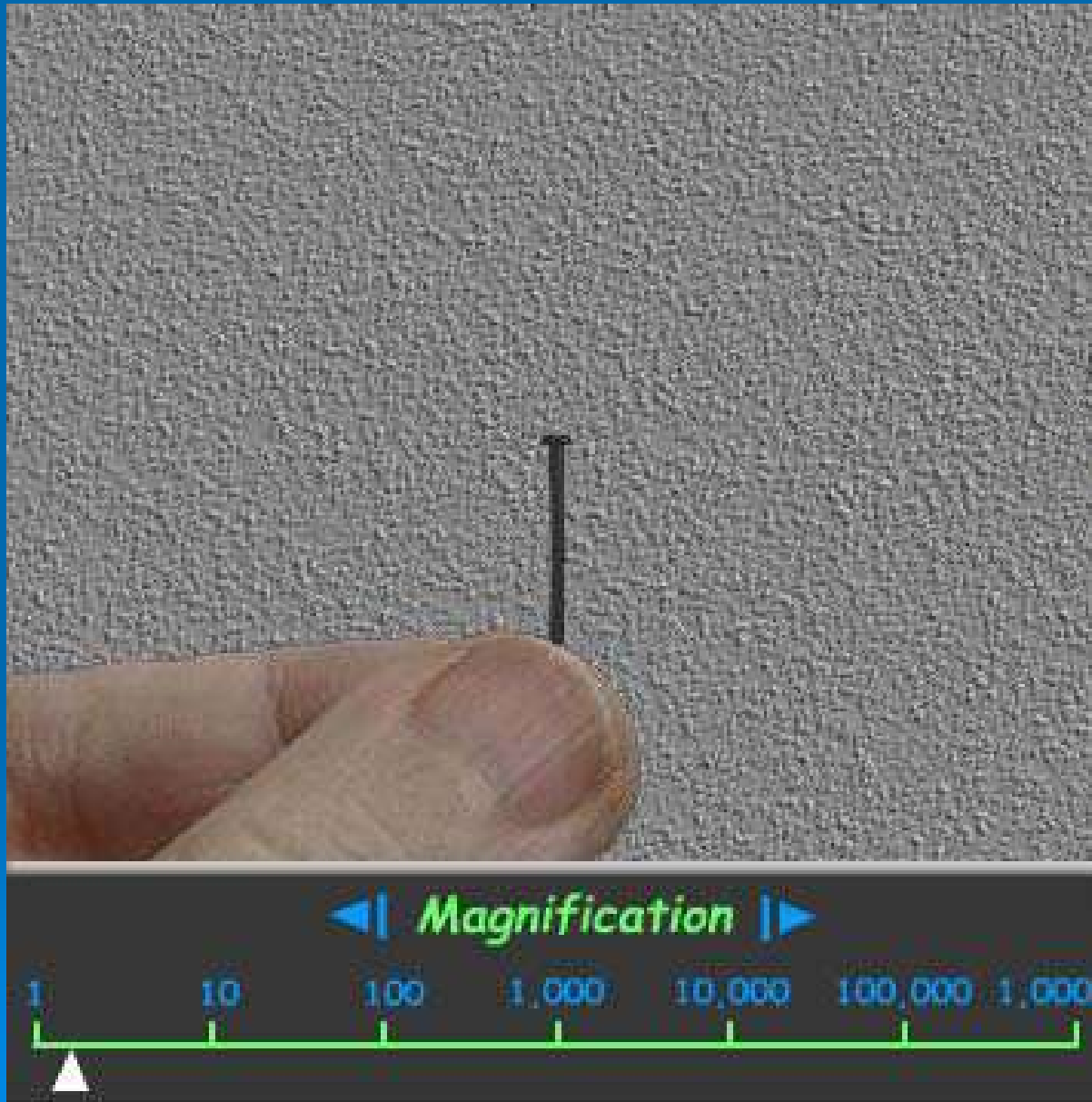


électronique

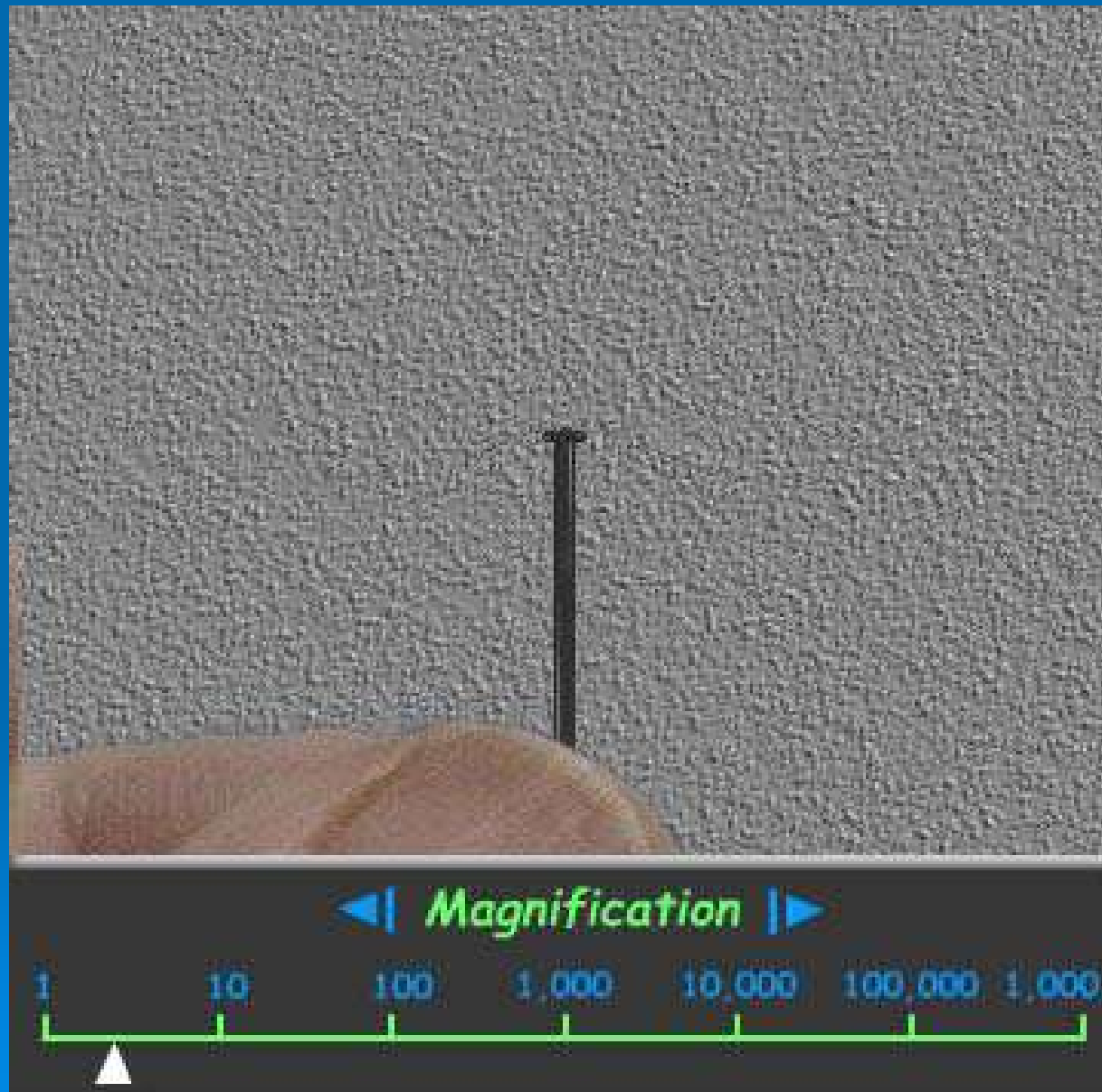
Notions d'échelle...



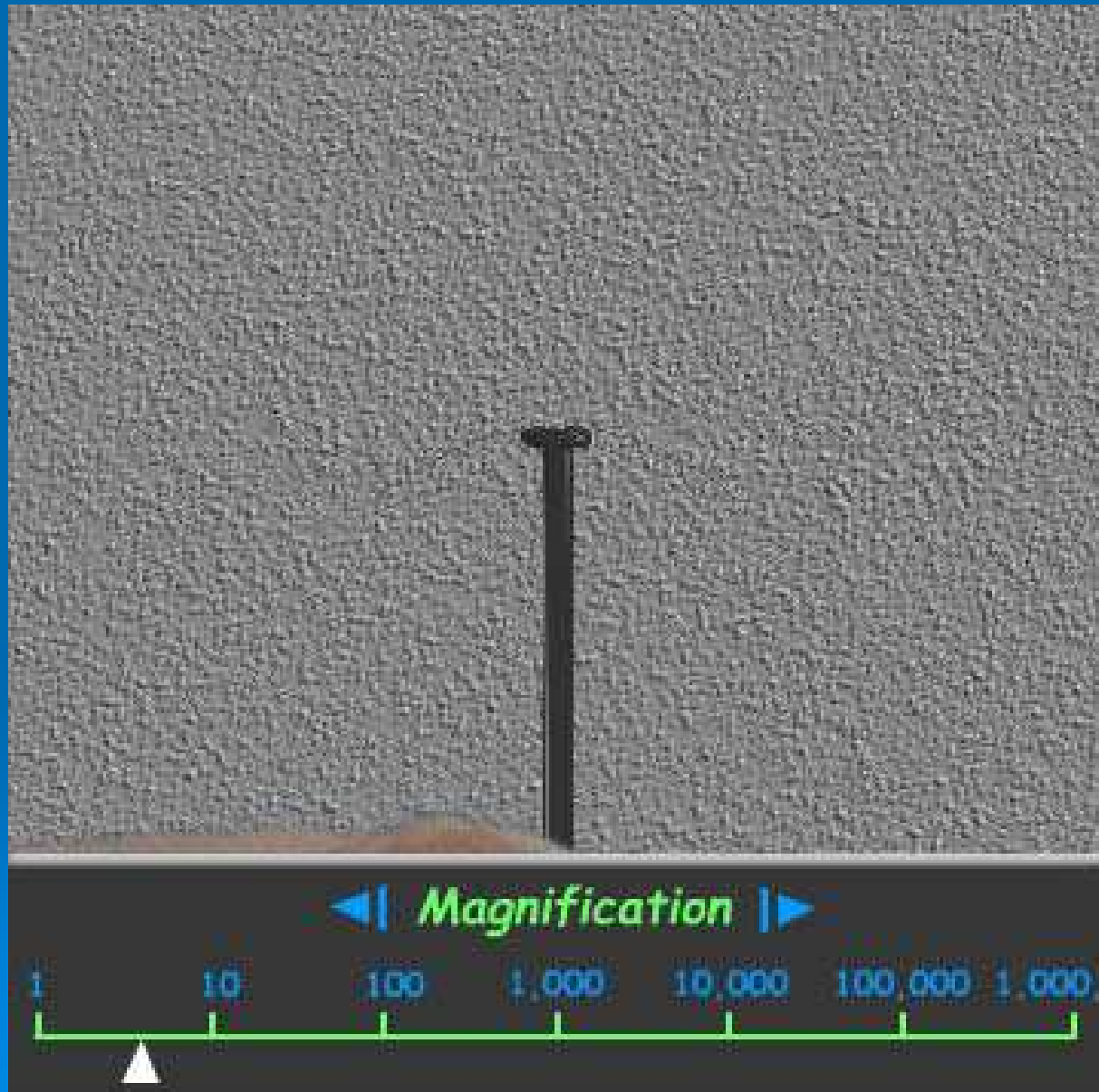
Notions d'échelle...



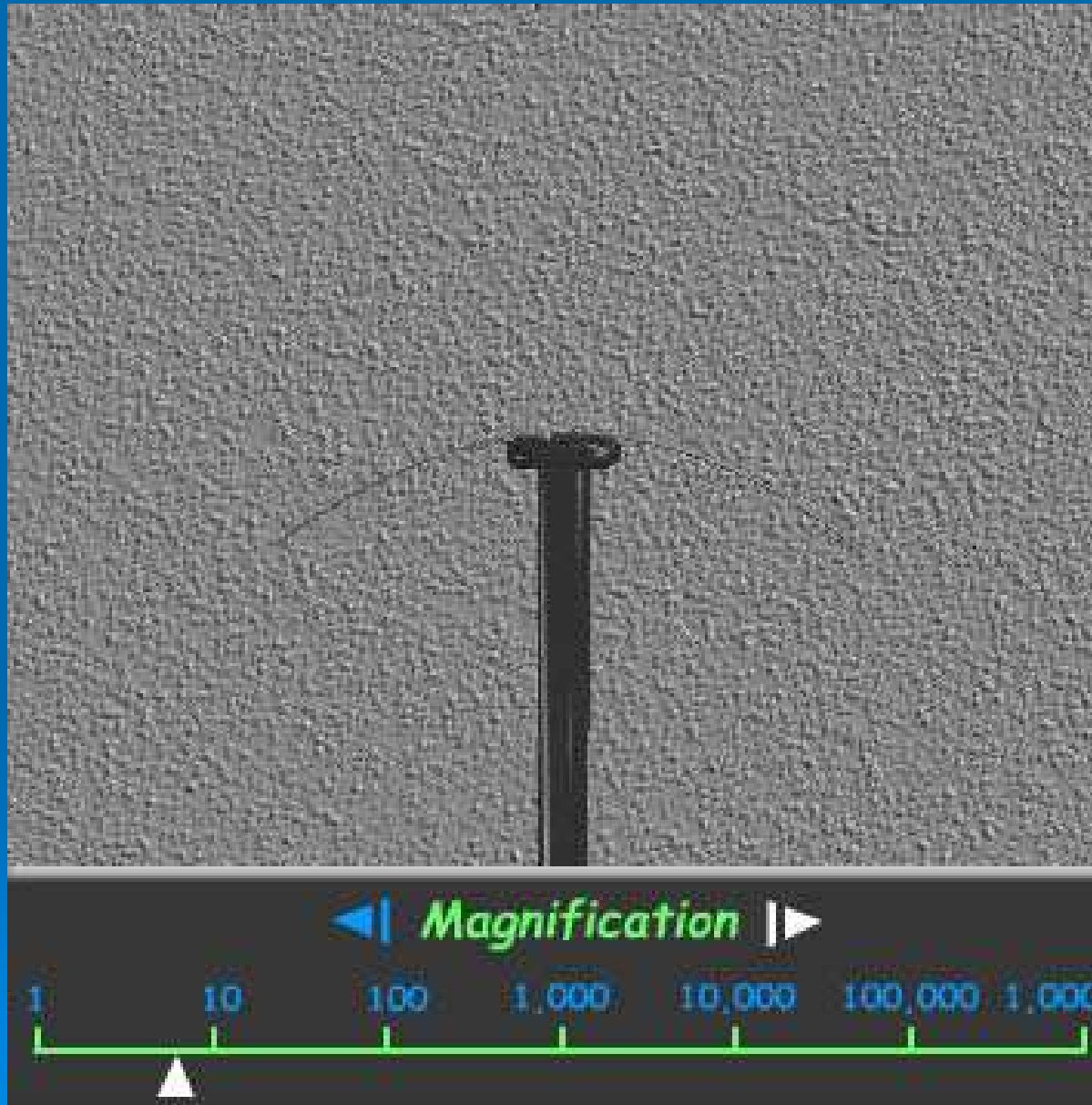
Notions d'échelle...



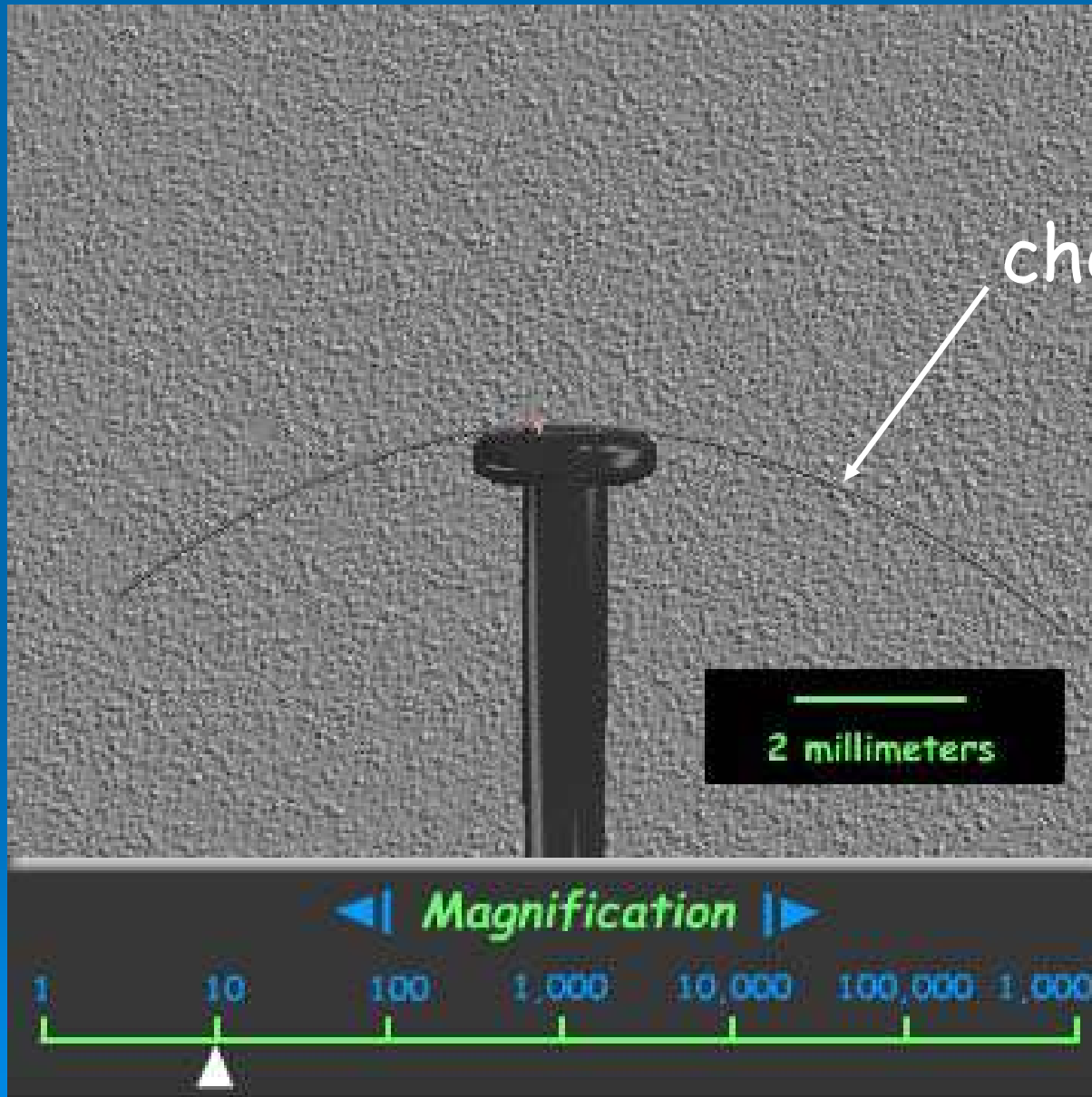
Notions d'échelle...



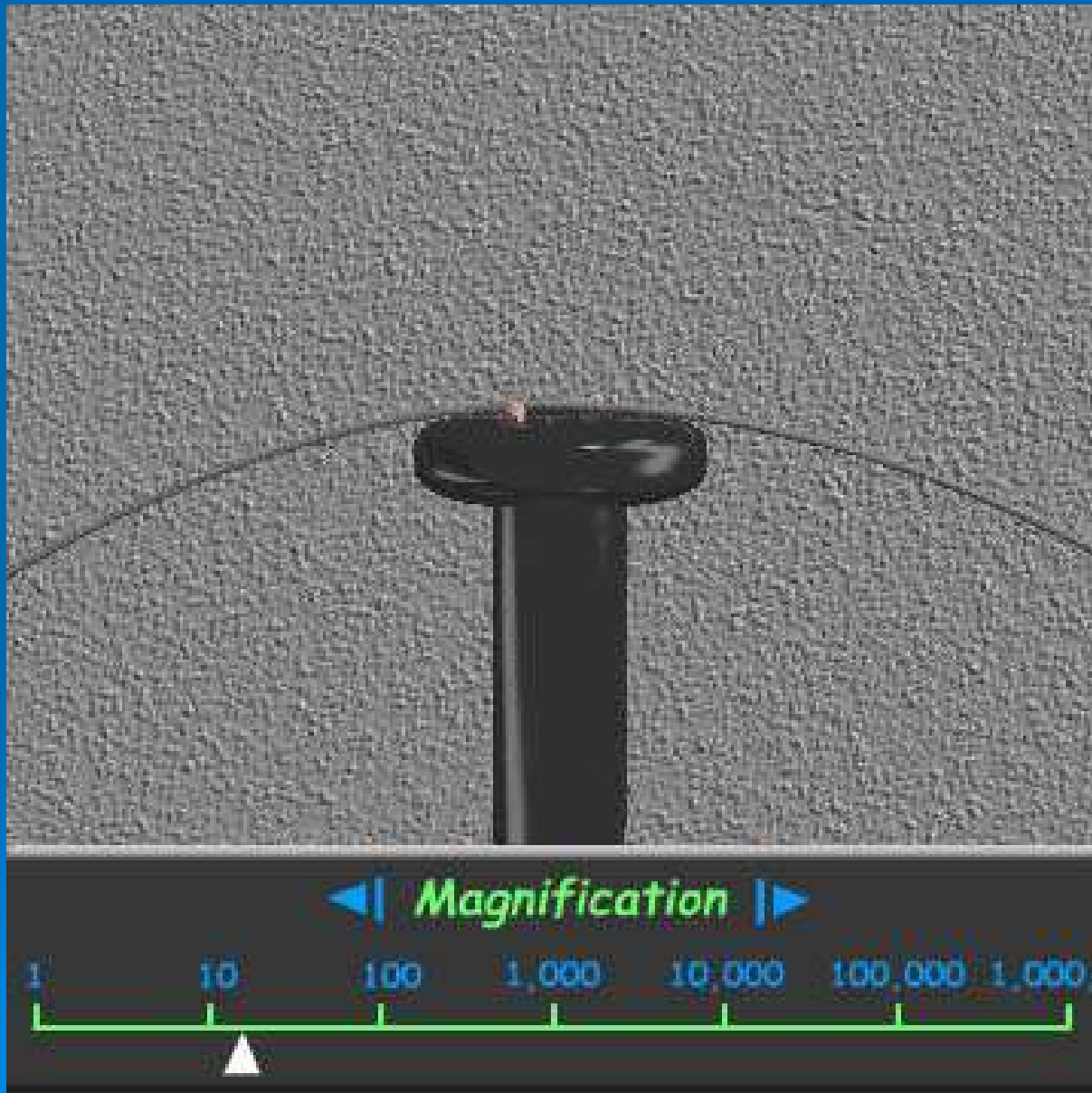
Notions d'échelle...



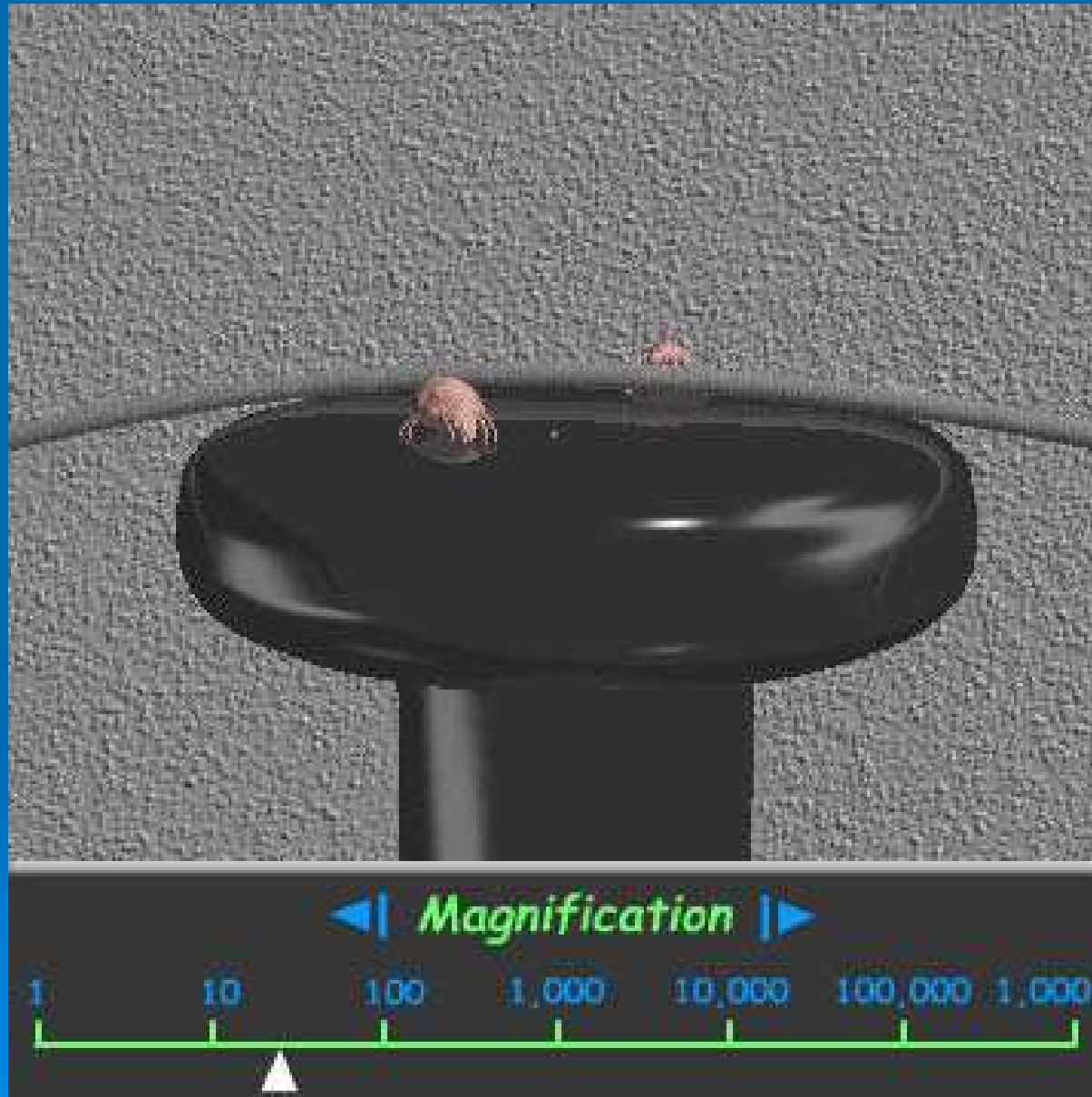
Notions d'échelle...



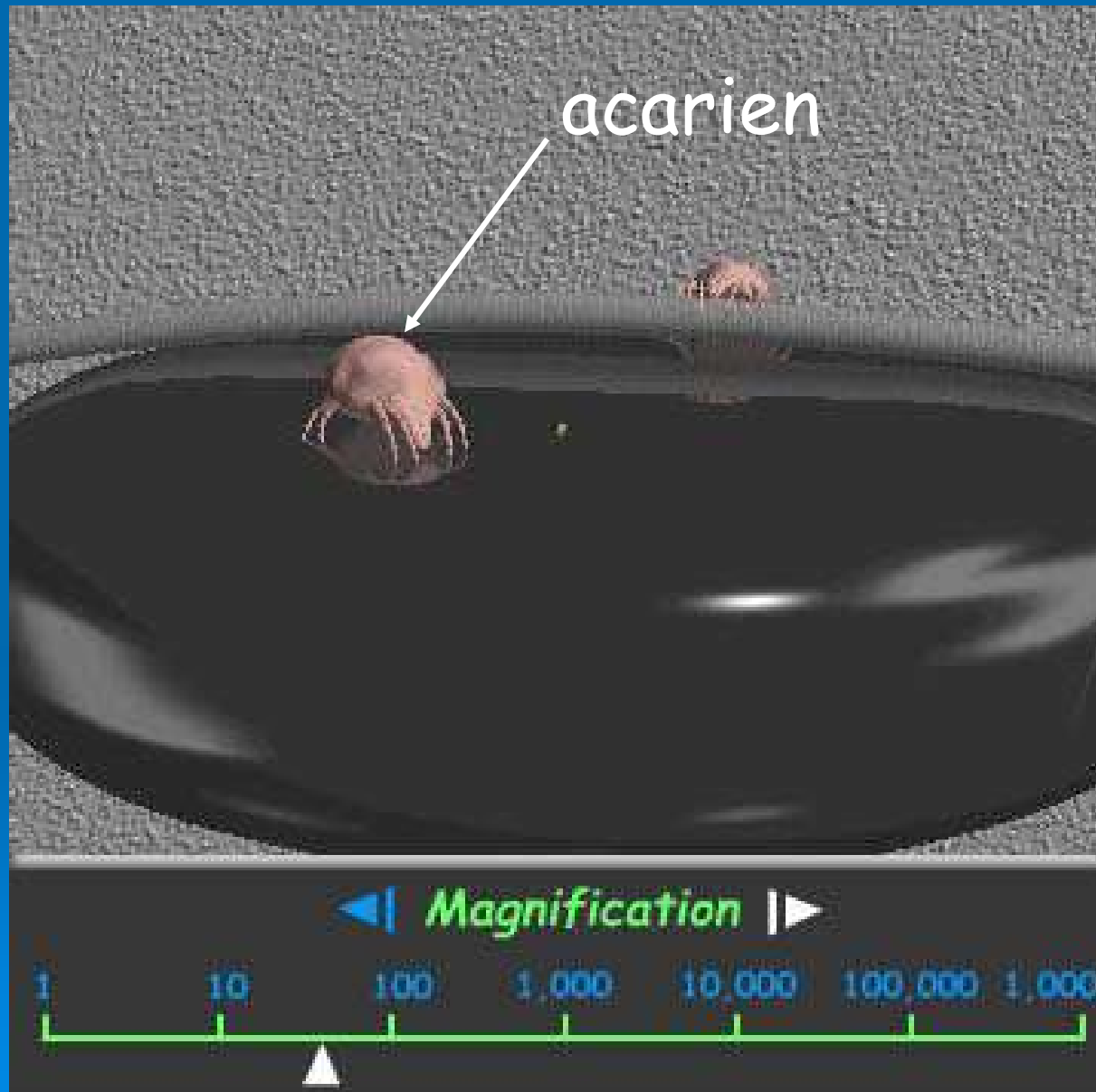
Notions d'échelle...



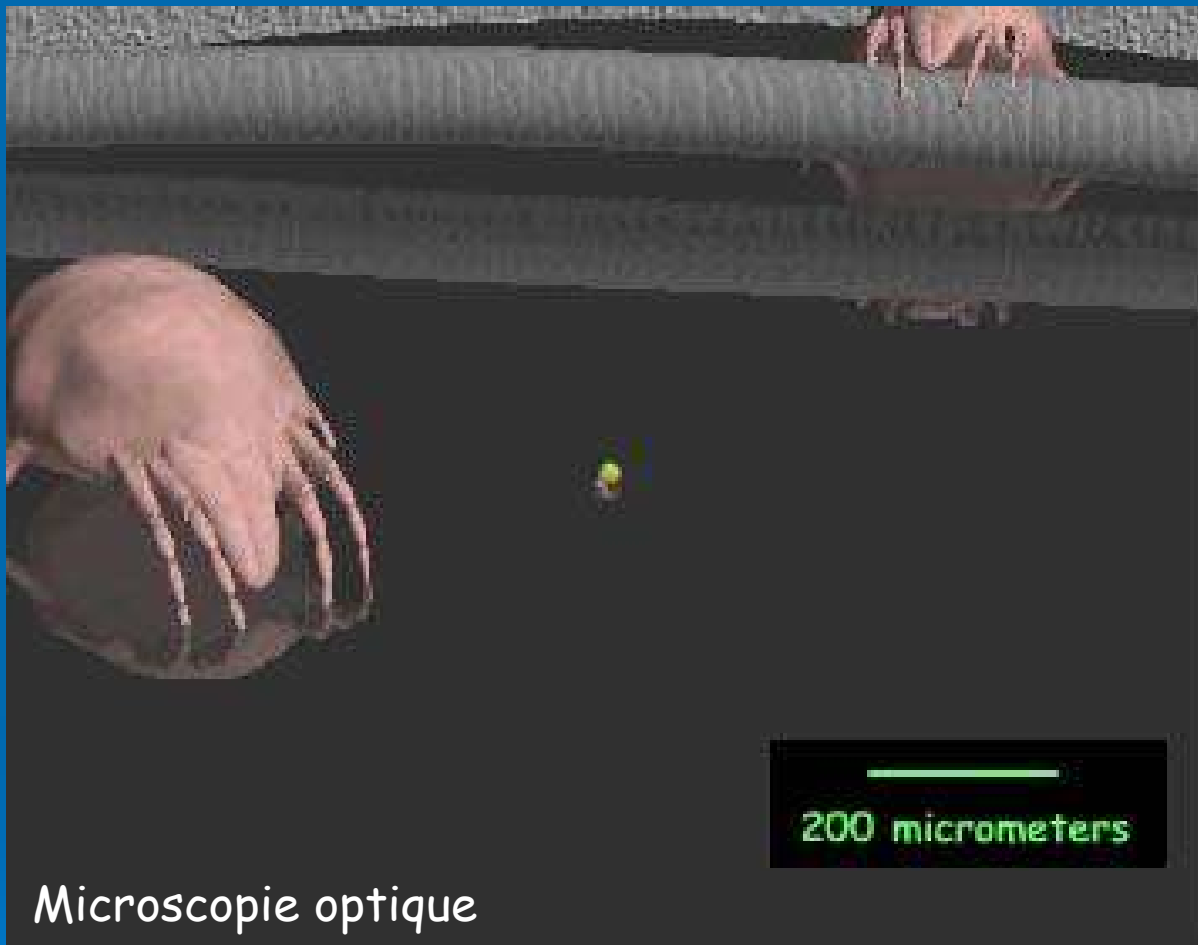
Notions d'échelle...



Notions d'échelle...



Notions d'échelle...



Notions d'échelle...



Microscopie optique

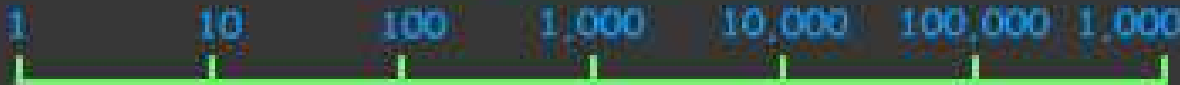


Notions d'échelle...



Microscopie optique

◀ | *Magnification* | ▶



Notions d'échelle...



Microscopie optique

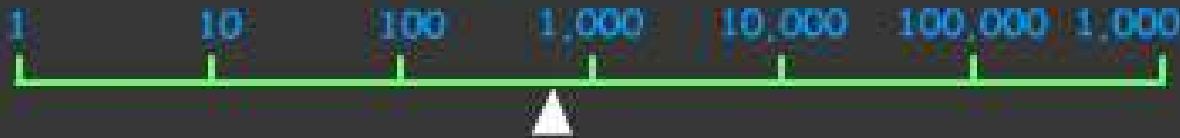


Notions d'échelle...

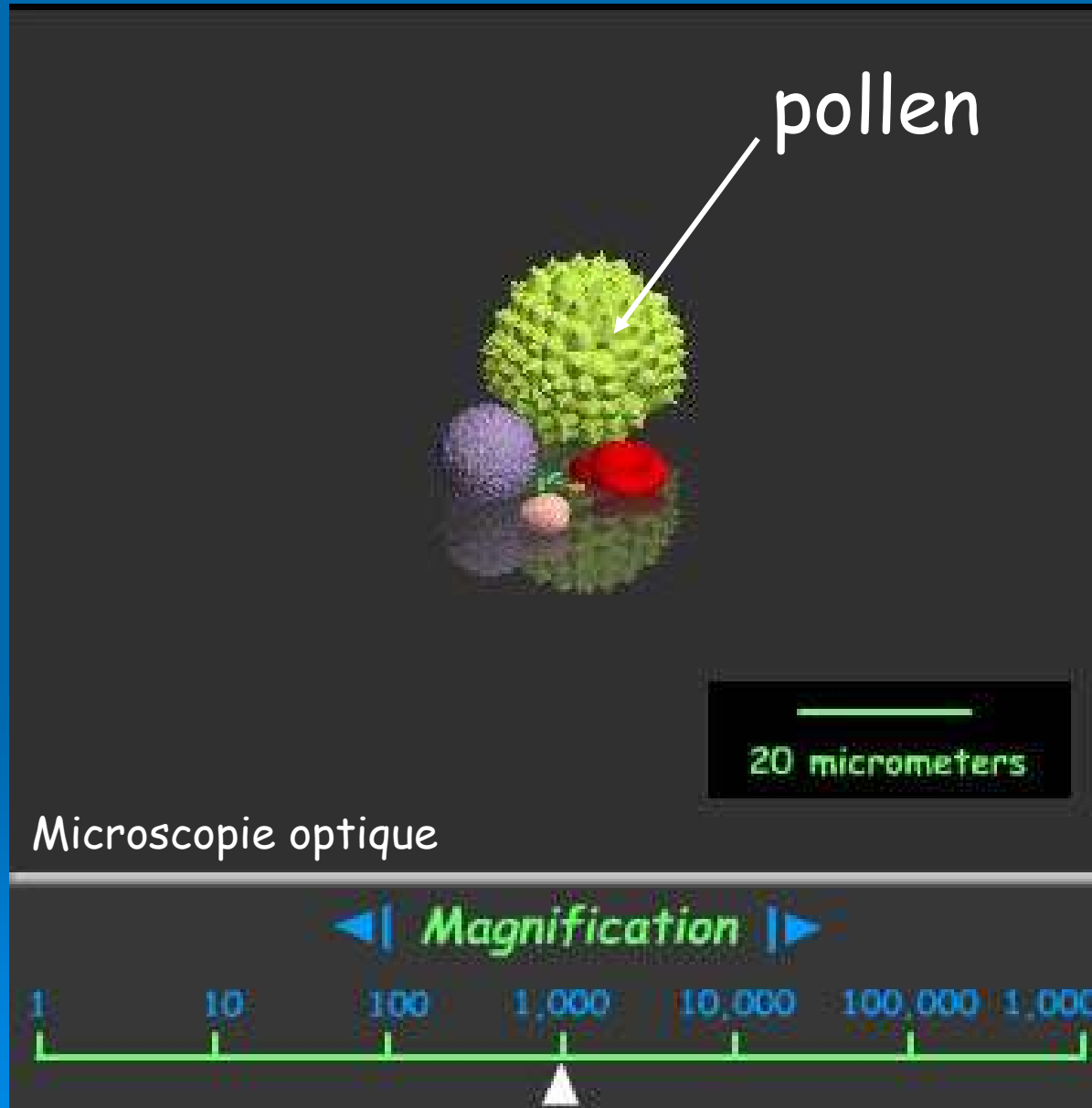


Microscopie optique

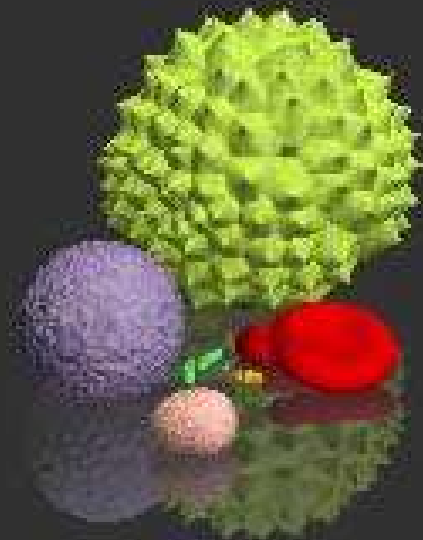
◀ | *Magnification* | ▶



Notions d'échelle...



Notions d'échelle...

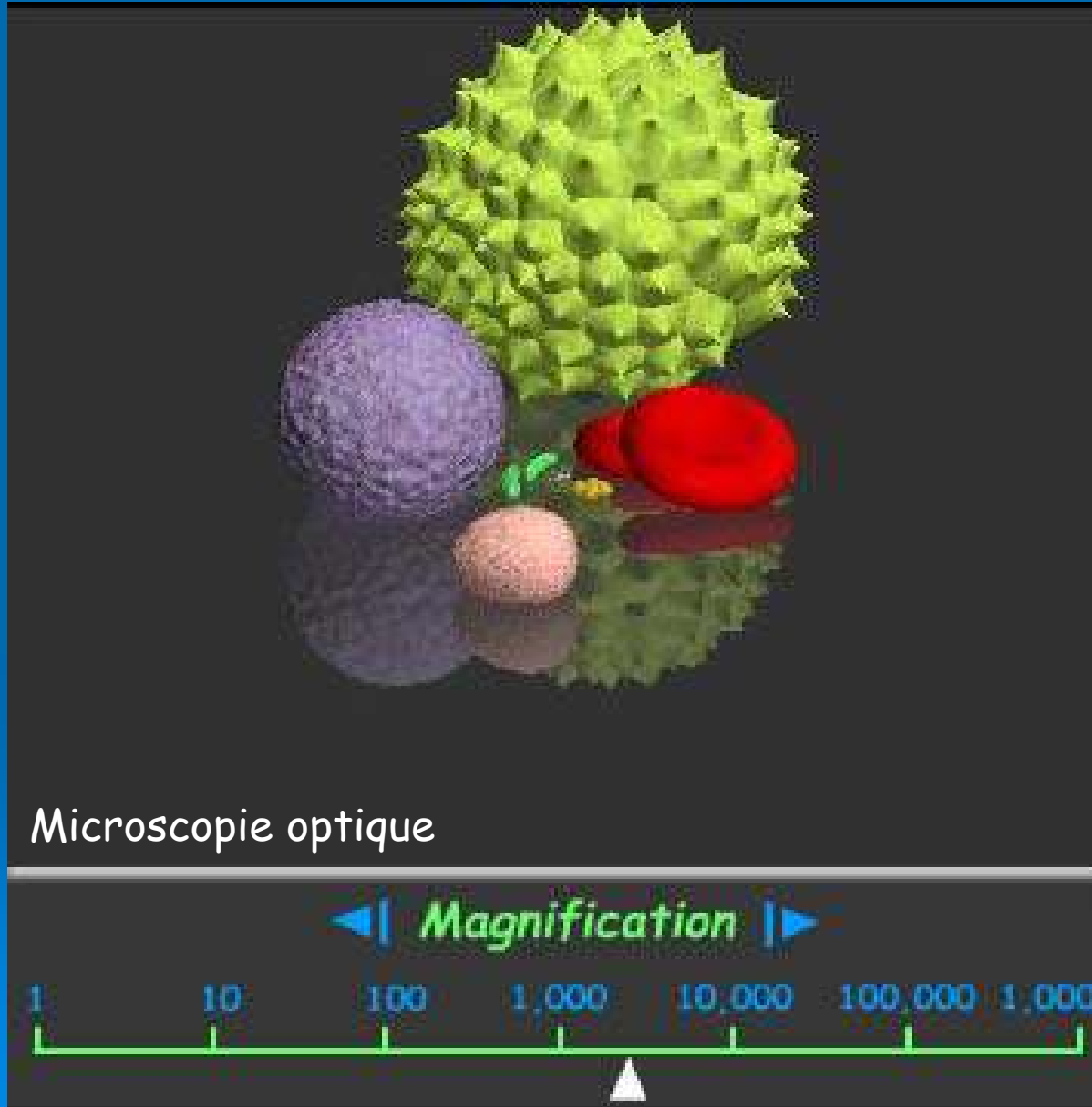


Microscopie optique

◀ | **Magnification** | ▶



Notions d'échelle...



Notions d'échelle...

lymphocyte

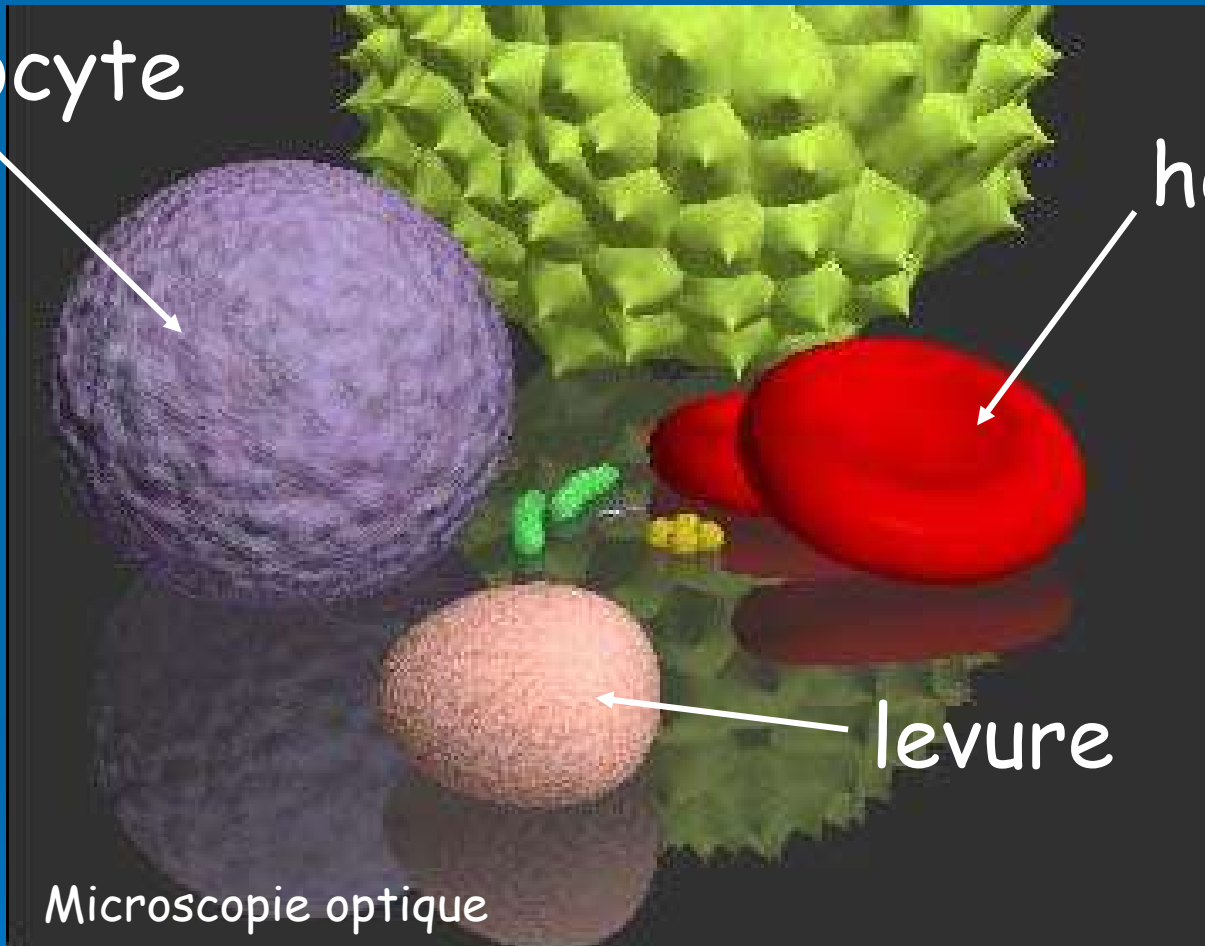
hematie

levure

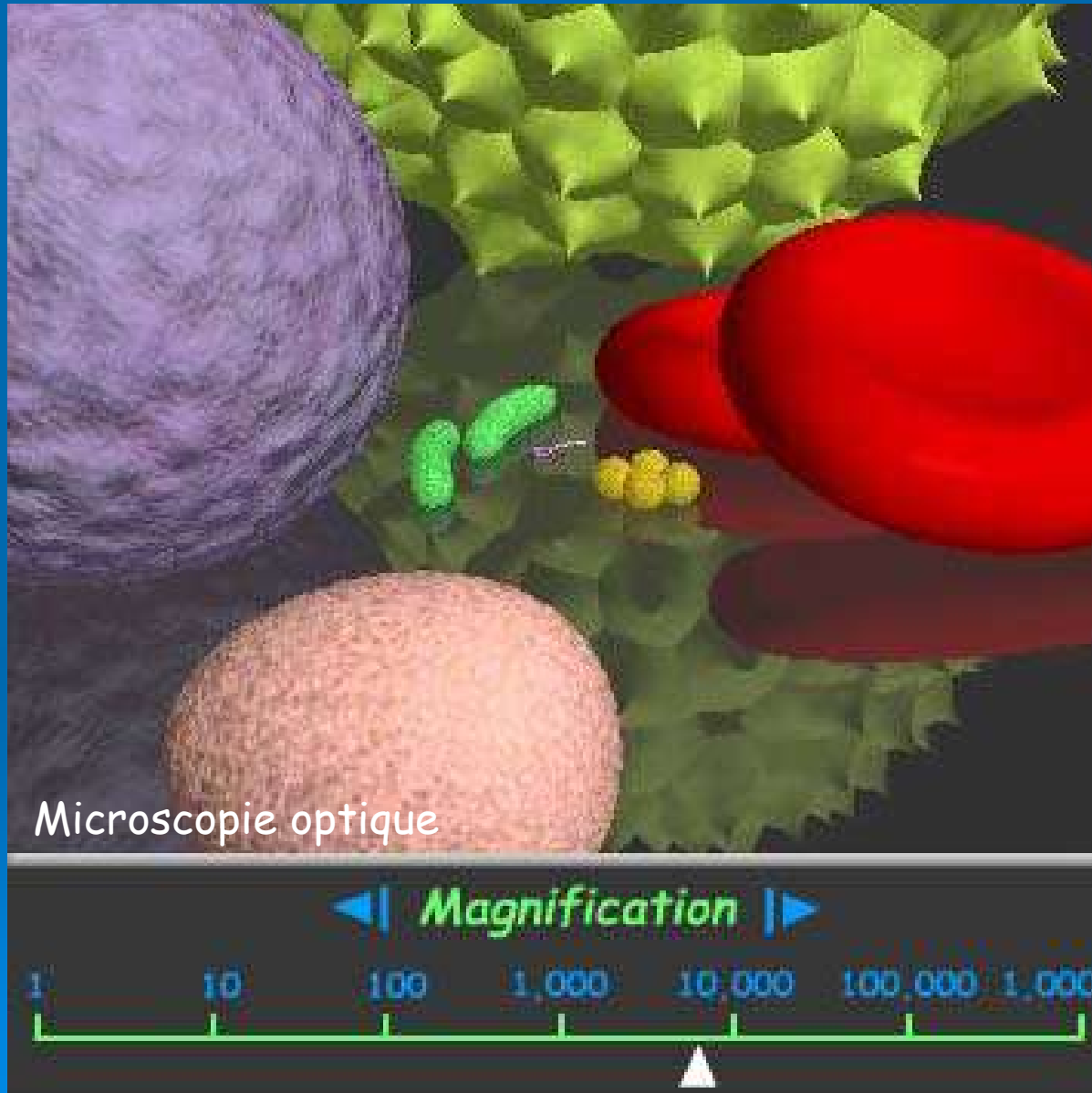
Microscopie optique

◀ | Magnification | ▶

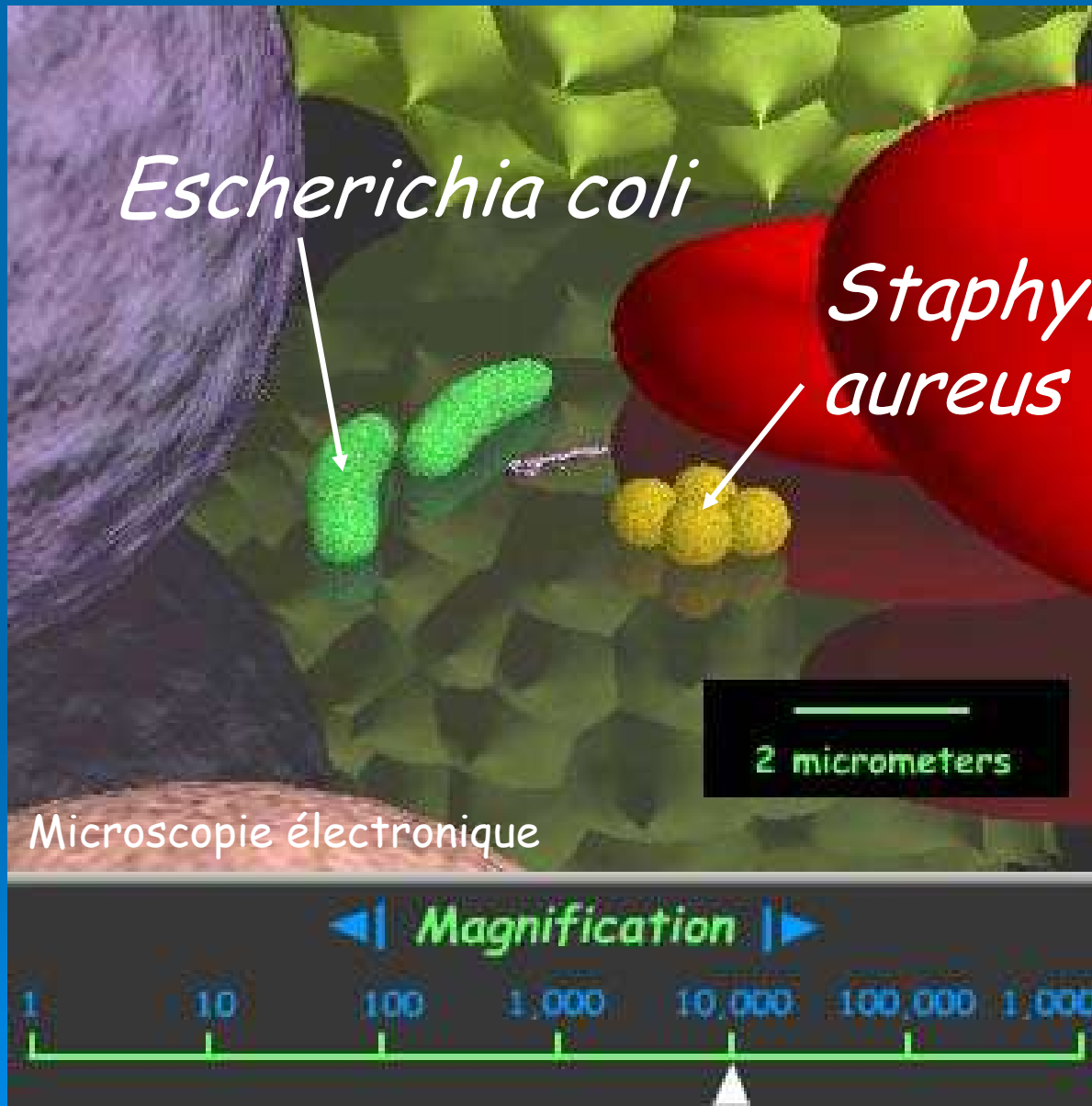
1 10 100 1,000 10,000 100,000 1,000,000



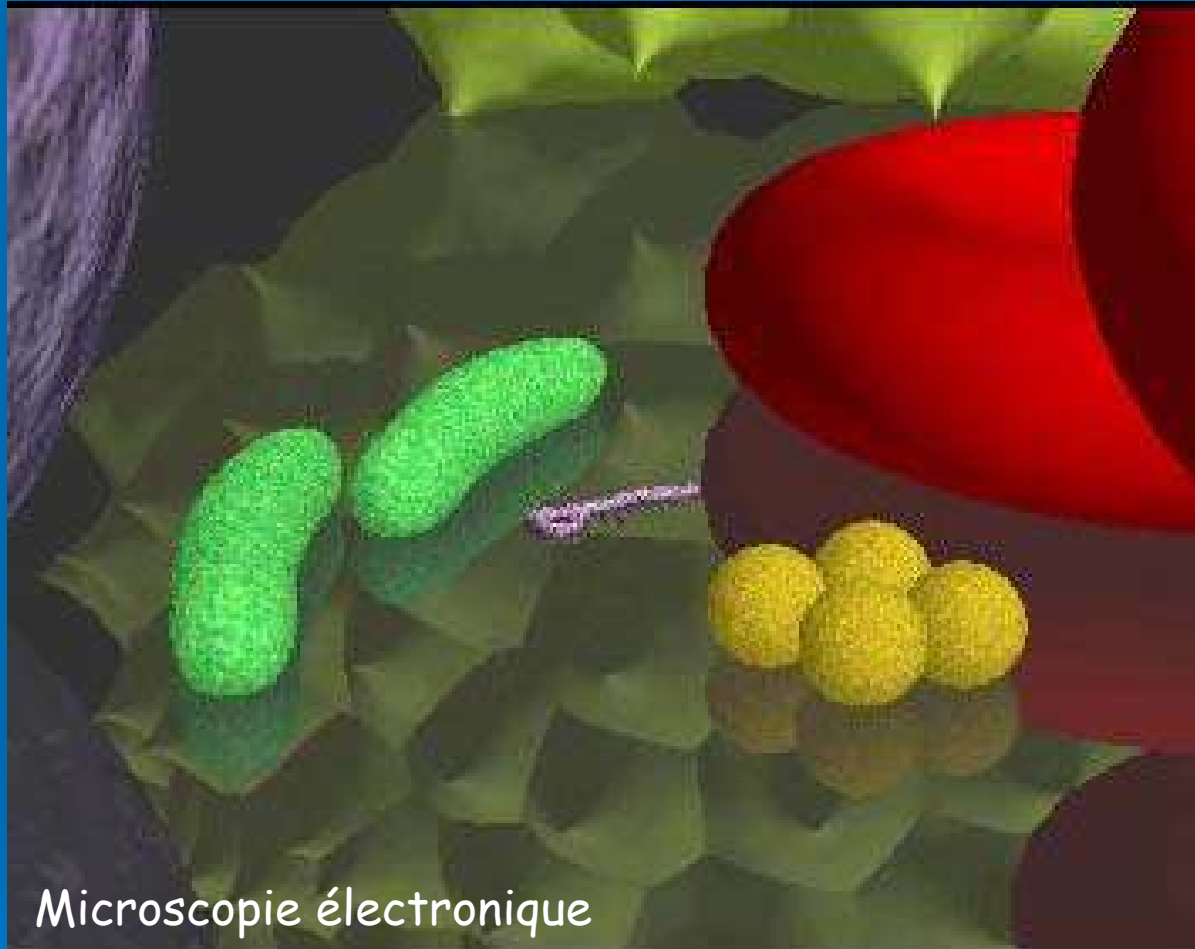
Notions d'échelle...



Notions d'échelle...



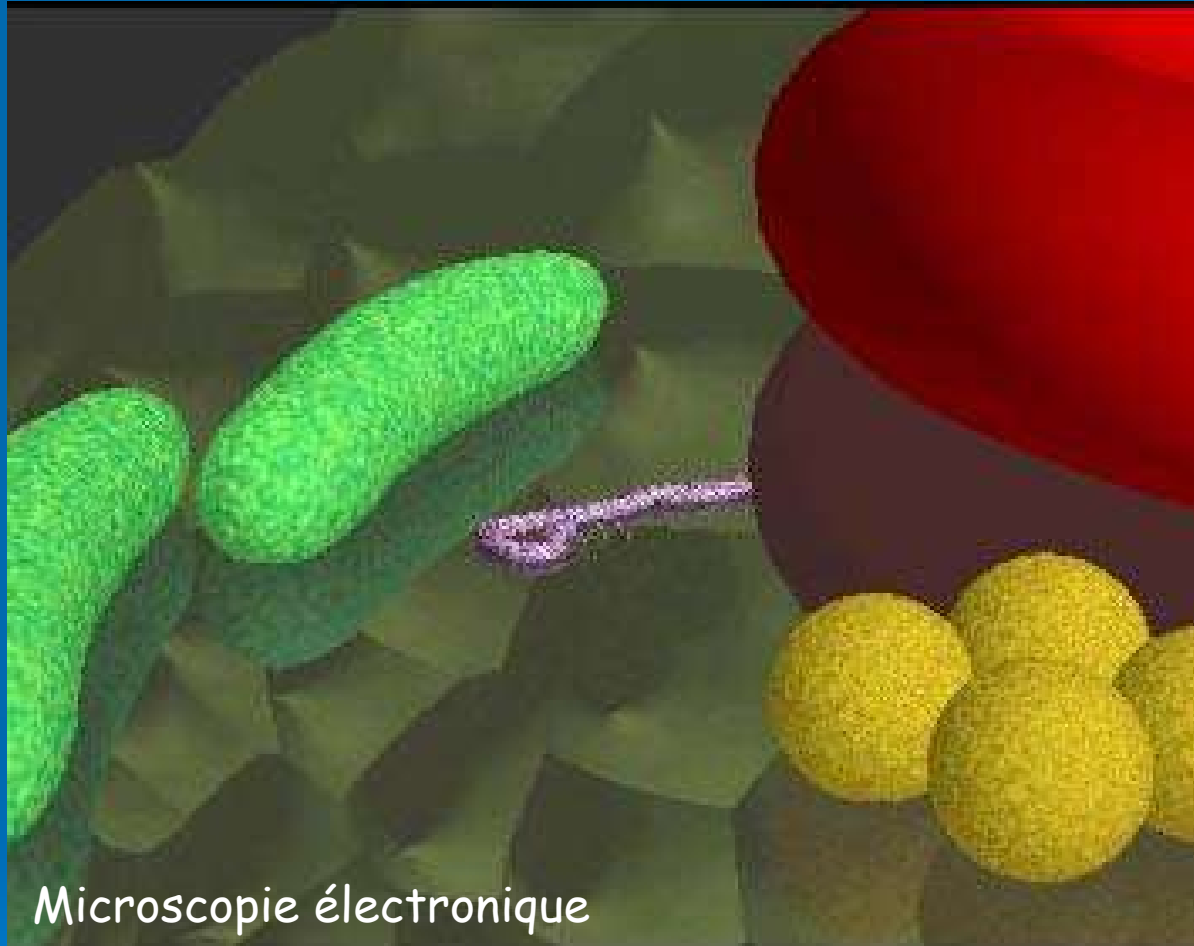
Notions d'échelle...



Microscopie électronique



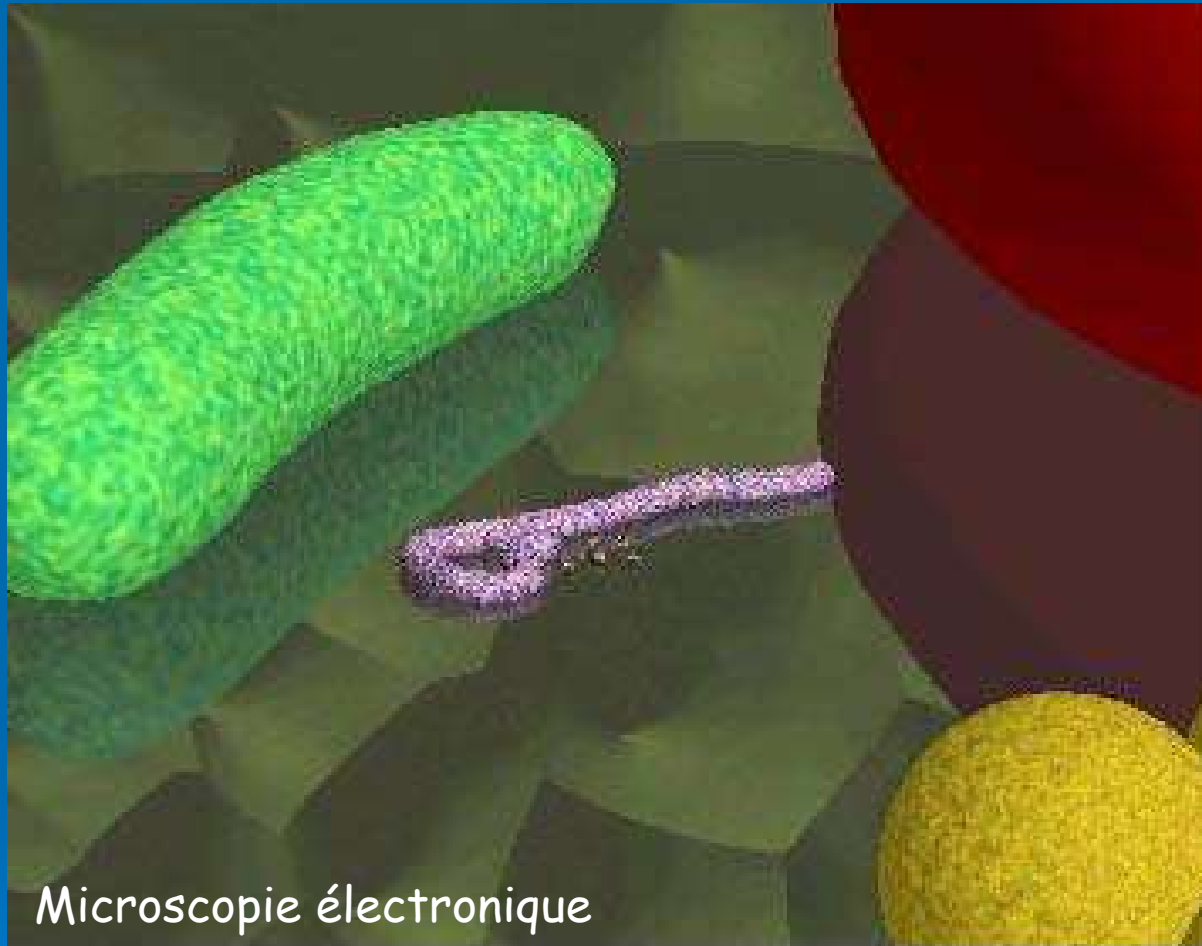
Notions d'échelle...



Microscopie électronique



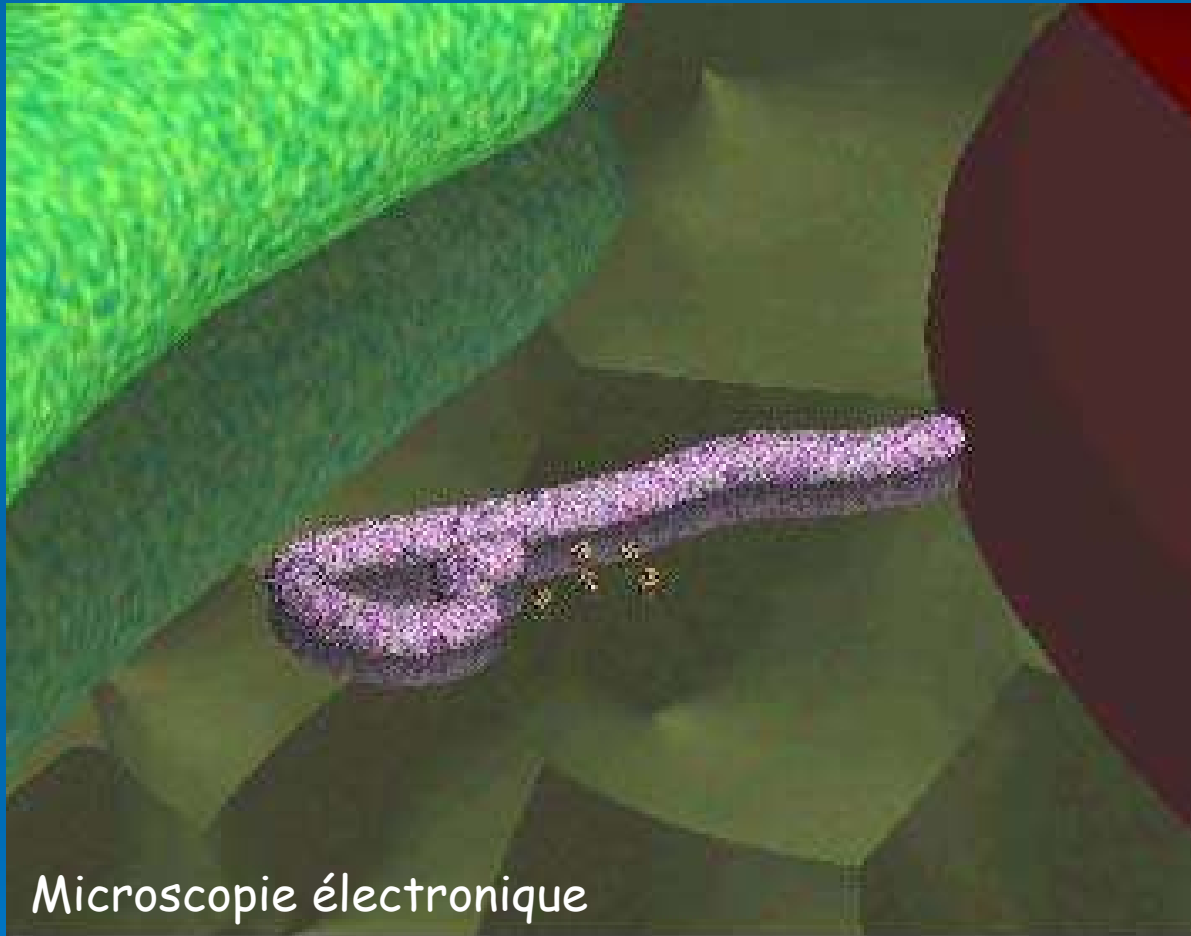
Notions d'échelle...



Microscopie électronique



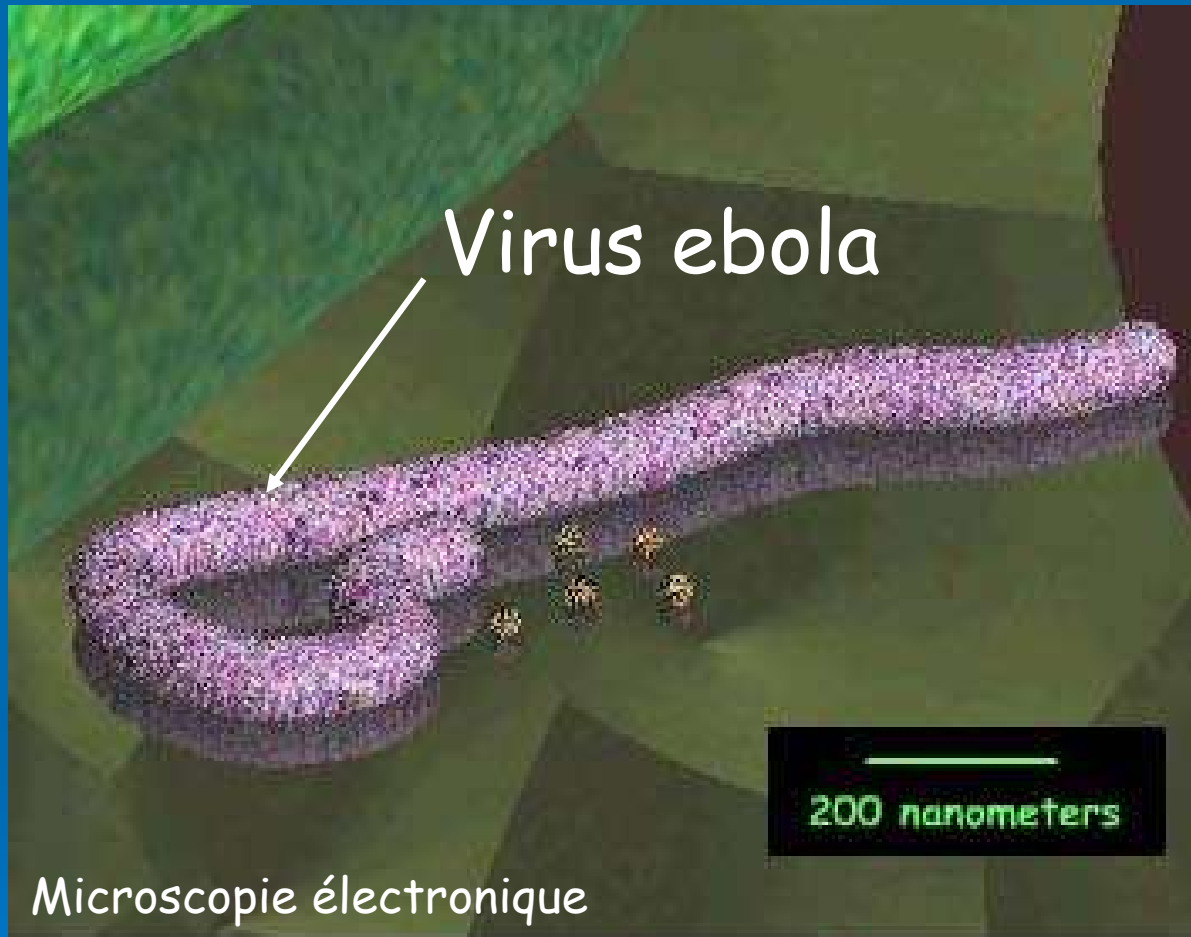
Notions d'échelle...



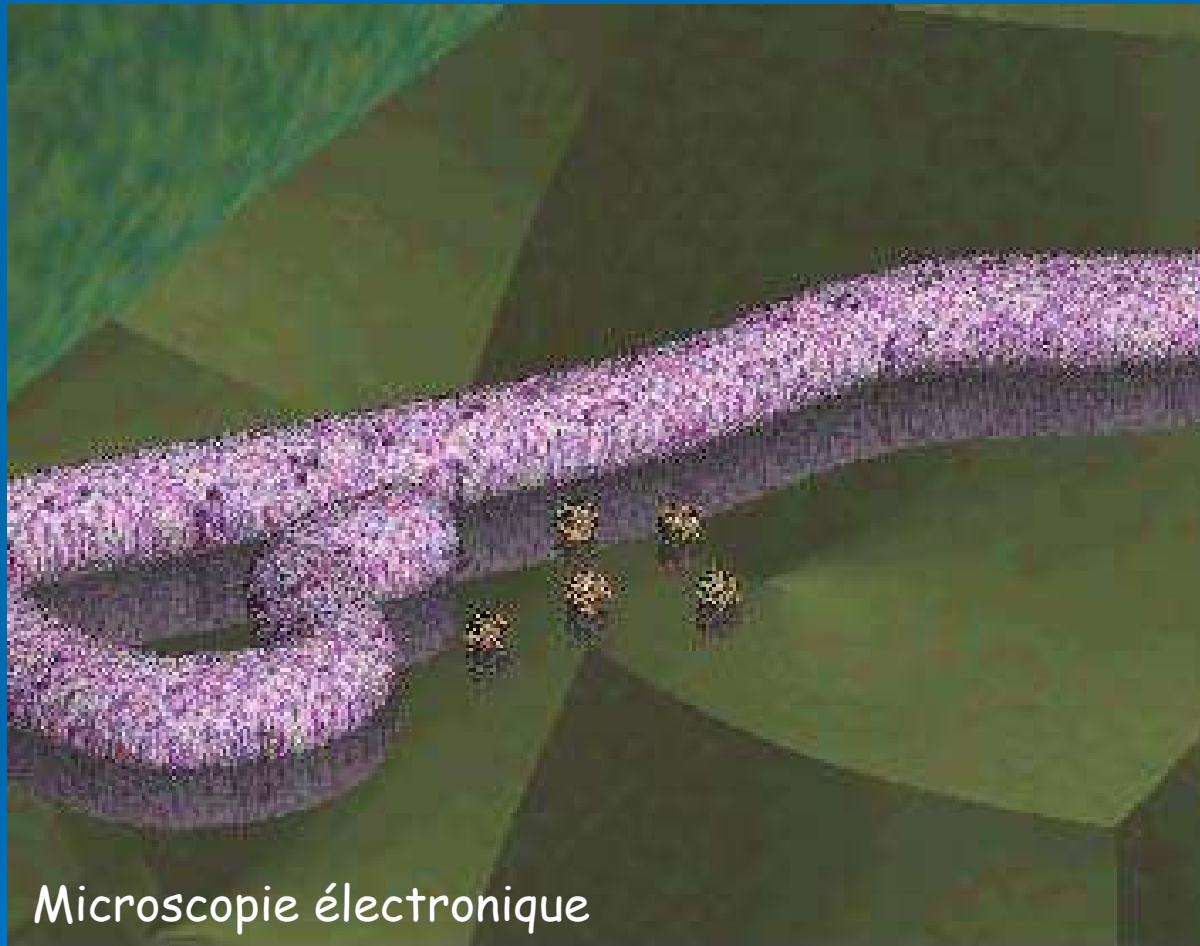
Microscopie électronique



Notions d'échelle...



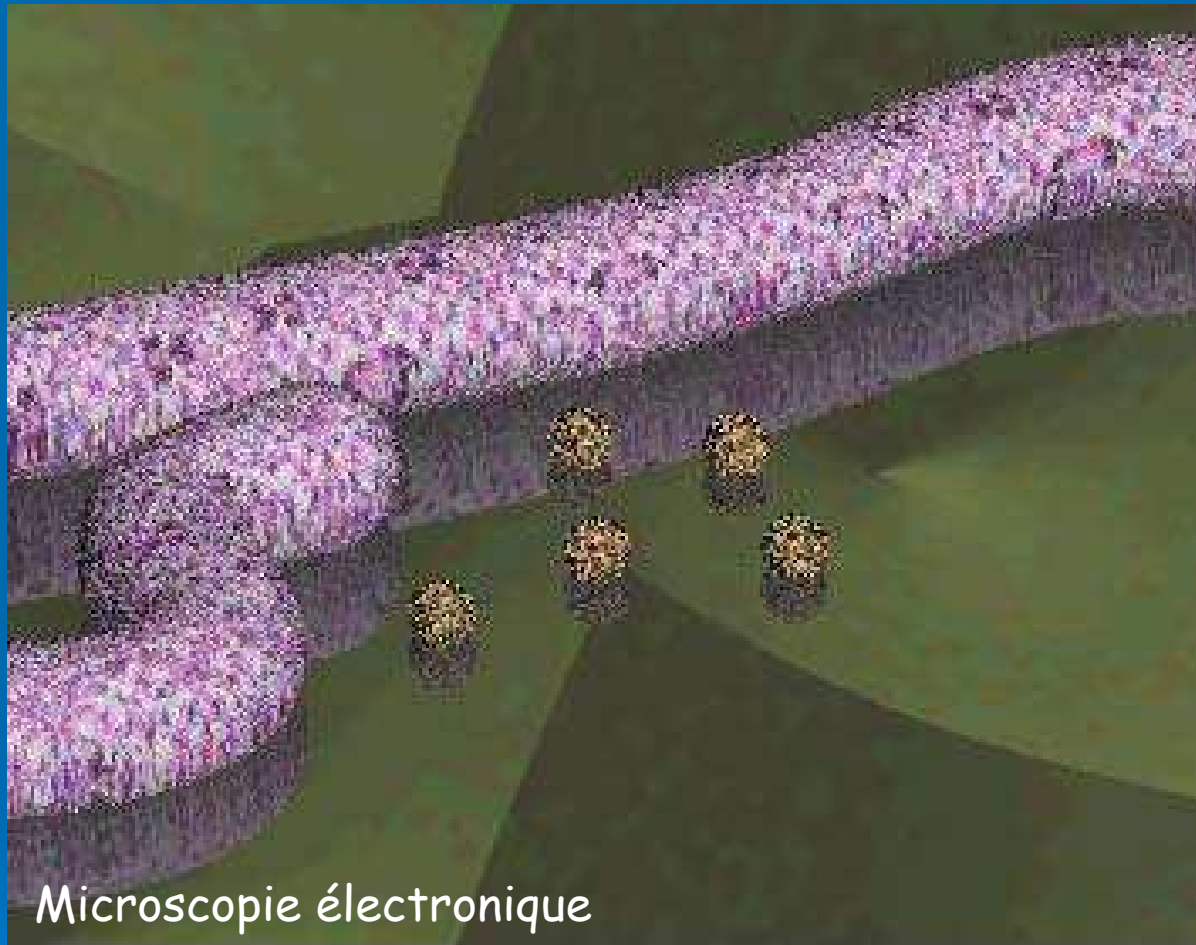
Notions d'échelle...



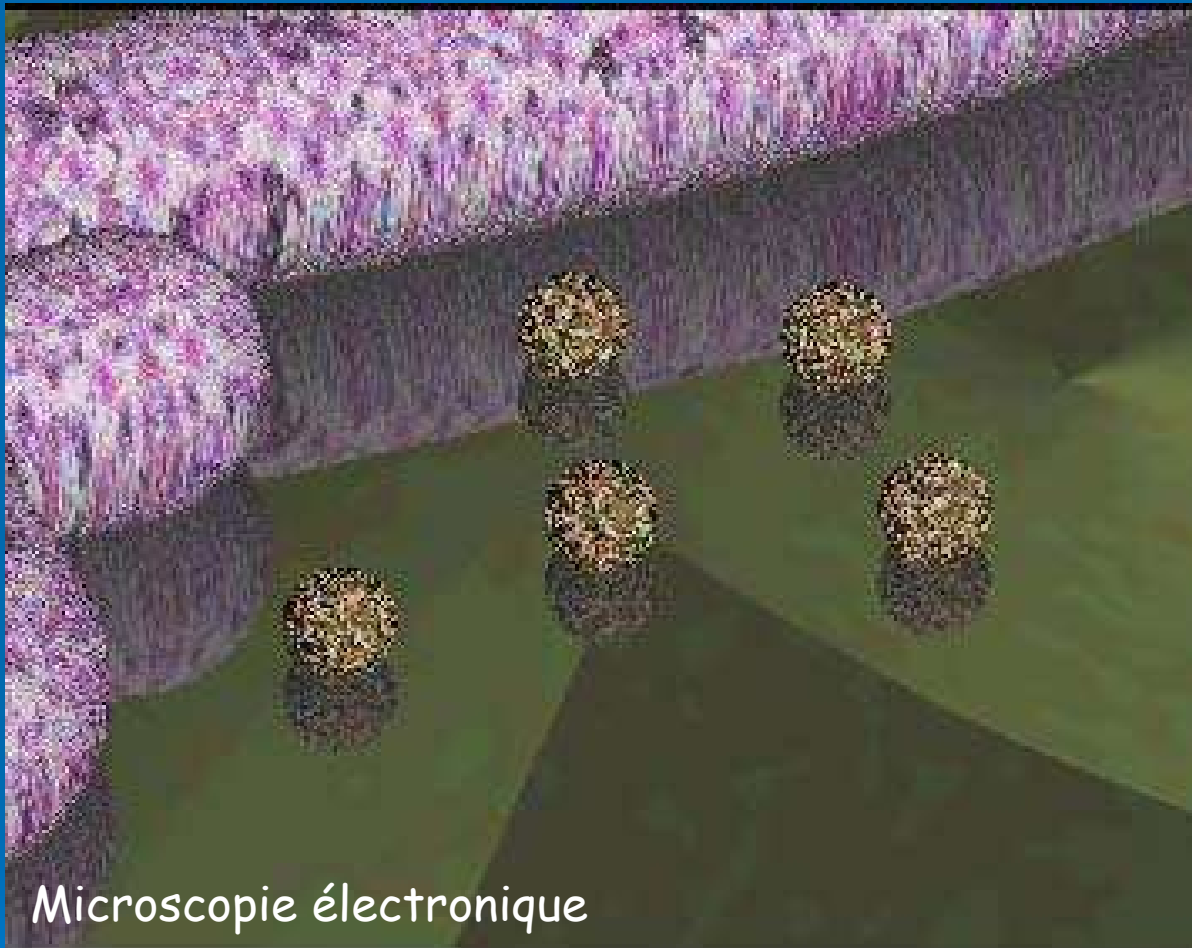
Microscopie électronique



Notions d'échelle...

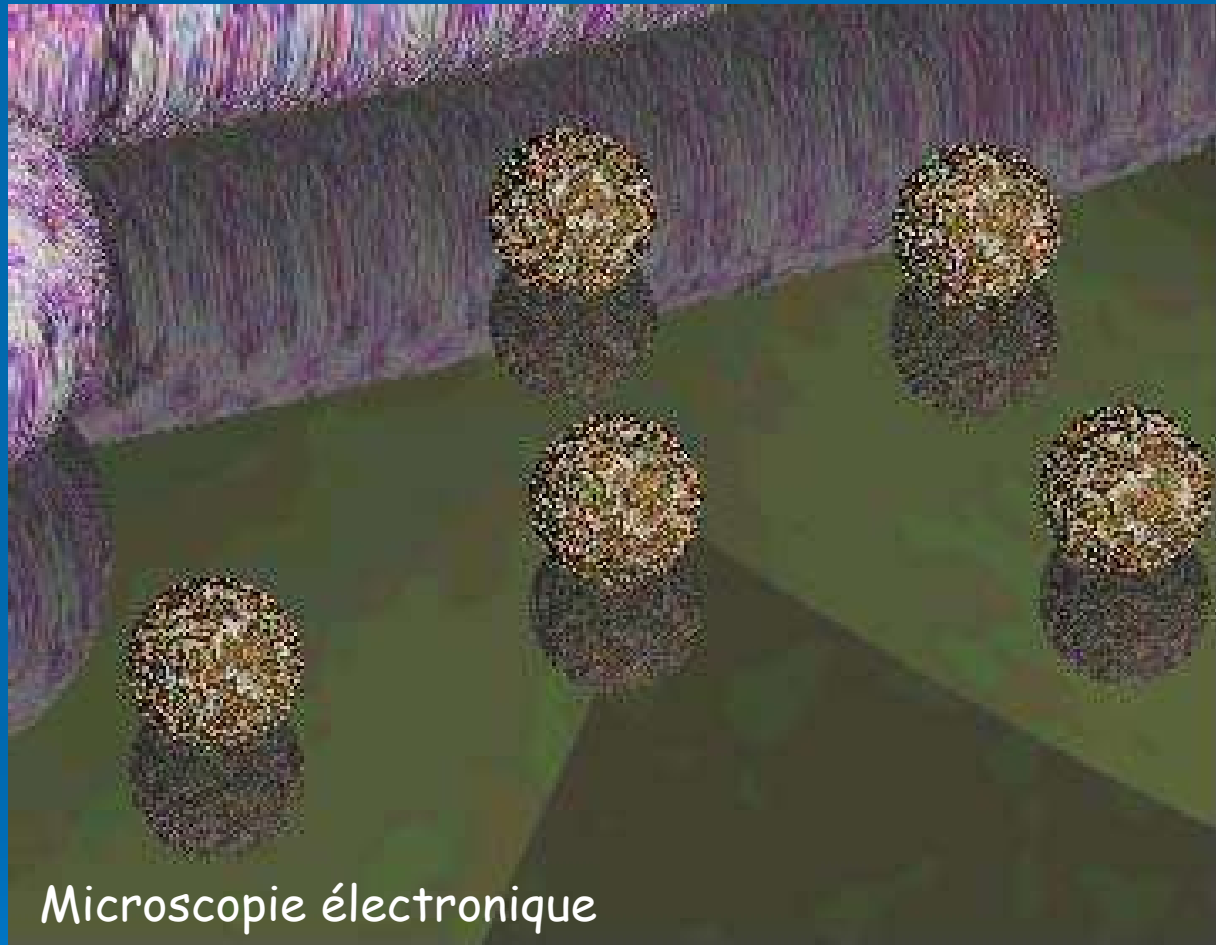


Notions d'échelle...



1 10 100 1,000 10,000 100,000 1,000

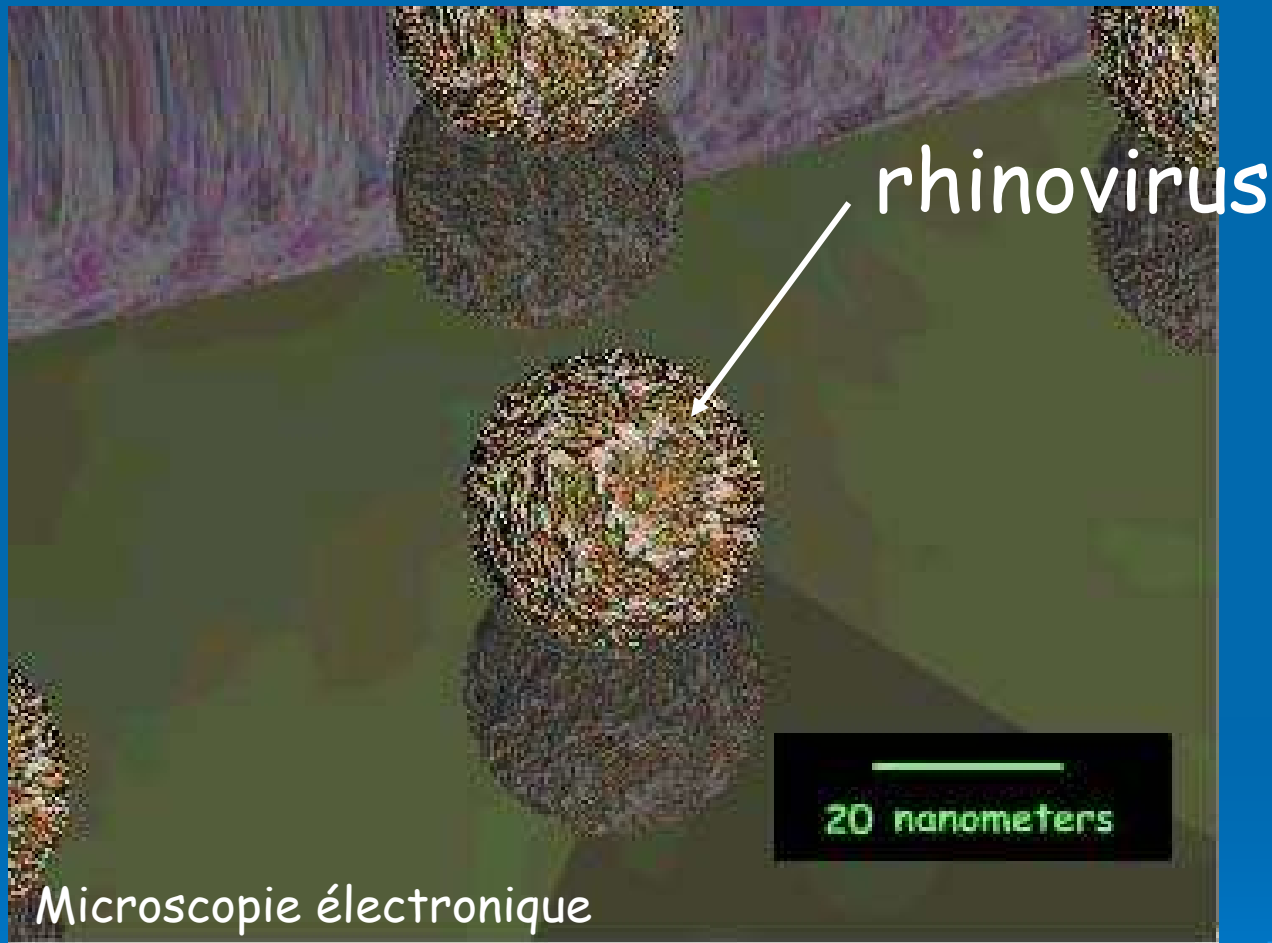
Notions d'échelle...



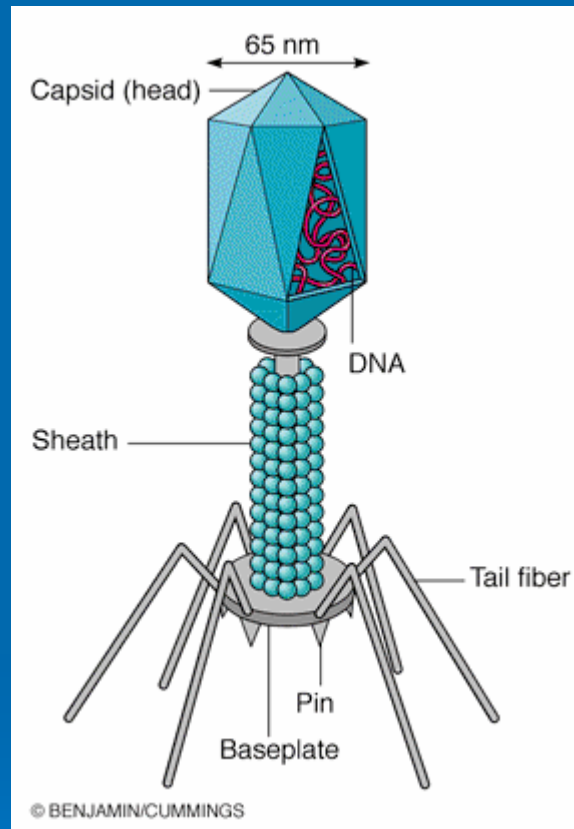
Microscopie électronique



Notions d'échelle...

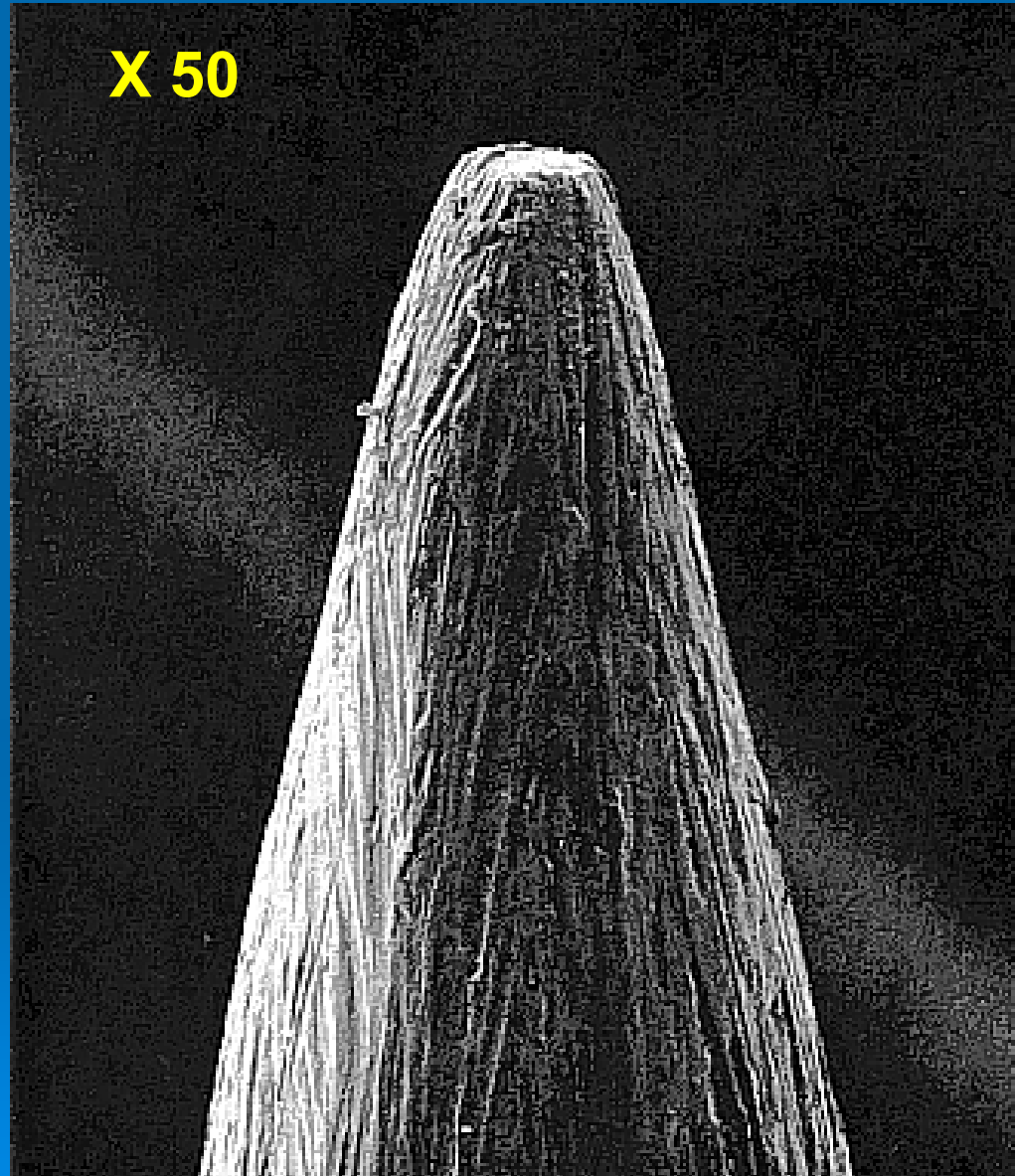


Et les virus ?



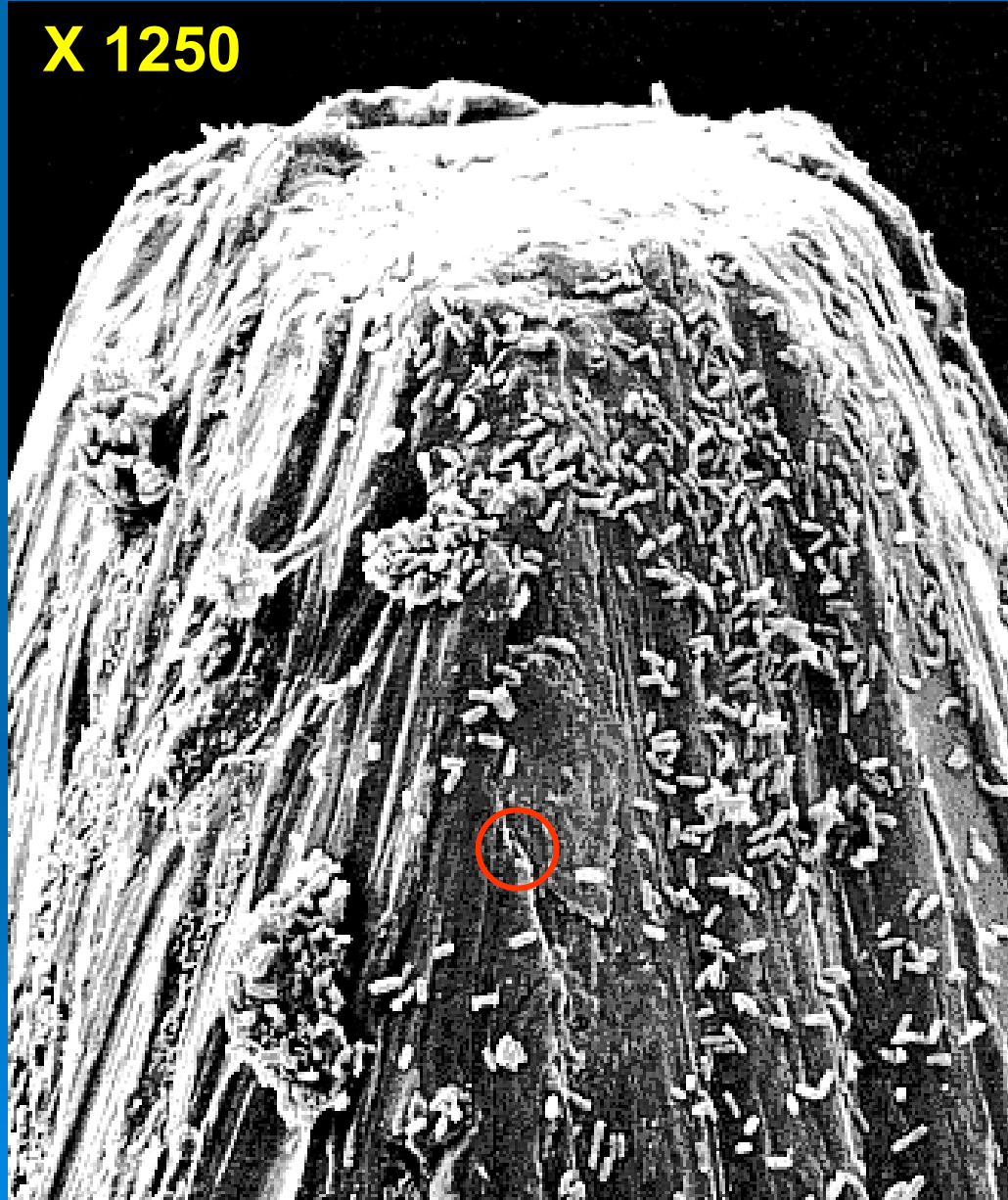
- ➔ Etudiés en microbiologie
- ➔ Ne sont pas des organismes cellulaires

Notions d'échelle...



Notions d'échelle...

X 1250



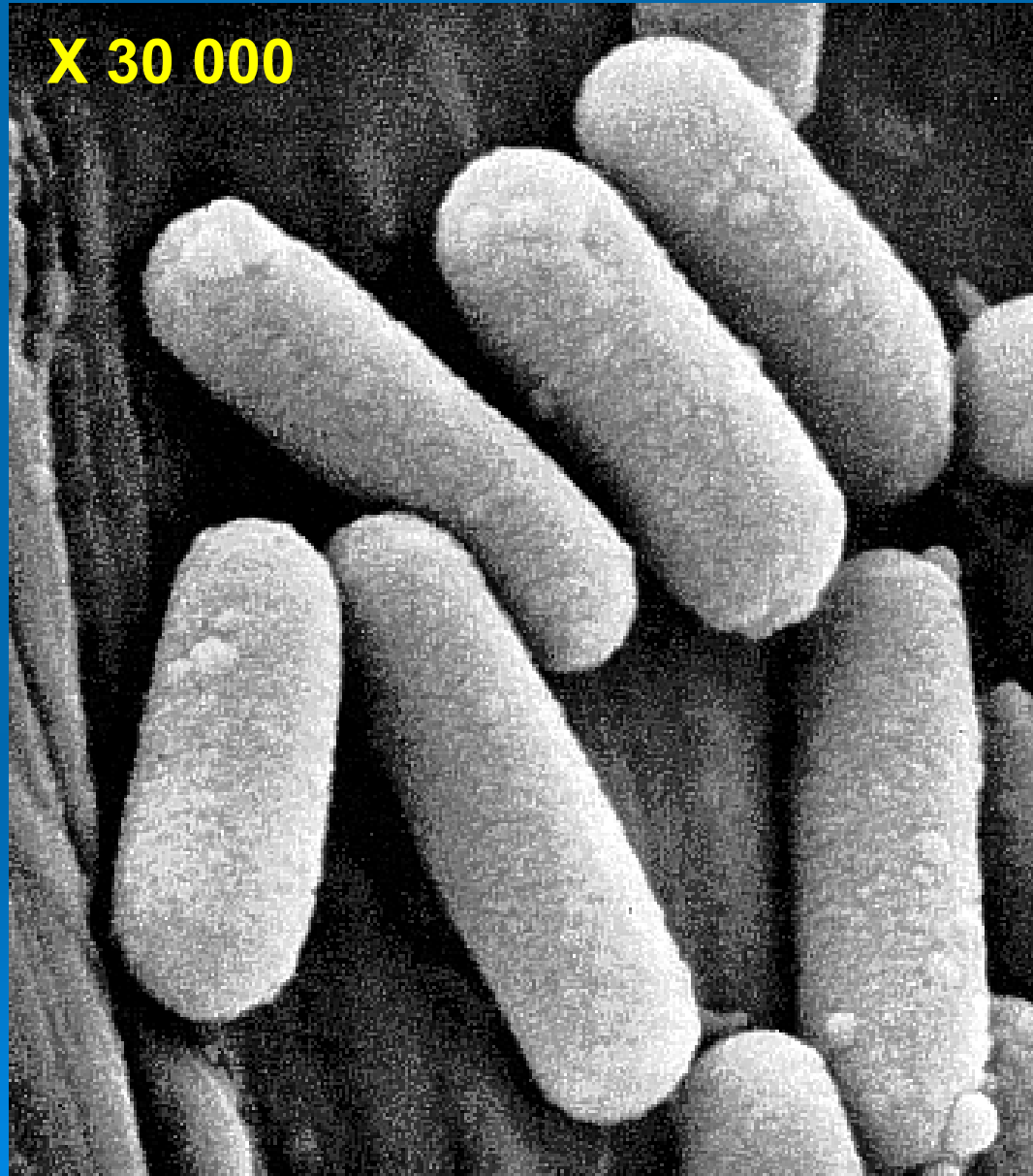
Microsspongia électrospinnée à balayage

Notions d'échelle...



Microaerobium electronium à balayage

Notions d'échelle...



Microscopia éleotronique à balayage

Découverte des micro-organismes

- 98-55 av. JC: le philosophe romain Lucrèce suggère que des êtres vivants invisibles soient responsables des maladies
- 1546: Fracastoro, médecin et poète italien, écrit un traité sur les maladies contagieuses dans lequel il attribue la syphilis et la tuberculose à des êtres vivants invisibles capables de se multiplier

Découverte des micro-organismes



1676: le drapier Hollandais Antoni Van Leeuwenhoek, amateur de microscopes, découvre les « animalcules » (sans doute protozoaires et bactéries)

Agrandissement: 50 à 300x

Il dessine et envoie la description de ses observations à la Royal Society de Londres



➔ Premières descriptions de microbes

Débat sur la génération spontanée



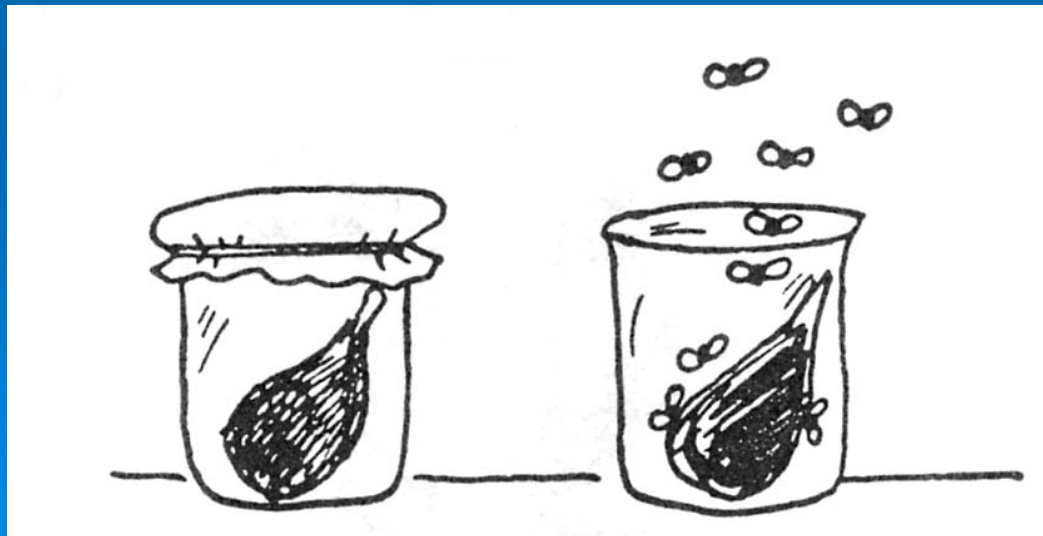
Aristote (384-322 av. JC):
les organismes vivants
peuvent se développer à
partir de matière non vivante
ou en décomposition



...une idée qui perdure jusqu'au 17^{ème} siècle!

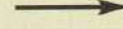
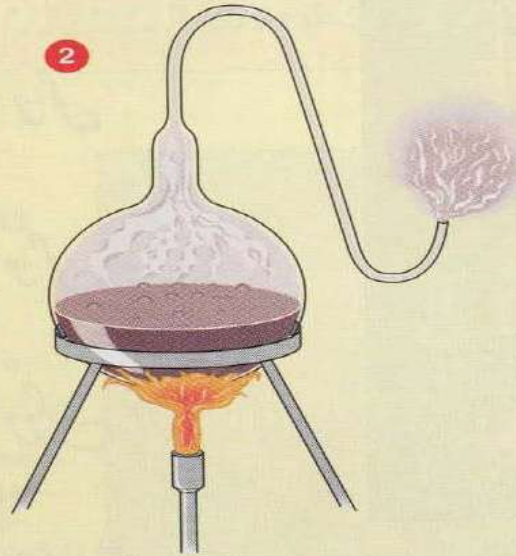
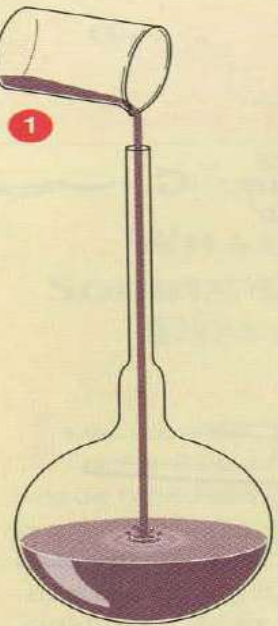
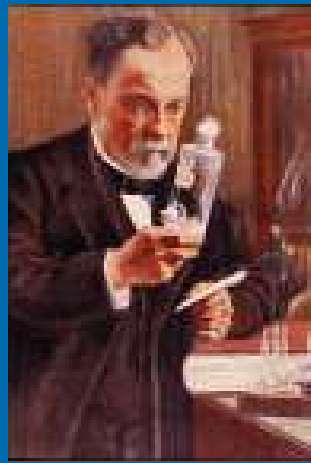
Débat sur la génération spontanée

1688: Le médecin italien Fransesco Redi remet en cause la théorie de la génération spontanée par des expériences sur l'apparition des asticots sur la viande



Fin de la polémique...

1861: Louis Pasteur



3



→ Le milieu bouilli reste stérile même dans un flacon ouvert

Micro-organismes et maladies

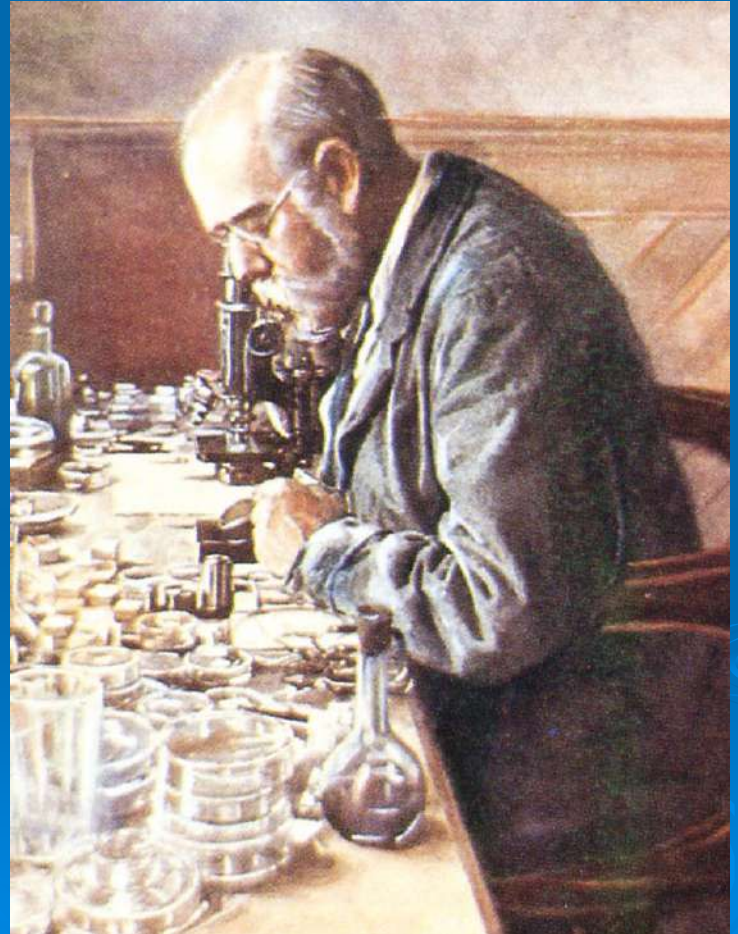
- Idée générale jusqu'au 19^{ème} siècle: les maladies sont dues à des forces surnaturelles, des vapeurs empoisonnées (miasmes), des déséquilibres entre les «humeurs» présentes dans le corps...
- 1835: Agostino Bassi découvre qu'une maladie du ver à soie est provoquée par des mycètes et propose que beaucoup de maladies soient d'origine microbienne
- 1861: Louis Pasteur démontre qu'une autre maladie des vers à soie est due à un parasite protozoaire. Les élevages peuvent être contrôlés en prenant des chenilles issues d'œufs pondus par des papillons sains



Le chirurgien anglais Joseph Lister (1827-1912) développe une méthode de stérilisation des instruments par le phénol.

Micro-organismes et maladies

1876: le médecin allemand Robert Koch montre que la maladie du charbon est due à une bactérie, *Bacillus anthracis*



Les postulats de Koch (1884): conditions de relation causale entre un micro-organisme et une maladie

- 1- Le micro-organisme doit être présent dans chaque cas de maladie, mais absent des organismes sains
- 2- Le micro-organisme doit être isolé et cultivé en culture pure
- 3- La maladie doit se développer quand le micro-organisme isolé est inoculé à une hôte sain
- 4- Le même micro-organisme doit de nouveau être isolé de l'hôte malade

Découverte de quelques pathogènes importants

Maladie	Agent	Date
Fièvre typhoïde	<i>Salmonella typhi</i>	1880
Malaria	<i>Plasmodium sp.</i>	1880
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1882
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	1883
Tétanos	<i>Clostridium tetani</i>	1885
Pneumonie	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	1886
Méningite	<i>Neisseria meningitidis</i>	1887
Peste	<i>Yersinia pestis</i>	1894

Quelques dates...

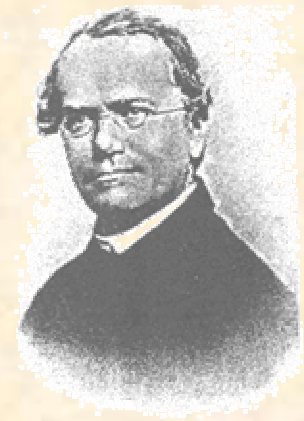
1859

Charles Darwin publie
On the Origin of Species



1865

Début de la génétique
(Gregor Mendel)

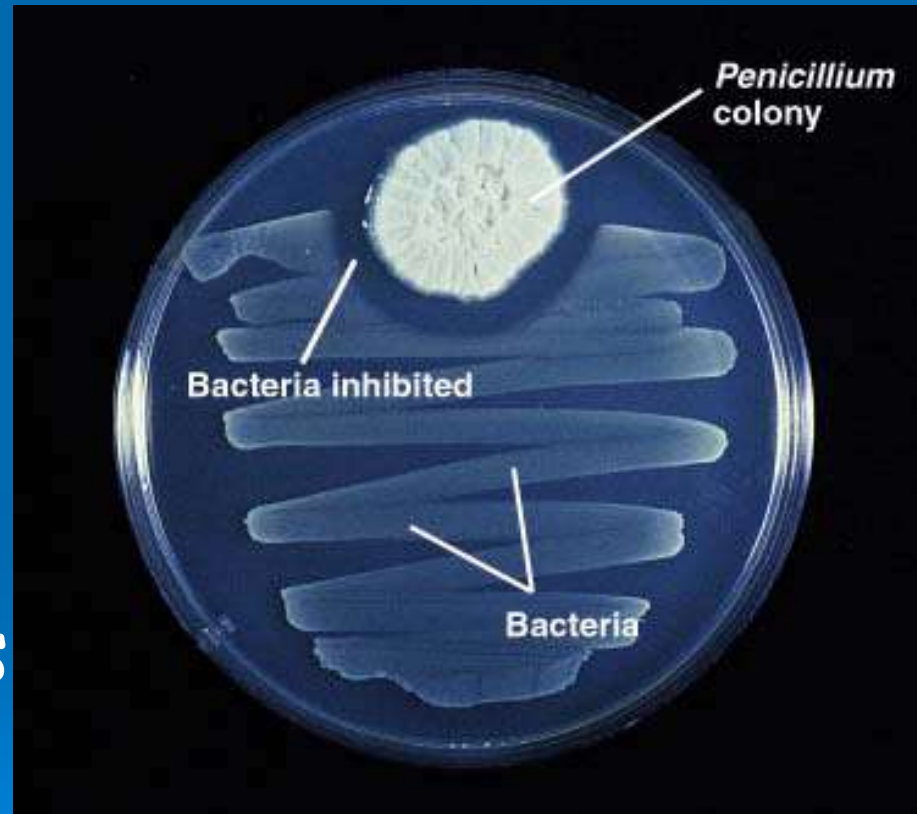


1902

Walter Sutton propose que les
chromosomes portent les gènes

1928: Alexander Fleming découvre le premier antibiotique

- Le champignon *Penicillium* produit un composé qui empêche la croissance de *S. aureus*
- 1940: test cliniques et production de la Penicilline

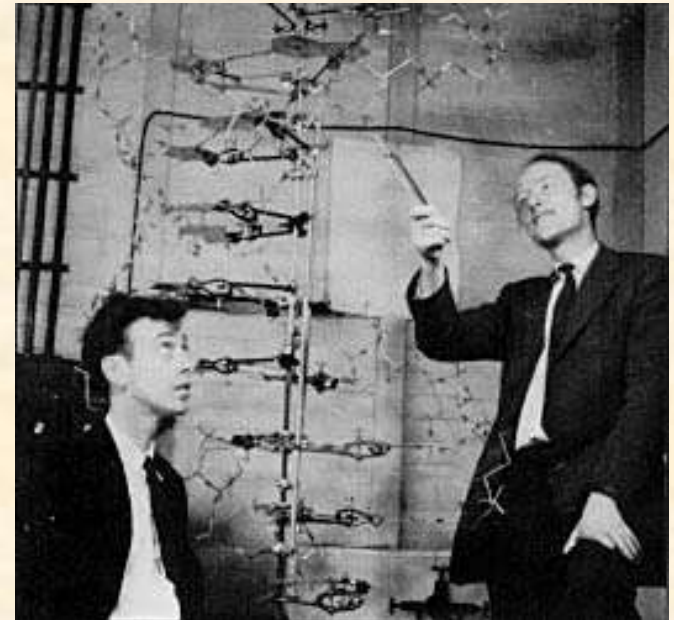


Quelques dates...

1941 George Beadle et Edward Tatum: un gène, une protéine

1946 Conjugaison bactérienne (E. Tatum)

1953 La double hélice (James Watson et Francis Crick)



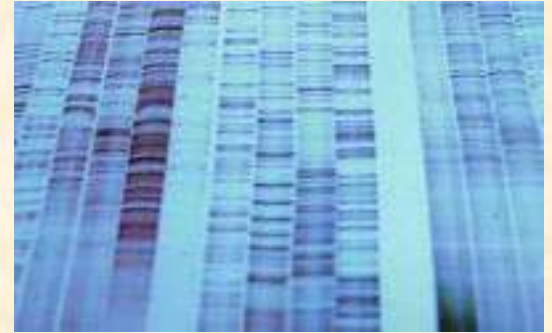
1967 Décodage du code génétique

1970s Endonucléases de restriction (Arber et Smith) - ADN recombinant

Quelques dates...

1975

Séquençage de l'ADN
(F. Sanger)



1977

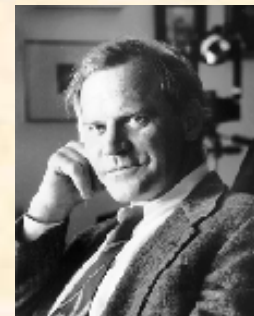
Archaea forment un règne à part (Woese)

1978

Production d'insuline humaine dans *E.coli*

1978

Polymérisation en Chaîne
(PCR) Kary Mullis



1984

VIH (Montagnier & Gallo)

Quelques dates...

1995 Premiers génomes séquencés:
Haemophilus influenzae ($1,8 \cdot 10^6$ pb)
Mycoplasma genitalium ($0,58 \cdot 10^6$ bp)

2001 Séquençage du
génomme humain ($3 \cdot 10^9$ pb)



2006 350 génomes procaryotes séquencés
GenBank: total d'environ $100 \cdot 10^9$ pb

PROCARYOTES

Bacteria

Archaea

Micro-organismes

protozoaires

algues

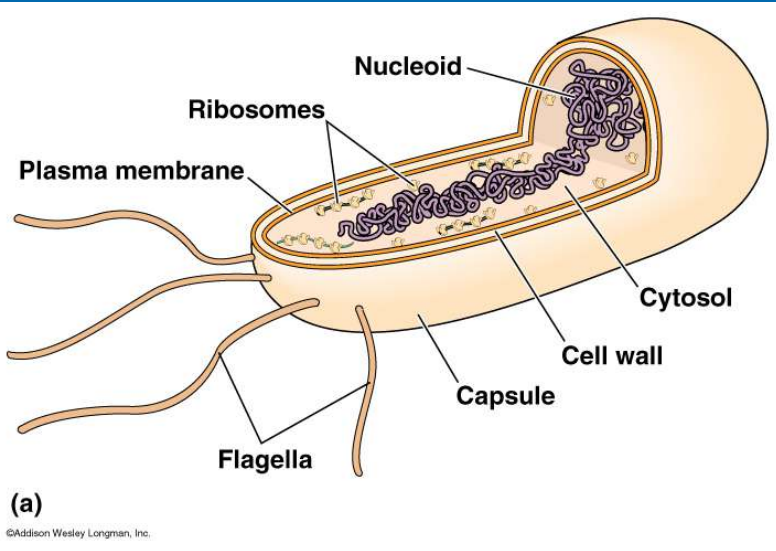
mycètes

Certains visibles à l'œil nu

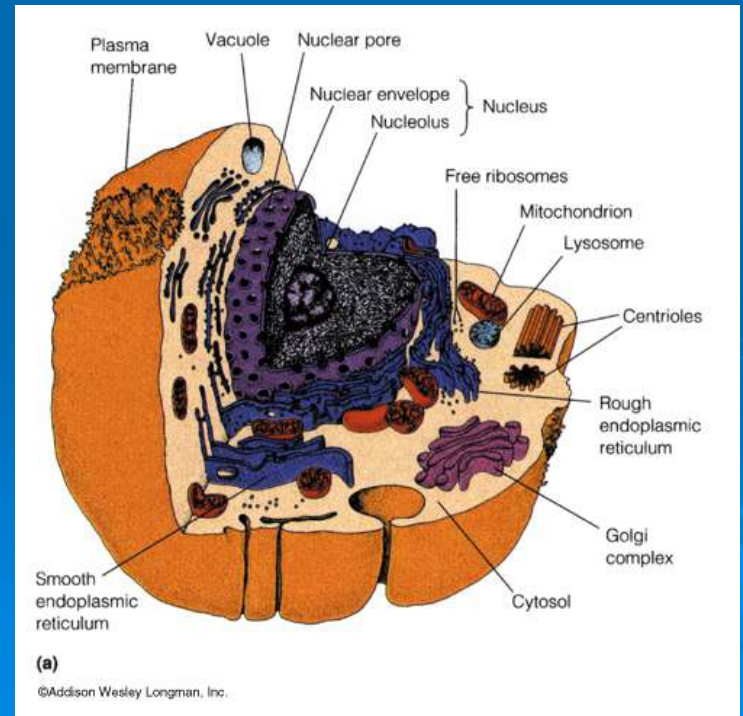
EUCARYOTES

Caractéristiques générales

← Procaryote

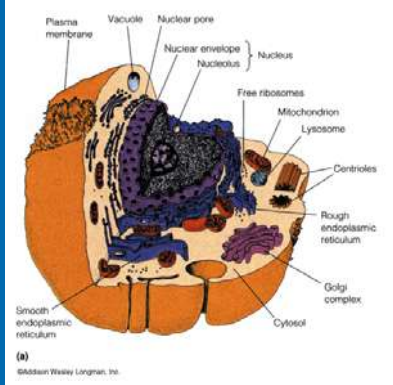


Eucaryote →



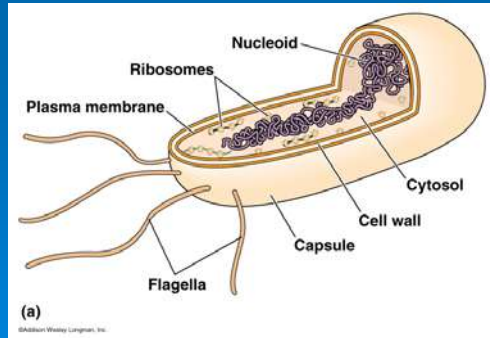
Quelques notions d'échelle...

Eucaryote

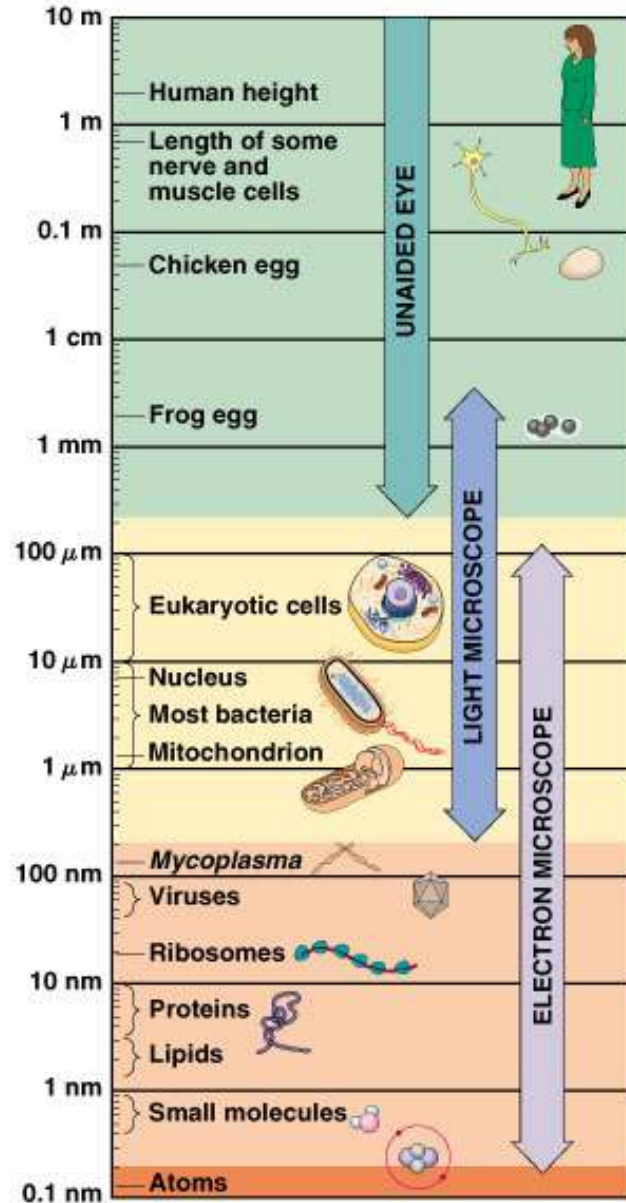


10-100 μm

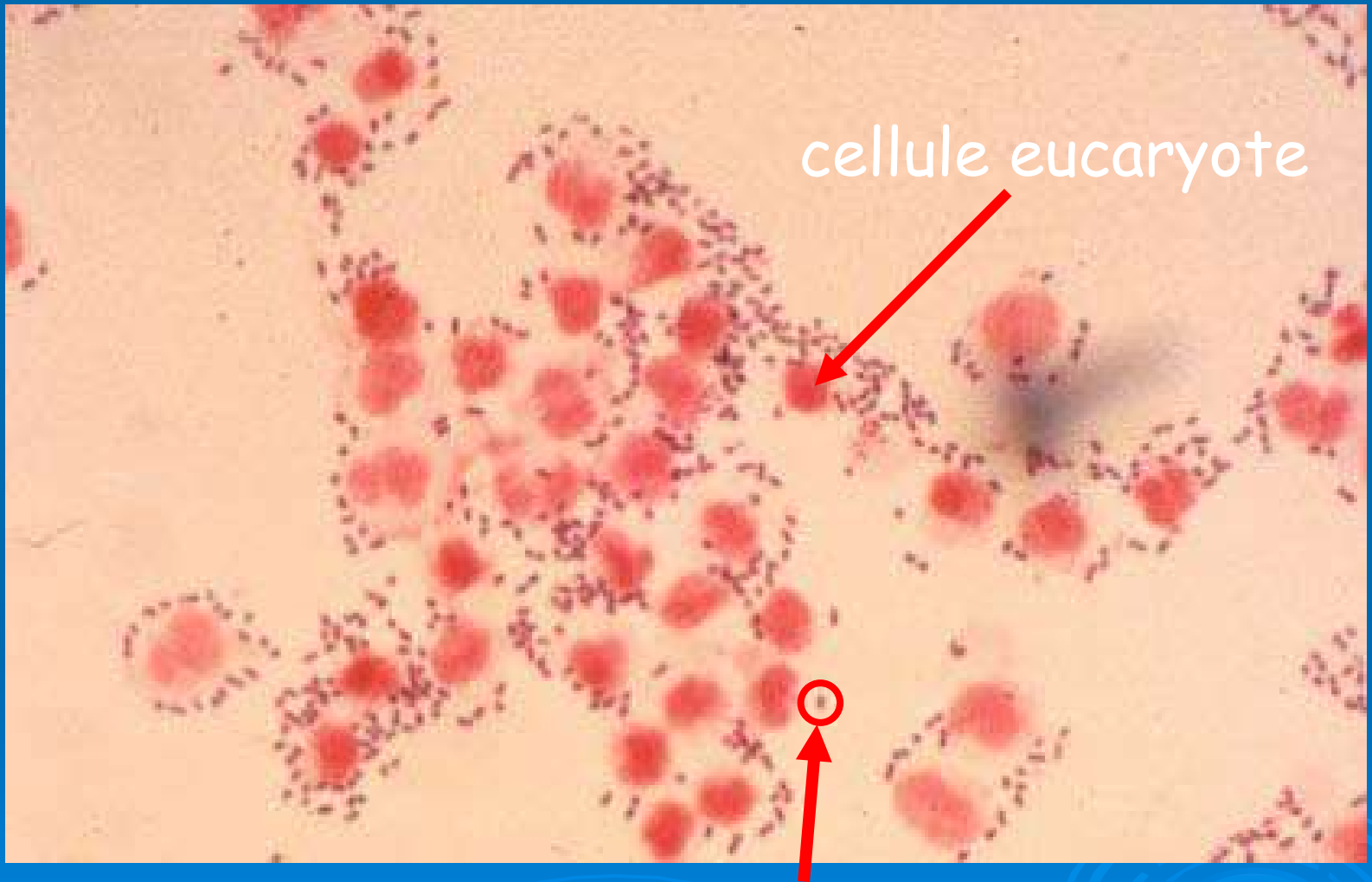
Procaryote



1-10 μm

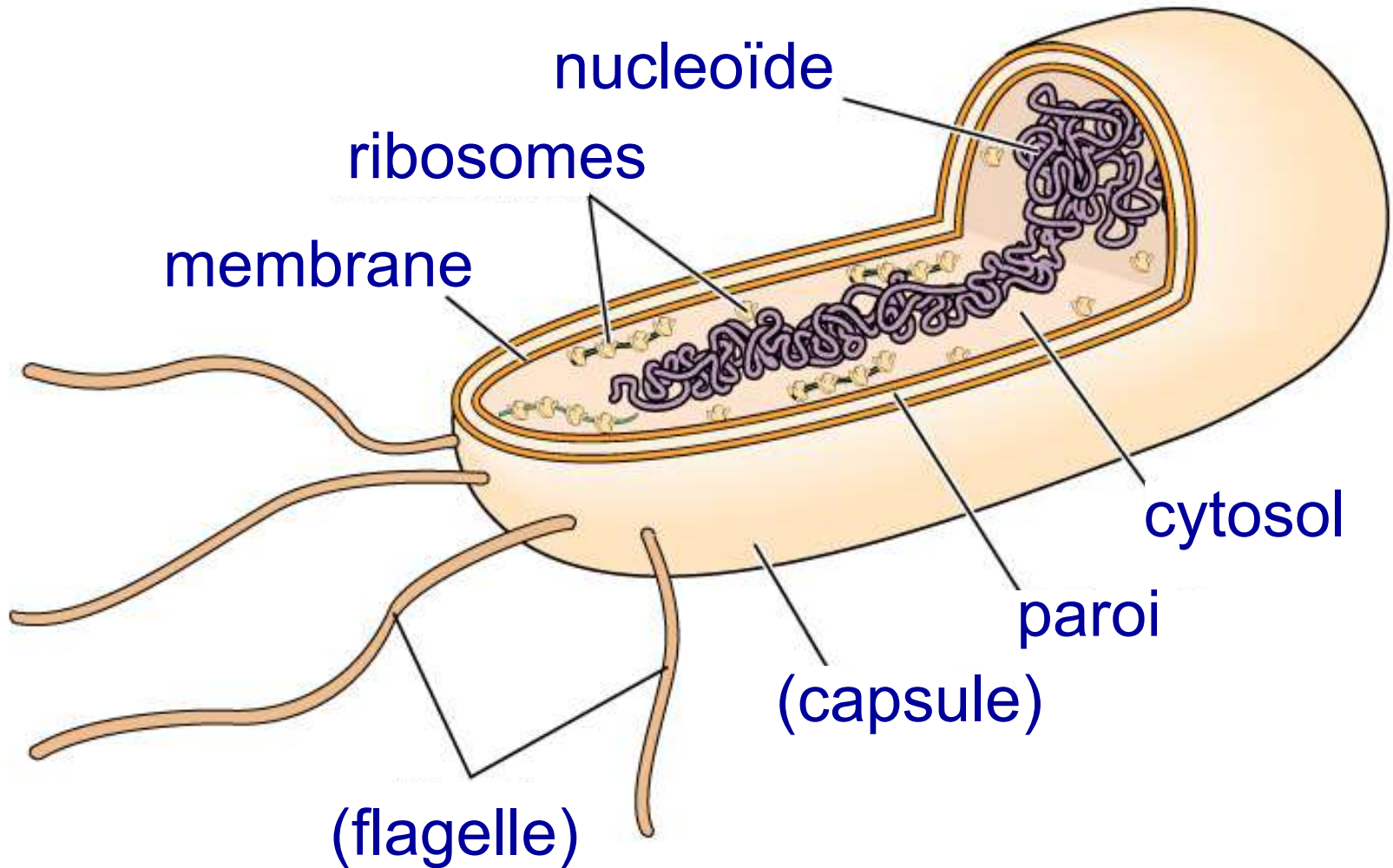


Quelques notions d'échelle...



Streptococcus pneumoniae

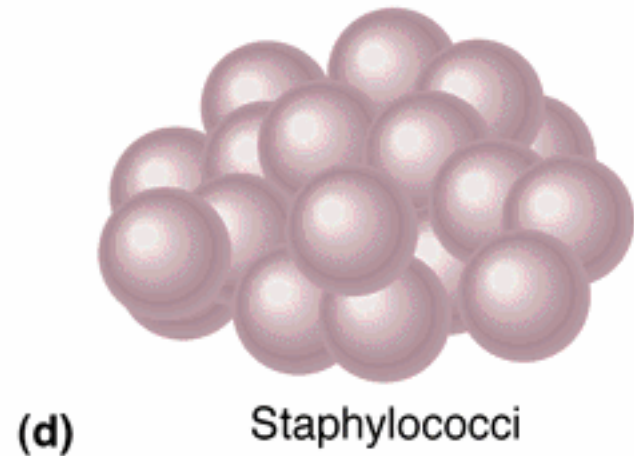
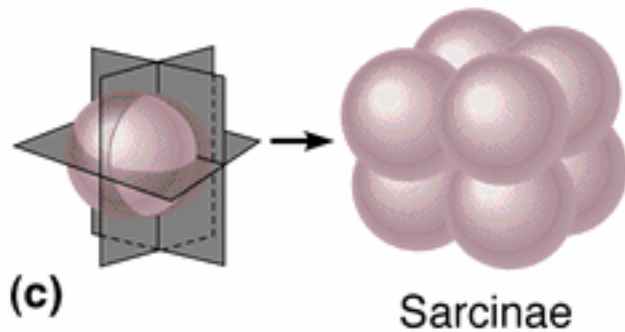
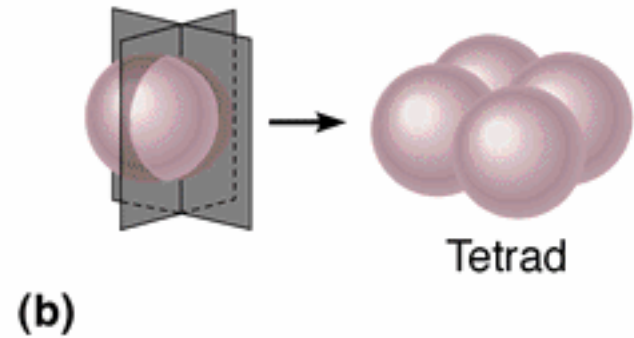
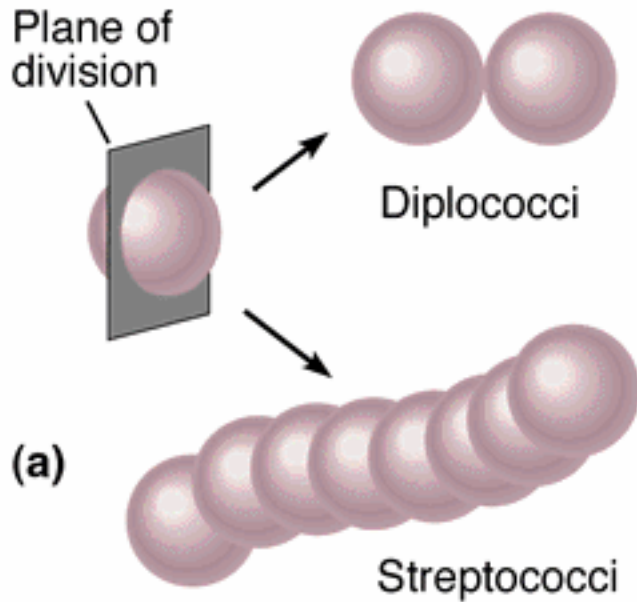
La cellule procaryote

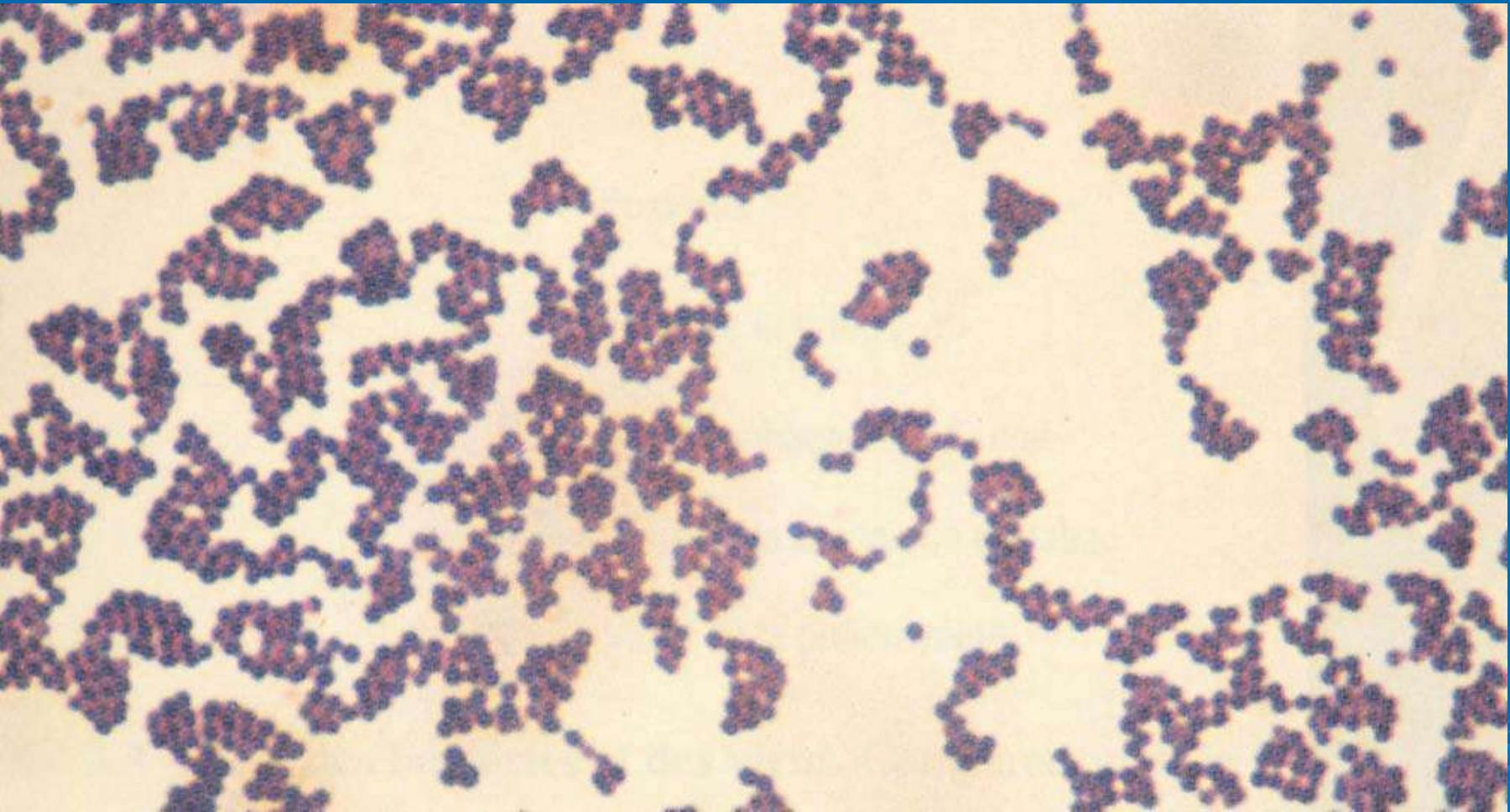


Formes et arrangements

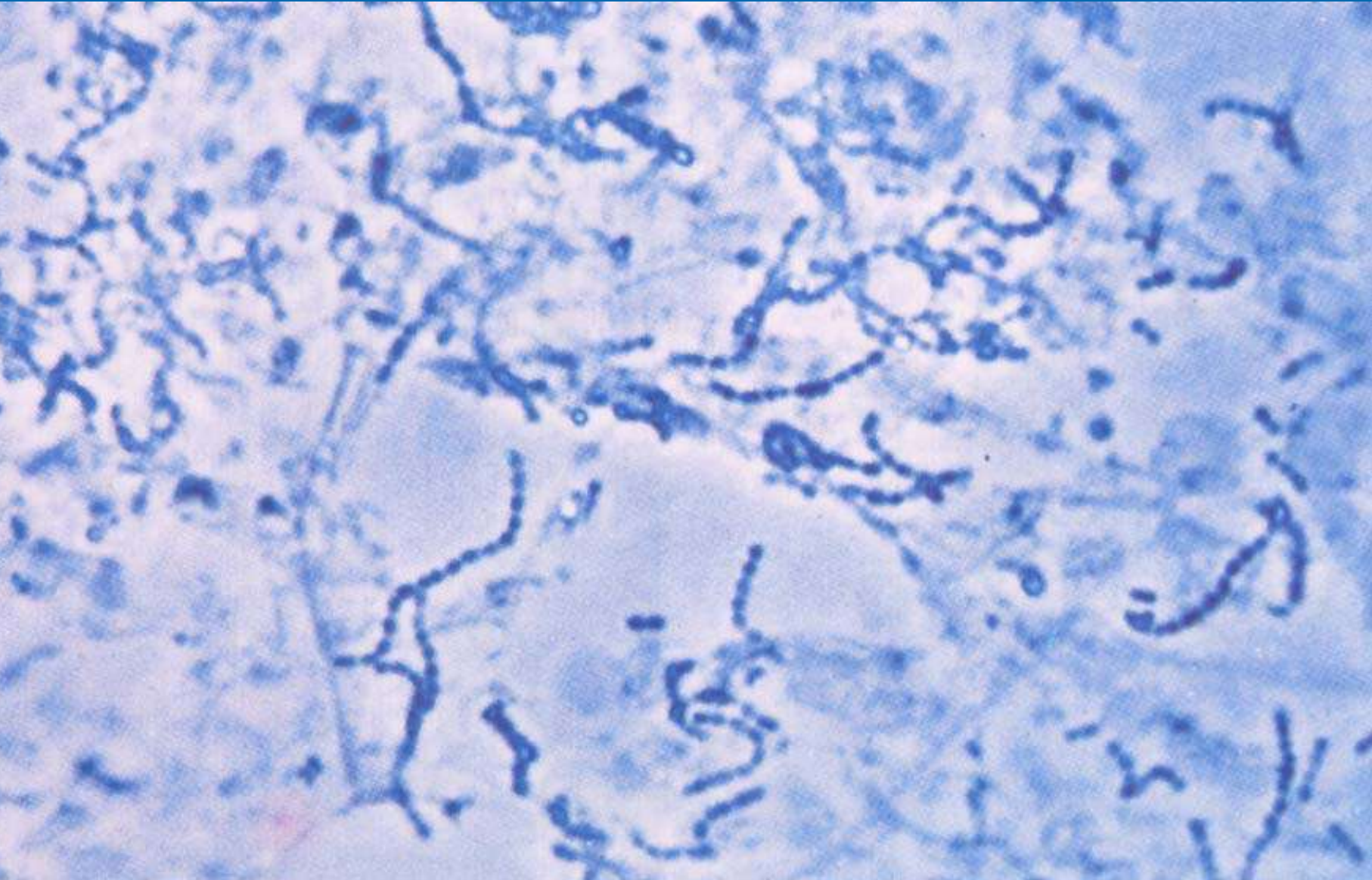
- Sphères (coques)
- Bâtonnet (bacilles)
- Spirales (spirilles)

Bacteria: coques





Staphylococcus aureus (x1000)



Enterococcus faecalis (x200)

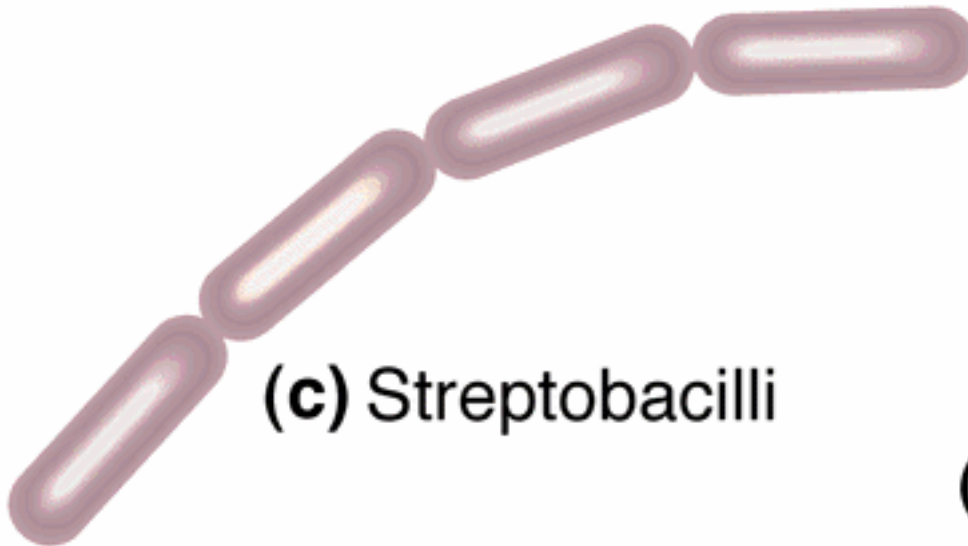
Bacteria: bâtonnet



(a) Single bacillus



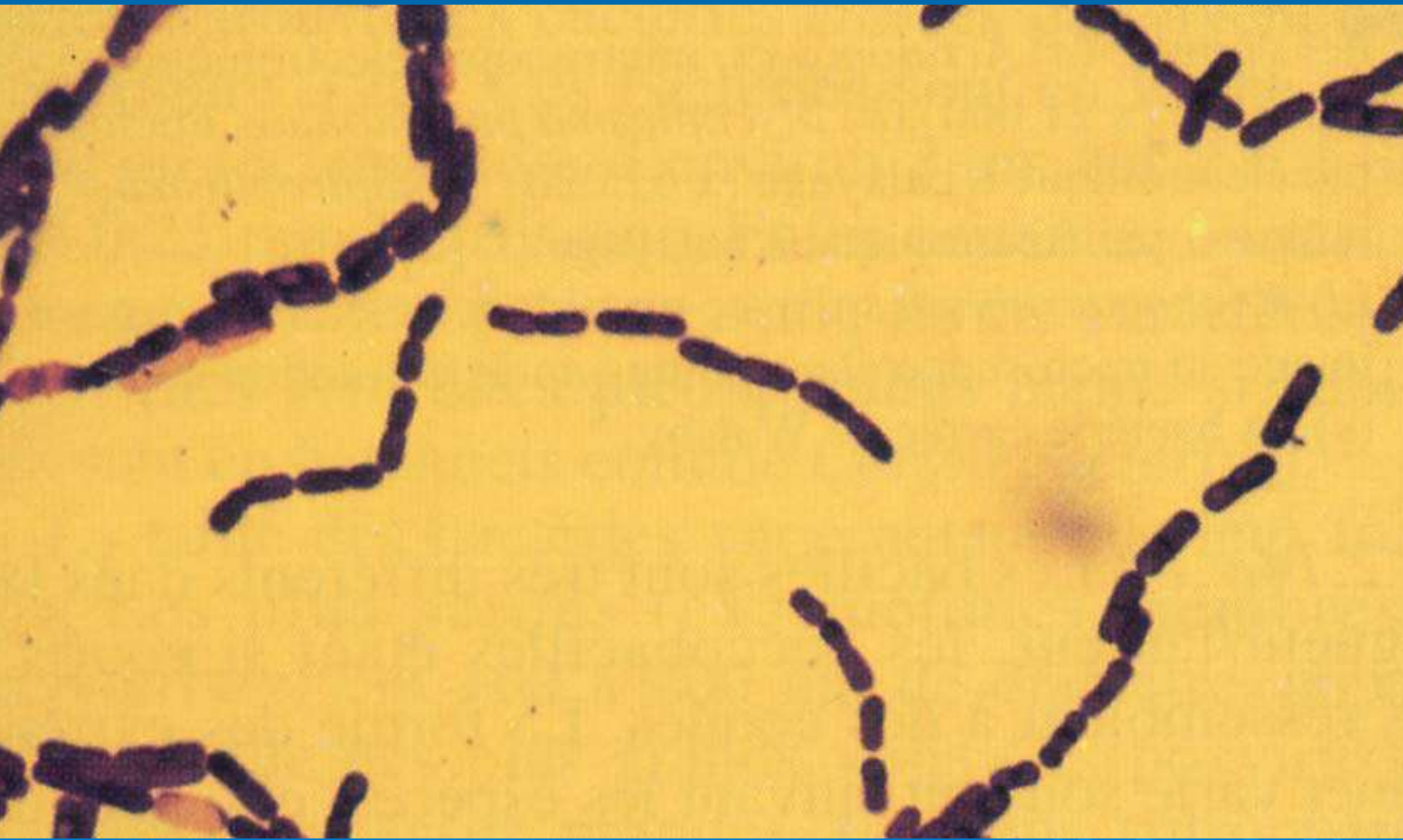
(b) Diplobacilli



(c) Streptobacilli



(d) Coccobacillus

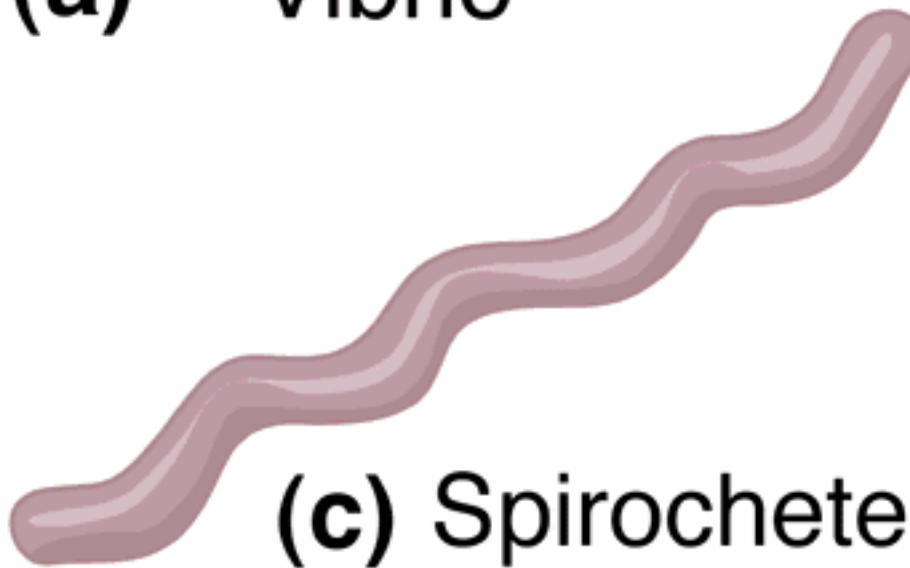
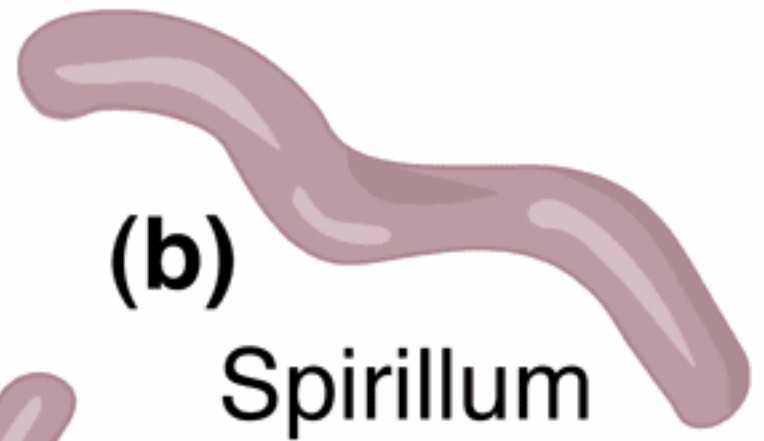


Bacillus megaterium (x 600)



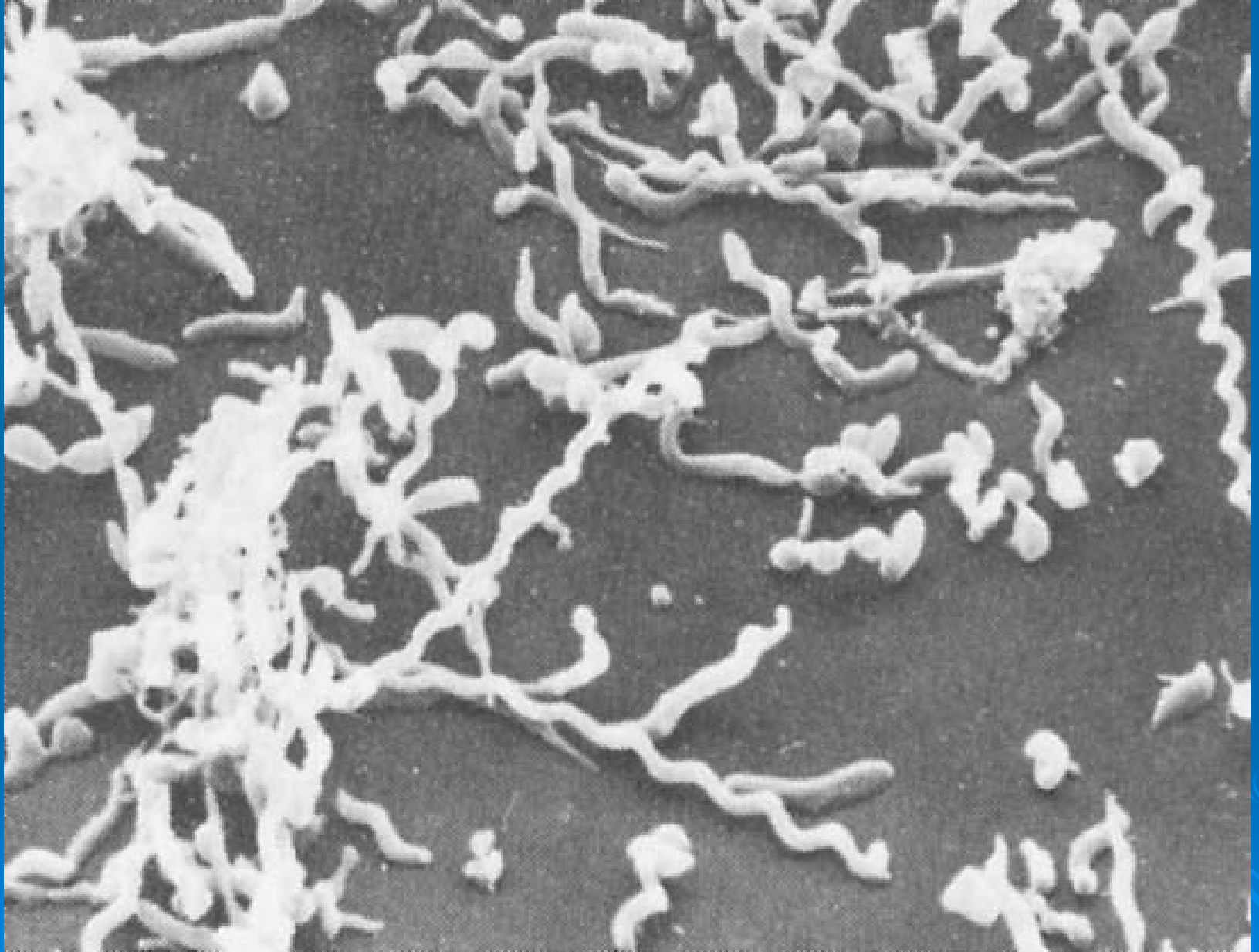
Bacillus anthracis

Bacteria: Spirilles



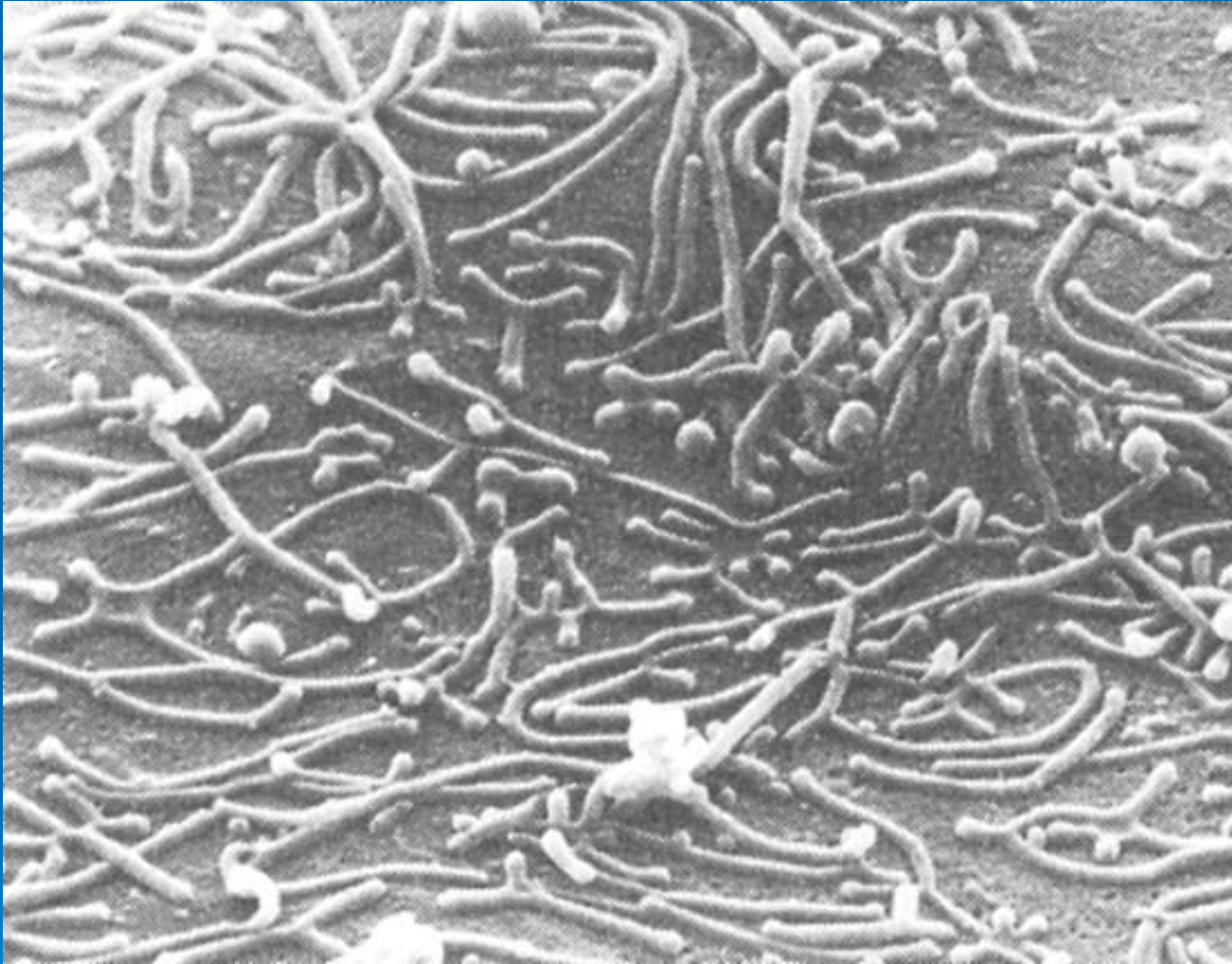


Rhodospirillum rubrum (x 500)



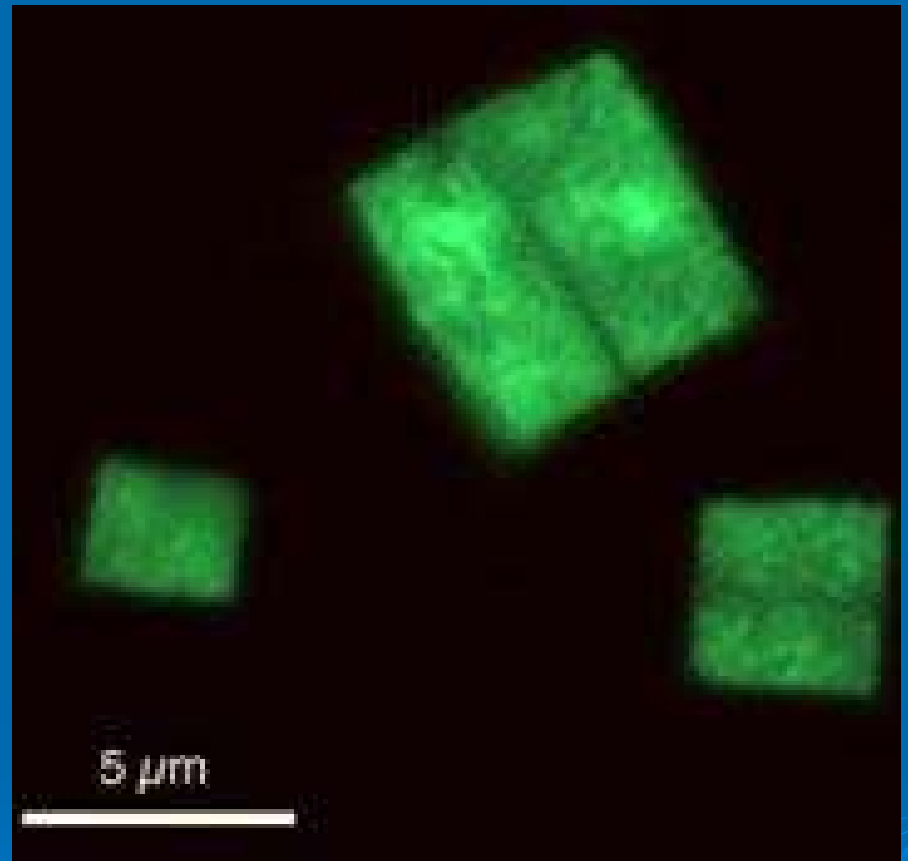
Spiroplasma (x 13000)

Formes inhabituelles...



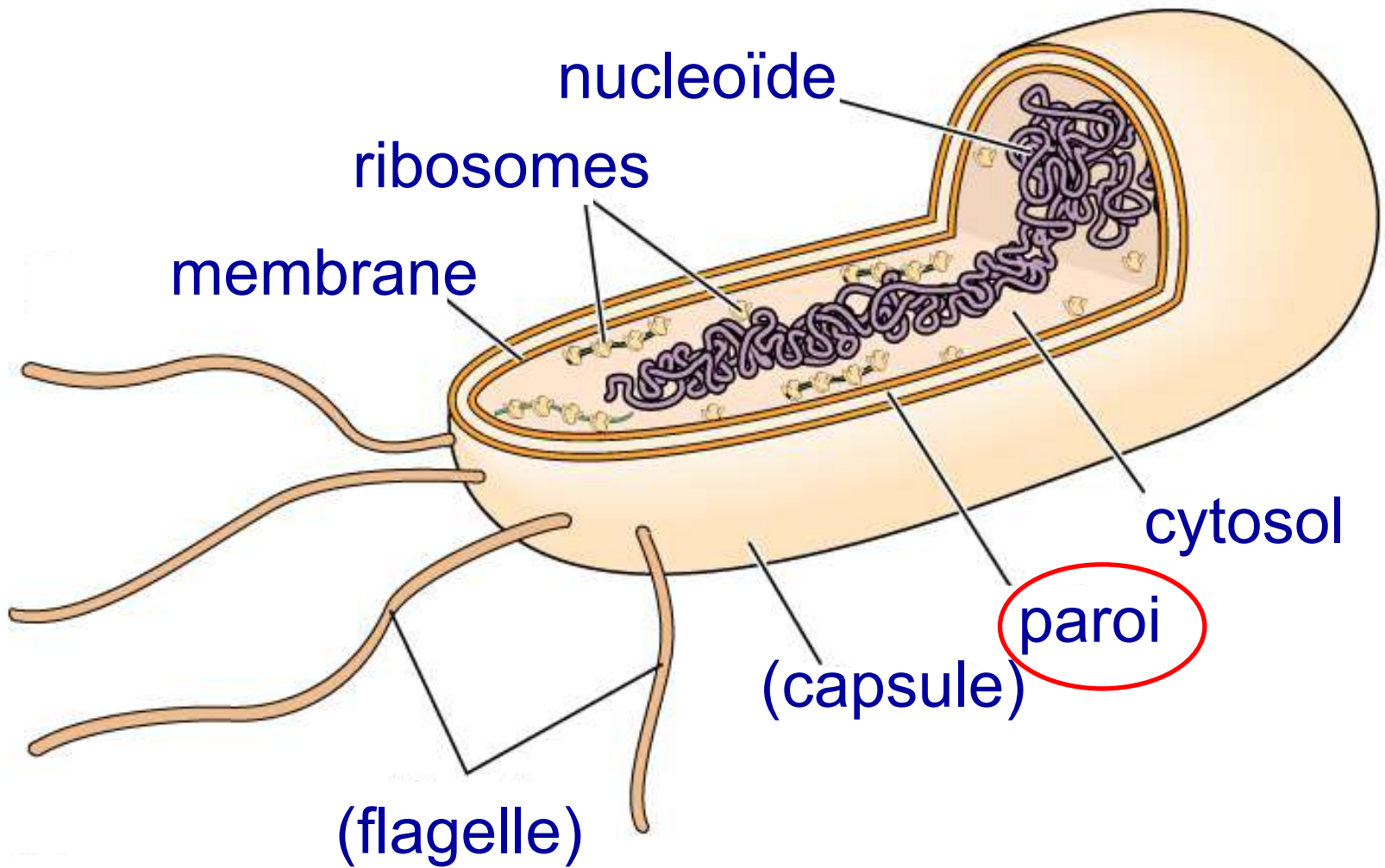
Mycoplasma pneumoniae (x 62000)

Formes inhabituelles...



Bactérie carrée de Walsby (Mer Rouge)

La cellule procaryote

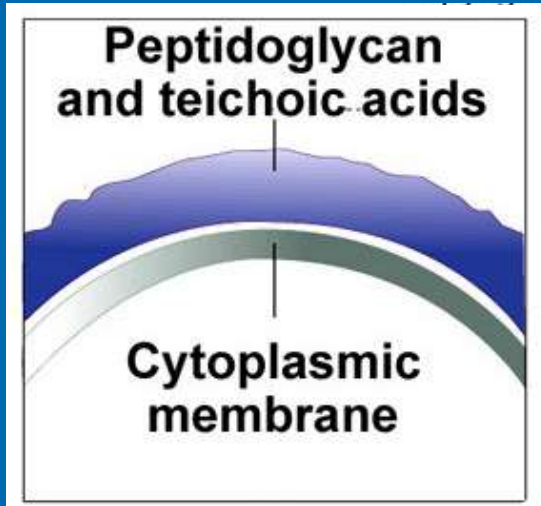


Paroi cellulaire

- Donne une forme à la cellule
- Protection contre la lyse
- Présente chez la plupart des bactéries (sauf les mycoplasmes et certaines Archaea)
- Répartition de la plupart des bactéries en deux groupes, basée sur la coloration de Gram (1884)

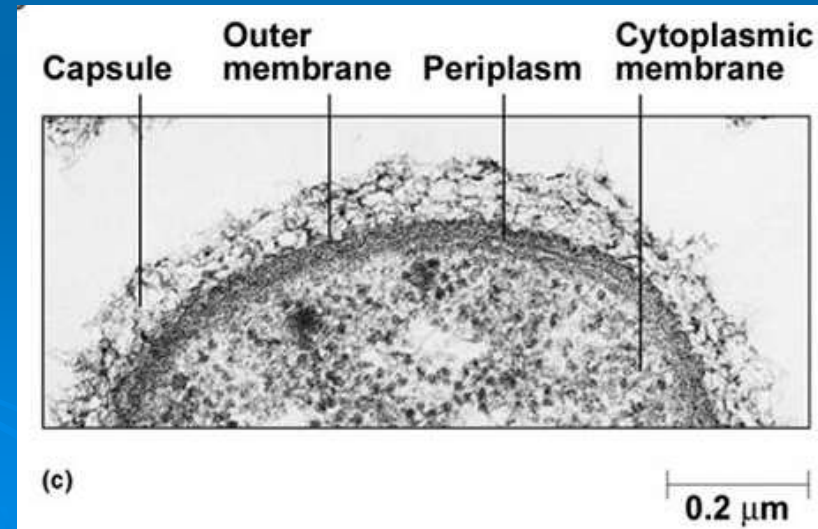
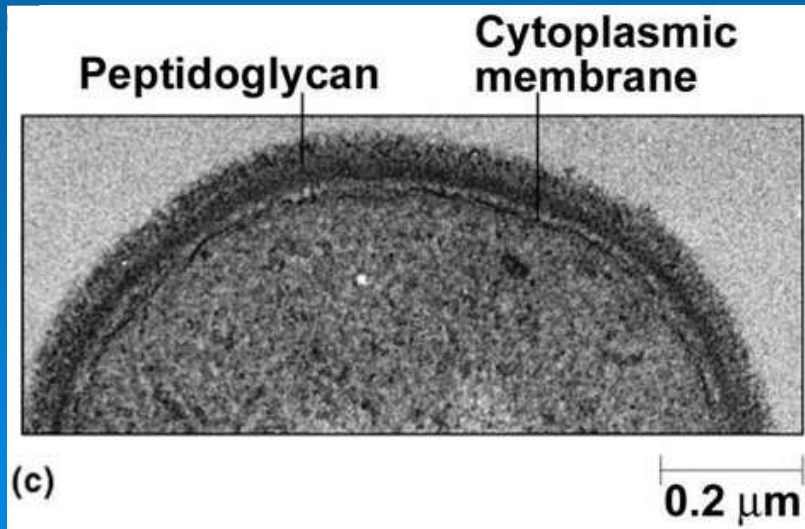
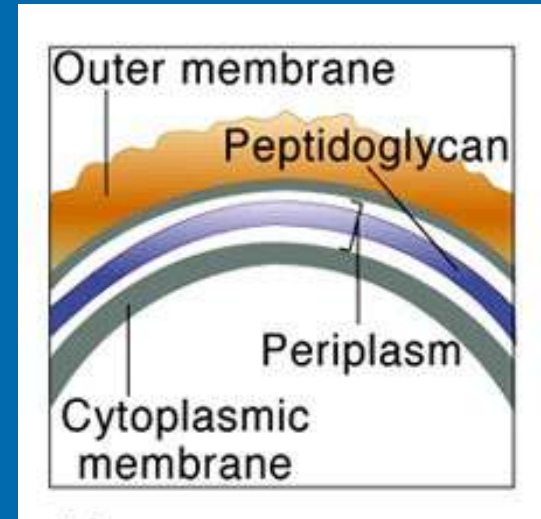
Gram+

Coloration pourpre

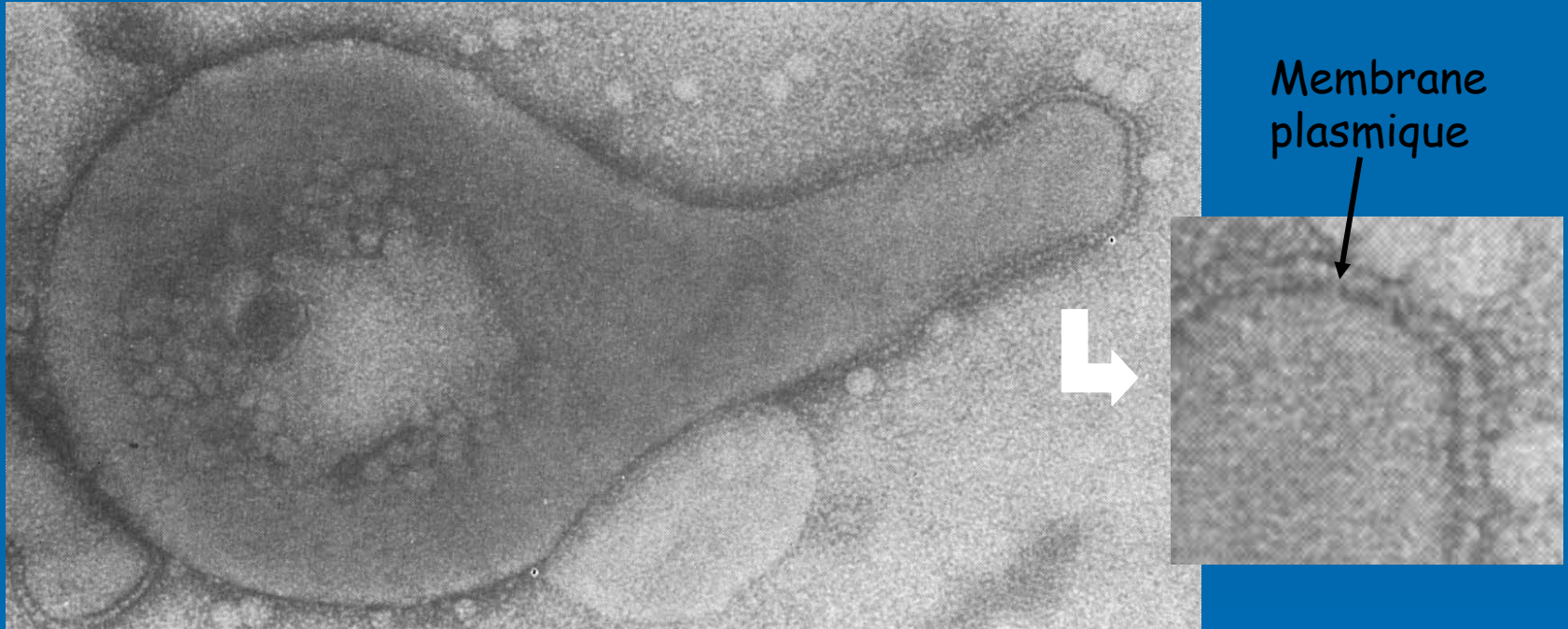


Gram-

Coloration rose



Toutes les bactéries ont-elles une paroi cellulaire?

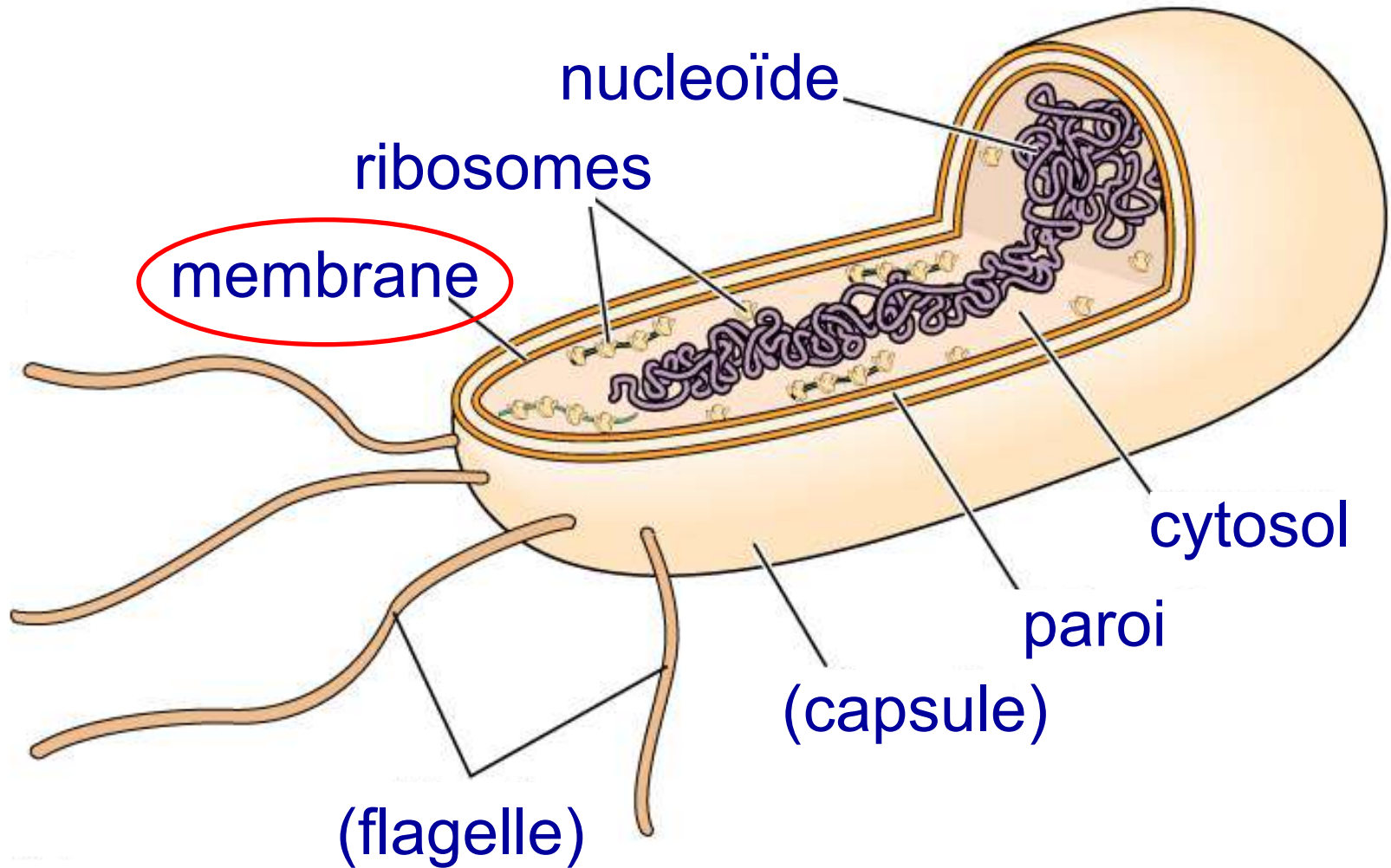


Mycoplasma pneumoniae (x 130.000)

Bactéries de la classe *Mollicutes*: pas de paroi

→ Structure perdue au cours de l'évolution

La cellule procaryote



Membrane plasmique

- Barrière perméable et sélective
- Limite mécanique de la cellule
- Transport des éléments nutritifs et des déchets
- Parfois siège de processus métaboliques particuliers (respiration, photosynthèse)
- Détection de signaux de l'environnement pour le chimiotactisme

Chimiotactisme (=chimiotaxie)

Tendance des cellules à se déplacer dans une direction déterminée en réponse à des substances chimiques.

Membrane plasmique

- Constituée de protéines et de phospholipides, pas de stéroïls (sauf chez les mycoplasmes et bactéries méthanotrophes)
- 5 à 10 nm d'épaisseur

Structures particulières

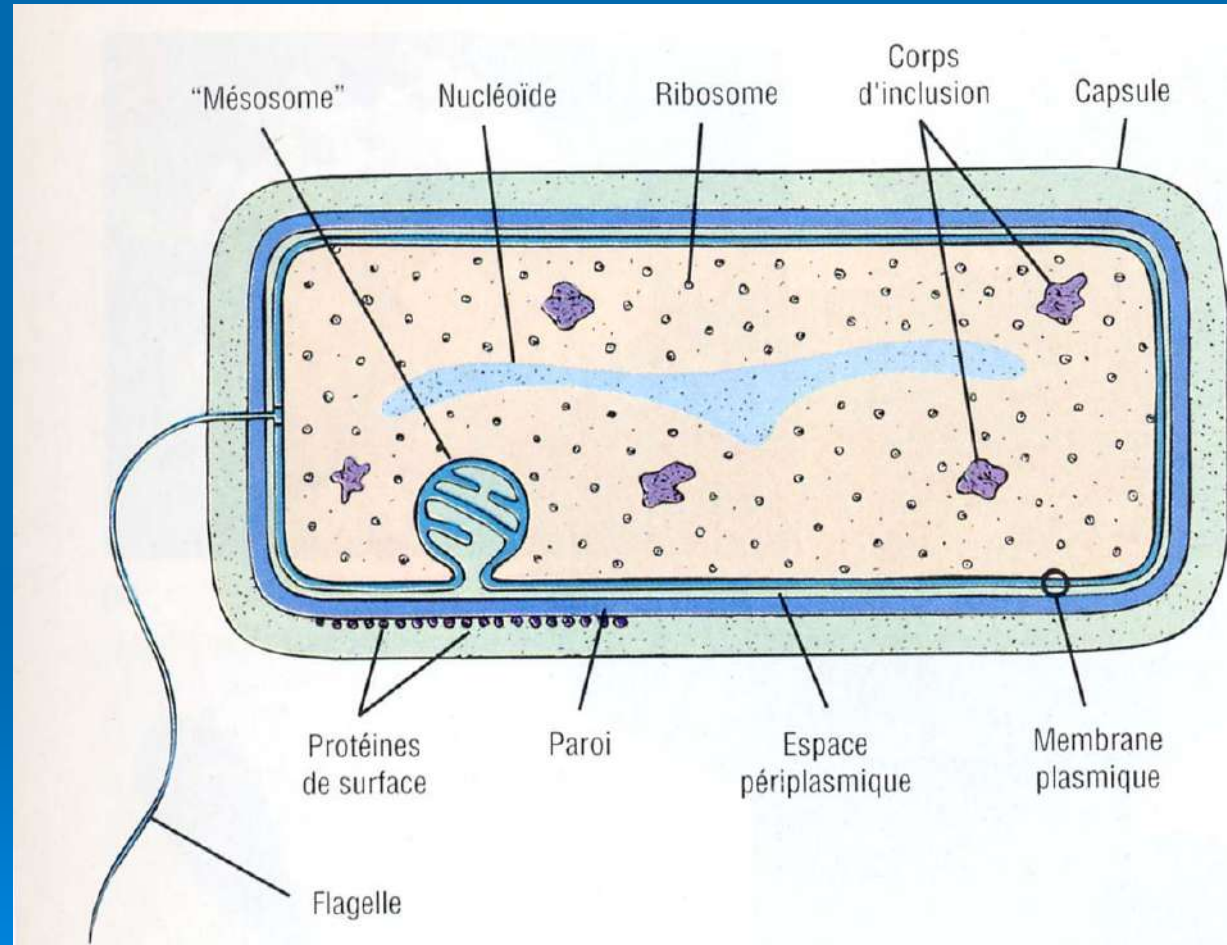
Présentes seulement chez certaines espèces

- Mésosome
- Vacuole gazeuse
- Corps d'inclusion et vésicules de stockage
- Couches mucoïdes, couches S, capsules
- Pili, flagelles
- Endospores

Structures particulières

Mésosome:

- invagination de la membrane plasmique
- Surtout chez les Gram+
- Fonction?... artefact?



Structures particulières

Vacuole gazeuse:

- Présente chez les cyanobactéries
- Permet flottaison
- Parois protéiques

Mise en évidence de la vacuole chez une cyanobactérie



➔ La destruction des vacuoles gazeuses de *Microcystis aeruginosa* l'empêche de flotter

Structures particulières

Corps d'inclusion:

- Certains sont entourés d'une membrane monocouche (lipides ou protéines), d'autres non (granule)
- Contiennent :
 - glycogène, poly- β -hydroxybutyrate (PHB)=réserve de carbone pour la production d'énergie
 - Éléments inorganiques: polyphosphates

Structures particulières

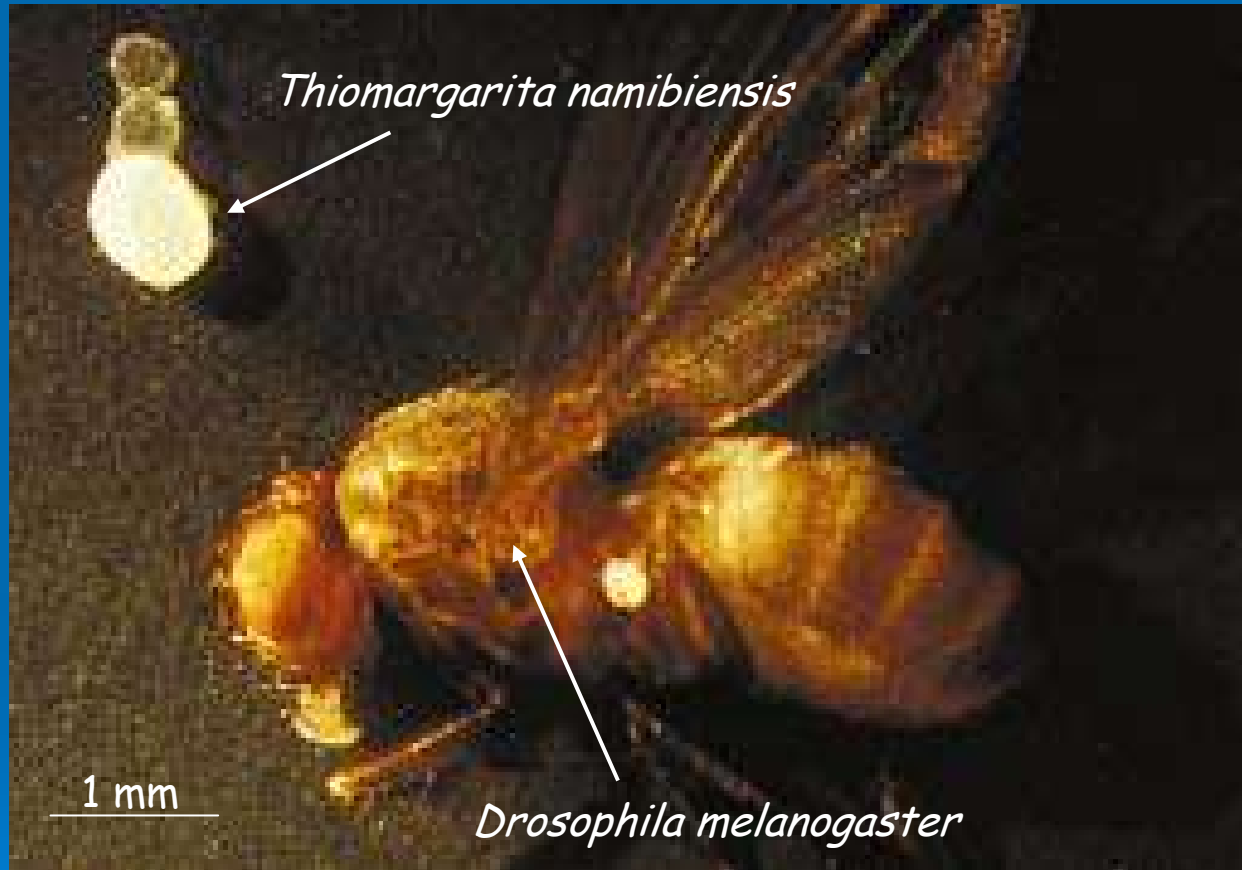
Vacuole de stockage:

Thiomargarita namibiensis

- Océan, près des côtes
- « Perle sulfureuse de Namibie »
- Globules de soufre + vacuoles contenant nitrates = 97% vol. cellulaire



Livre des records...



0,75 mm: 750x plus grosse qu'*E.coli*!!!

Structures particulières

Couches mucoïdes, capsules, couches S :

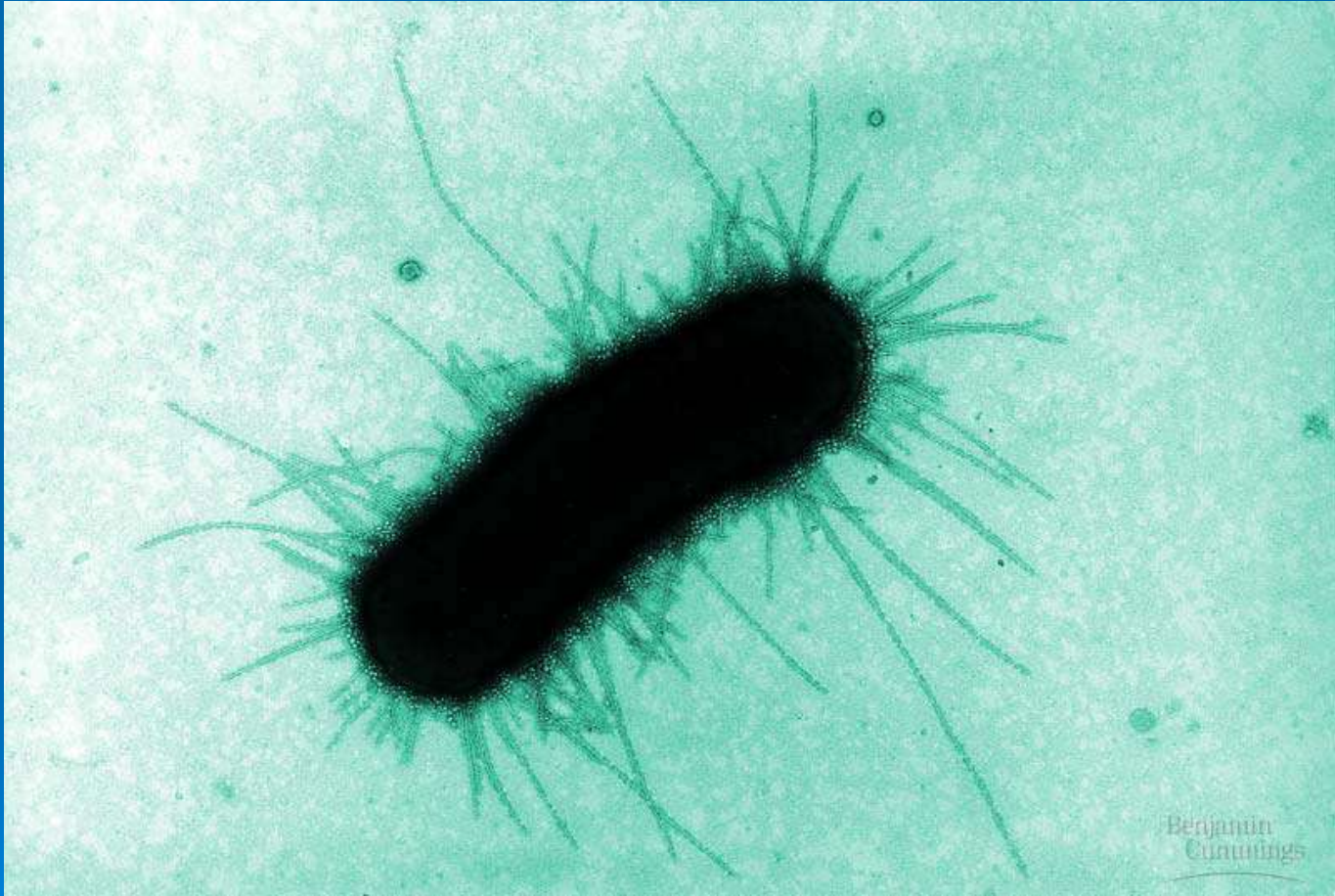
- Bacteria (Gram+, Gram-), Archaea
- Extérieur à la paroi
- Résistance à la phagocytose
- Attachement, virulence
- Constituées de:
 - Polysaccharides (C. mucoïdes, capsules)
 - Protéines, glycoprotéines (Couches S)

Structures particulières

Pili:

- Quelques dizaines par cellule
- 9 à 10 nm de diamètre
- Attachement aux surfaces
- Conjugaison bactérienne (=transfert information génétique)
- Site de fixation de certains virus

Pili d'une cellule procaryotique



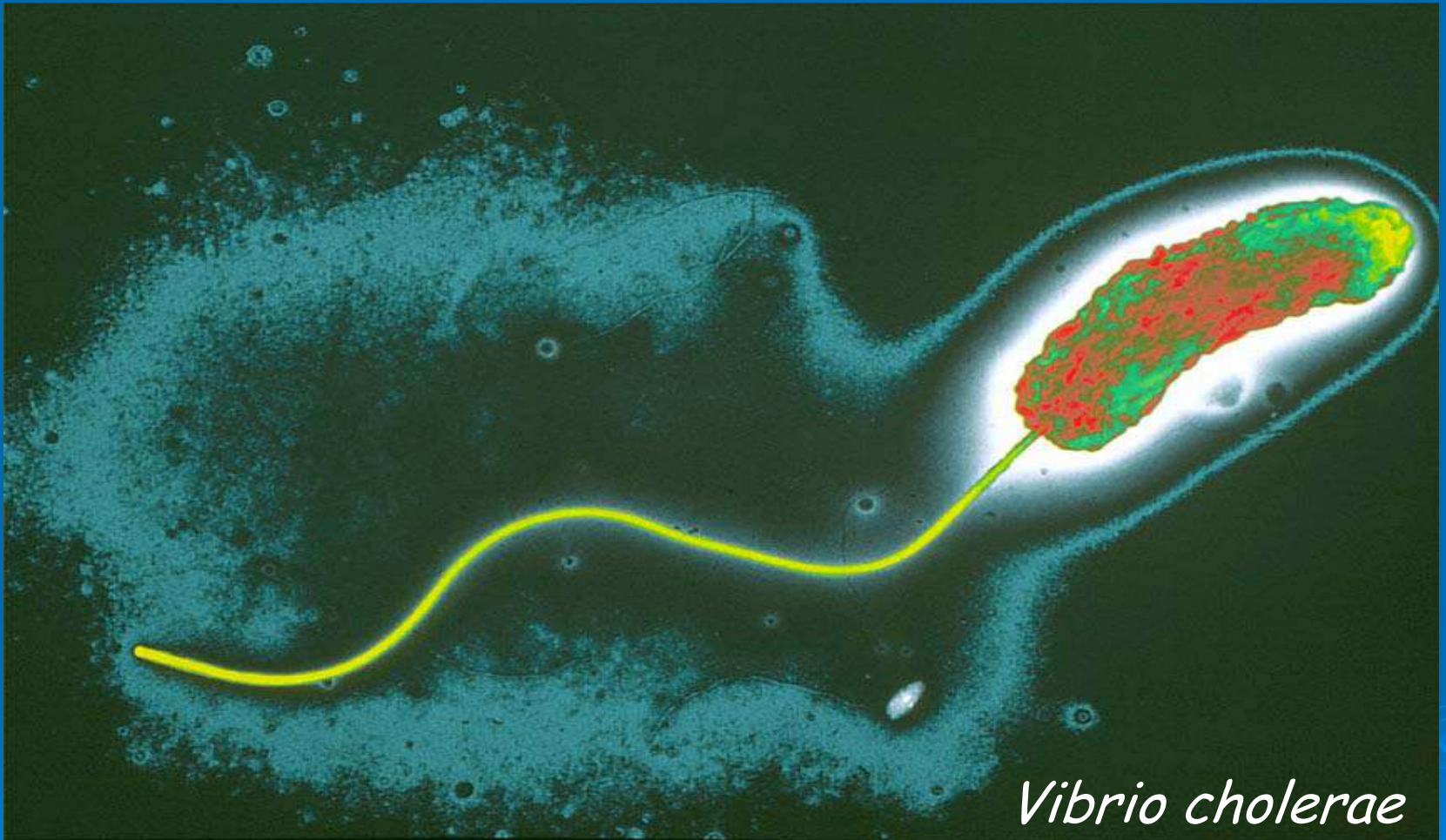
Escherichia coli

Structures particulières

Flagelles:

- Parfois plusieurs par cellule
- 20 nm diamètre, 15 à 20 μm de long
- Ultrastructure différente chez Gram+/-
- Mobilité cellulaire induite par la rotation des flagelles (40 à 60 rotations/s)
- Synthèse et fonctionnement: plus de 40 gènes

Flagelles de cellules procaryotes



un seul flagelle polaire = ciliature monotriche
(déplacement droit)

Flagelles de cellules procaryotes



plusieurs flagelles polaires = ciliature lophotriche
(déplacement droit)

Flagelles de cellules procaryotes



un flagelle à chaque pôles = ciliature amphitriche
(déplacement en zigzag)

Flagelles de cellules procaryotes



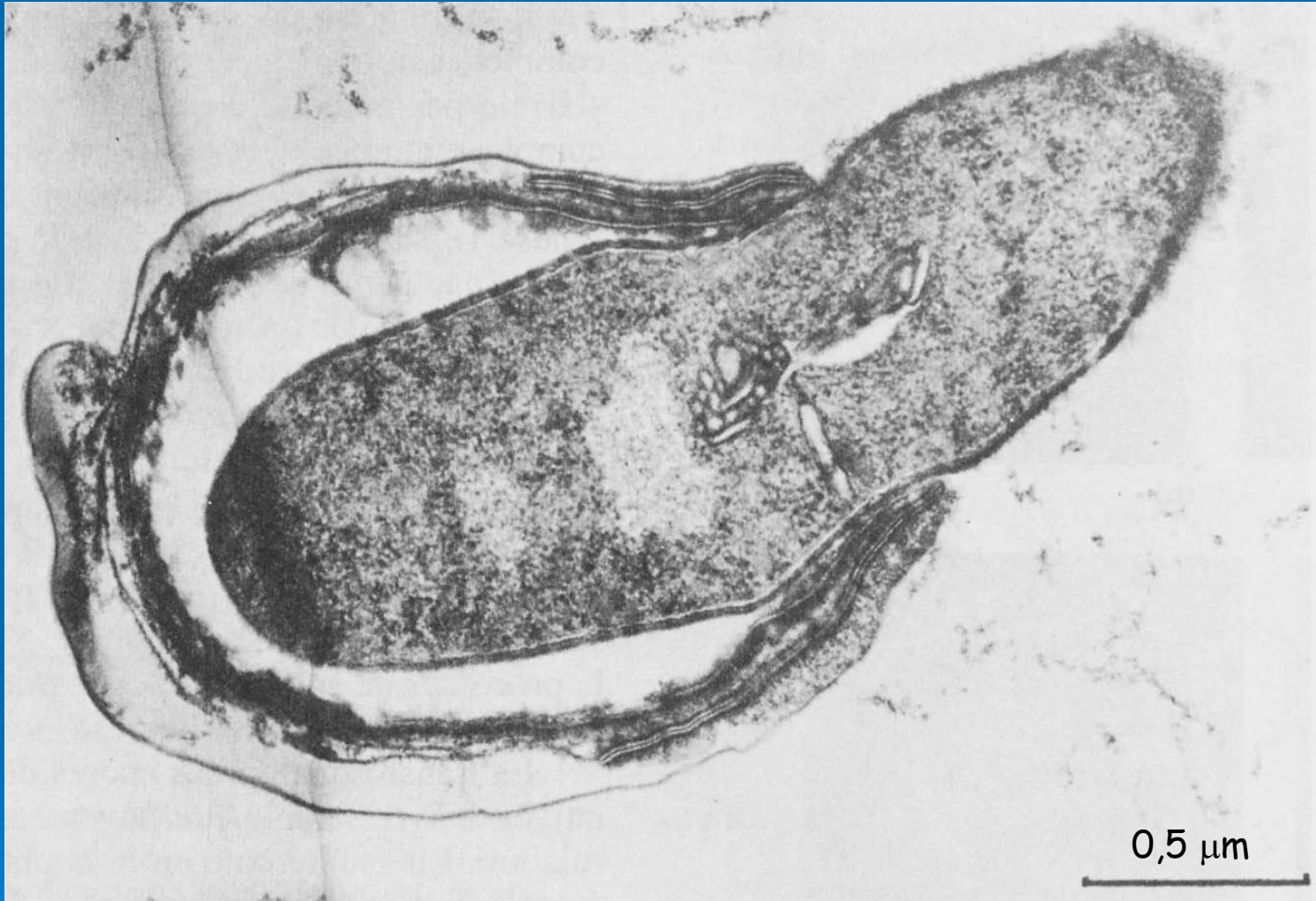
flagelles entourant la bactérie = ciliature péritriche
(mouvement tournoyant)

Structures de résistance

Endospores:

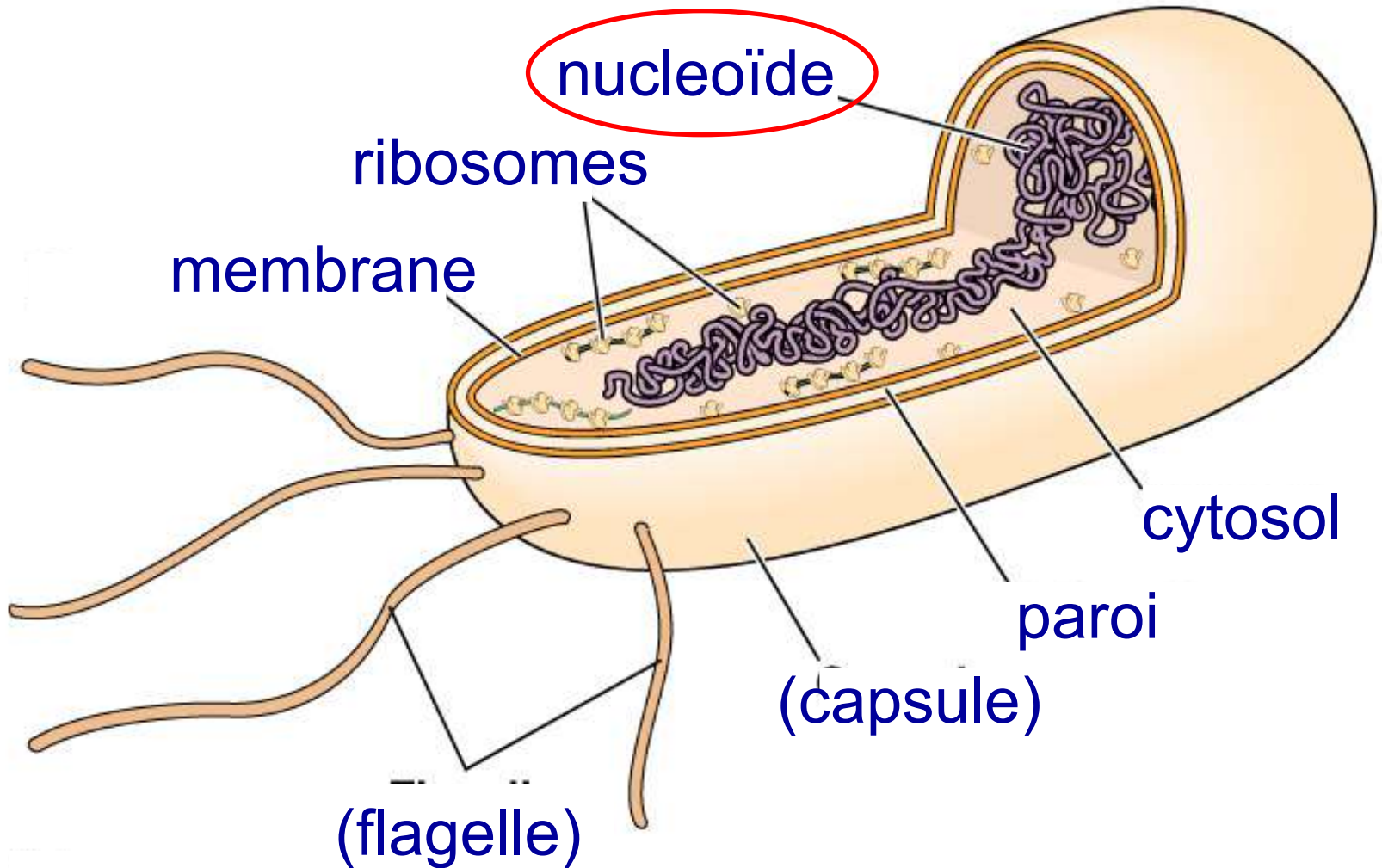
- Chez certaines bactéries Gram+ du sol (*Bacillus*, *Clostridium*)
- Contient le matériel génétique (ADN)
- Faible teneur en eau (10-30% d'une cellule végétative)
- Structure de survie en conditions extrêmes (dessiccation, radiations, hautes températures, agents chimiques...plus de 500 ans !)

Endospore bactérienne



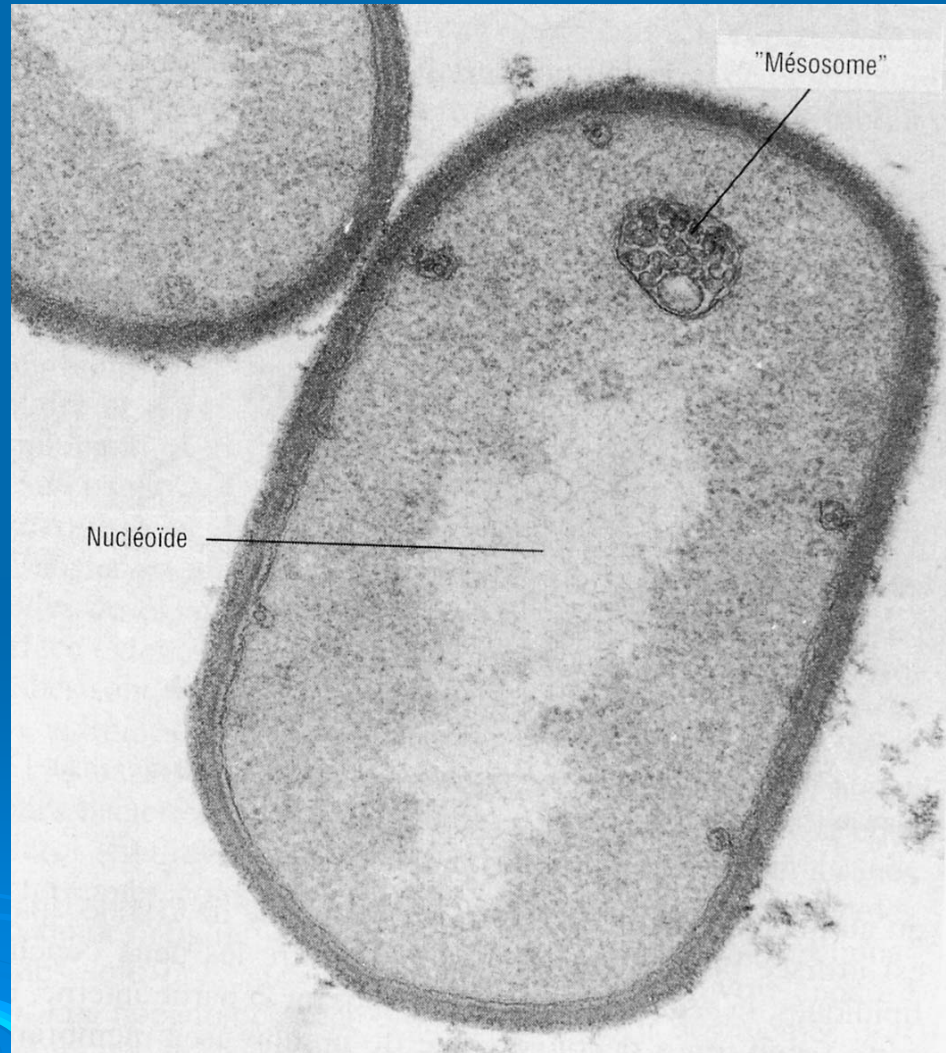
Germination d'une endospore
de *Clostridium pectinovarium*

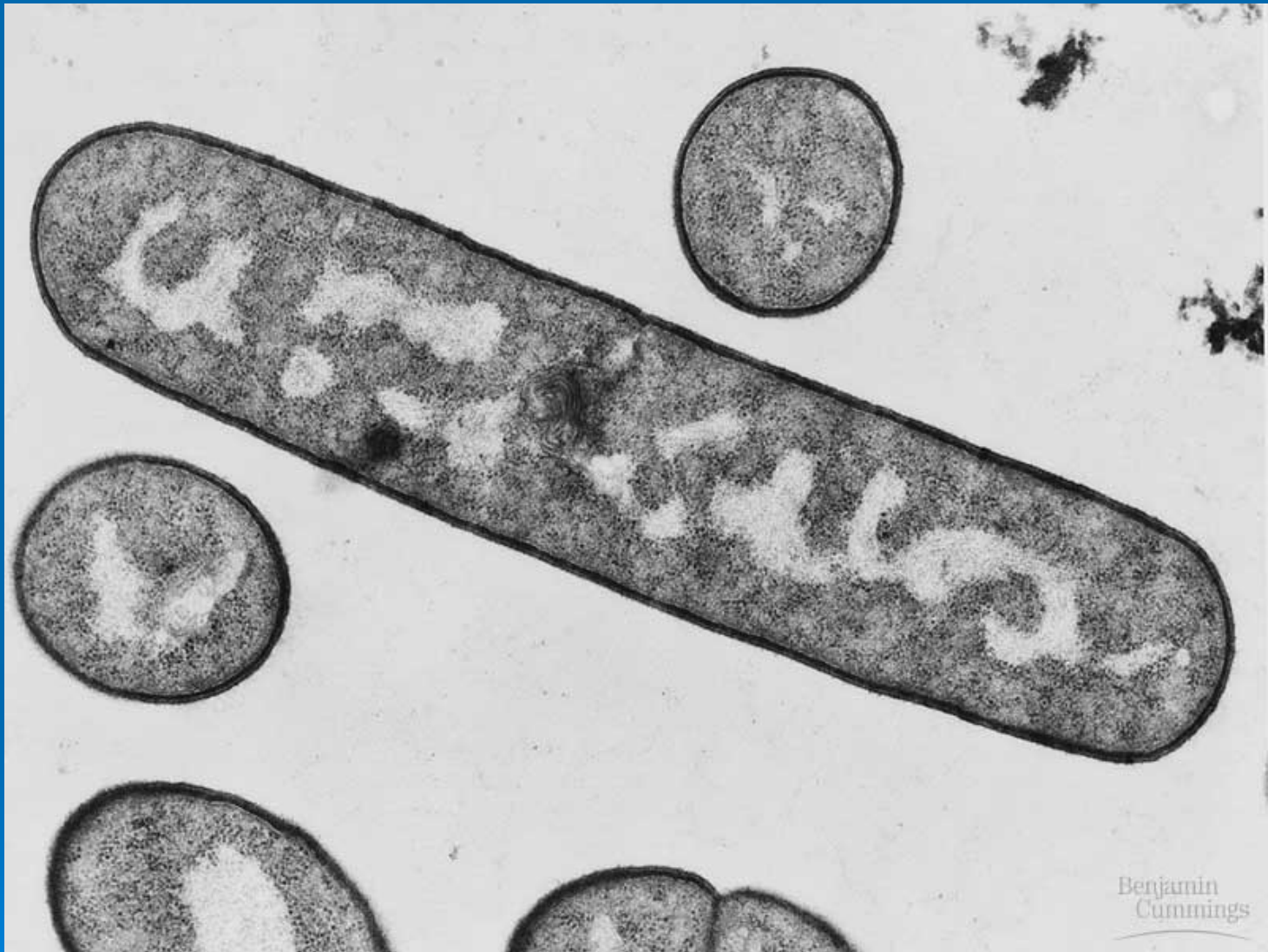
La cellule procaryote



Le nucléoïde

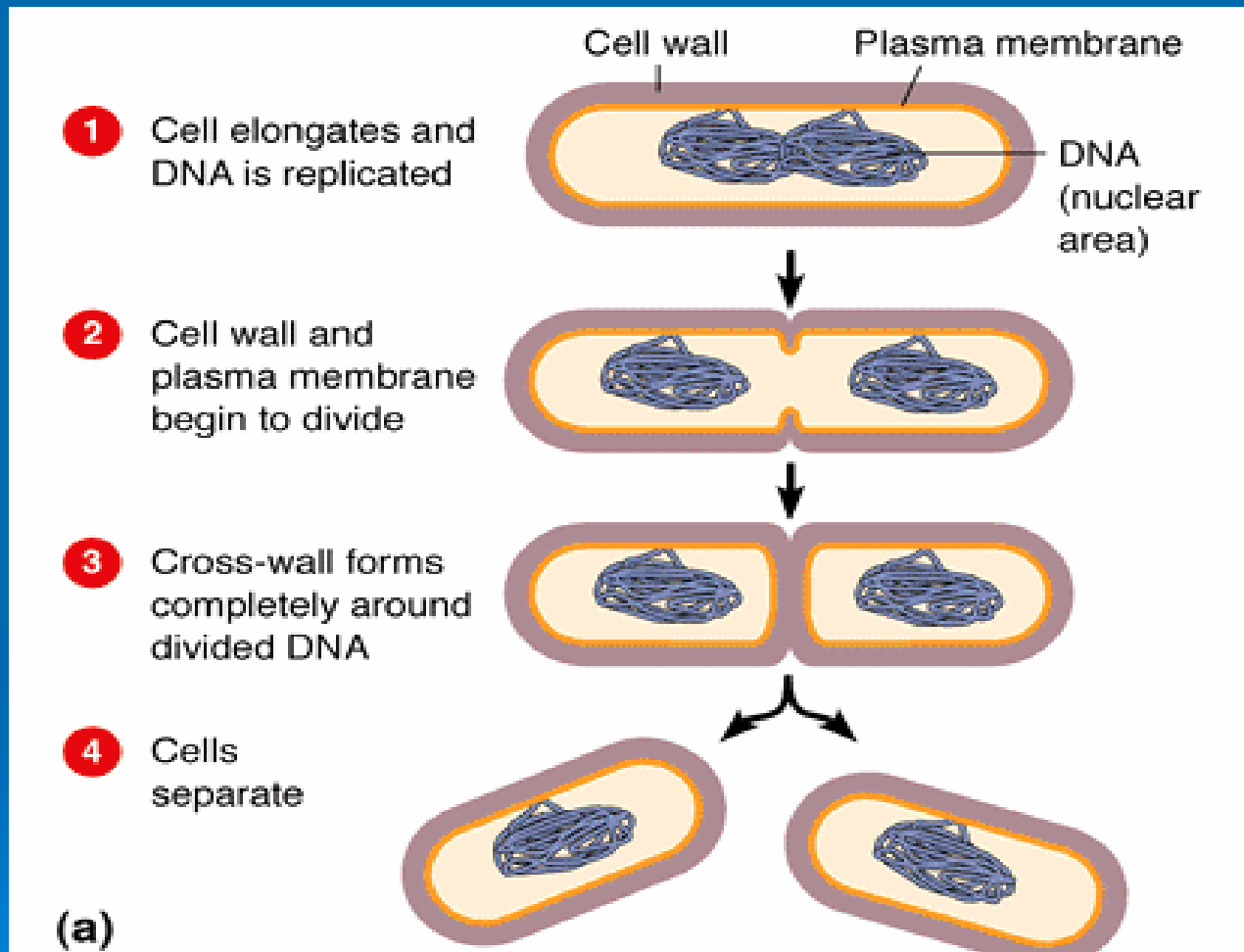
- Structure claire observable au microscope
- ADN chromosomique condensé
- Région sans ribosomes
- Fraction du cytoplasme colorable et isolable
- Pas de membrane





Bacillus polymyxa

La division cellulaire



➔ Division par fission binaire (scissiparité)



Escherichia coli

Croissance bactérienne



Croissance de Escherichia coli en accéléré (équivalent à 3h)

Croissance bactérienne

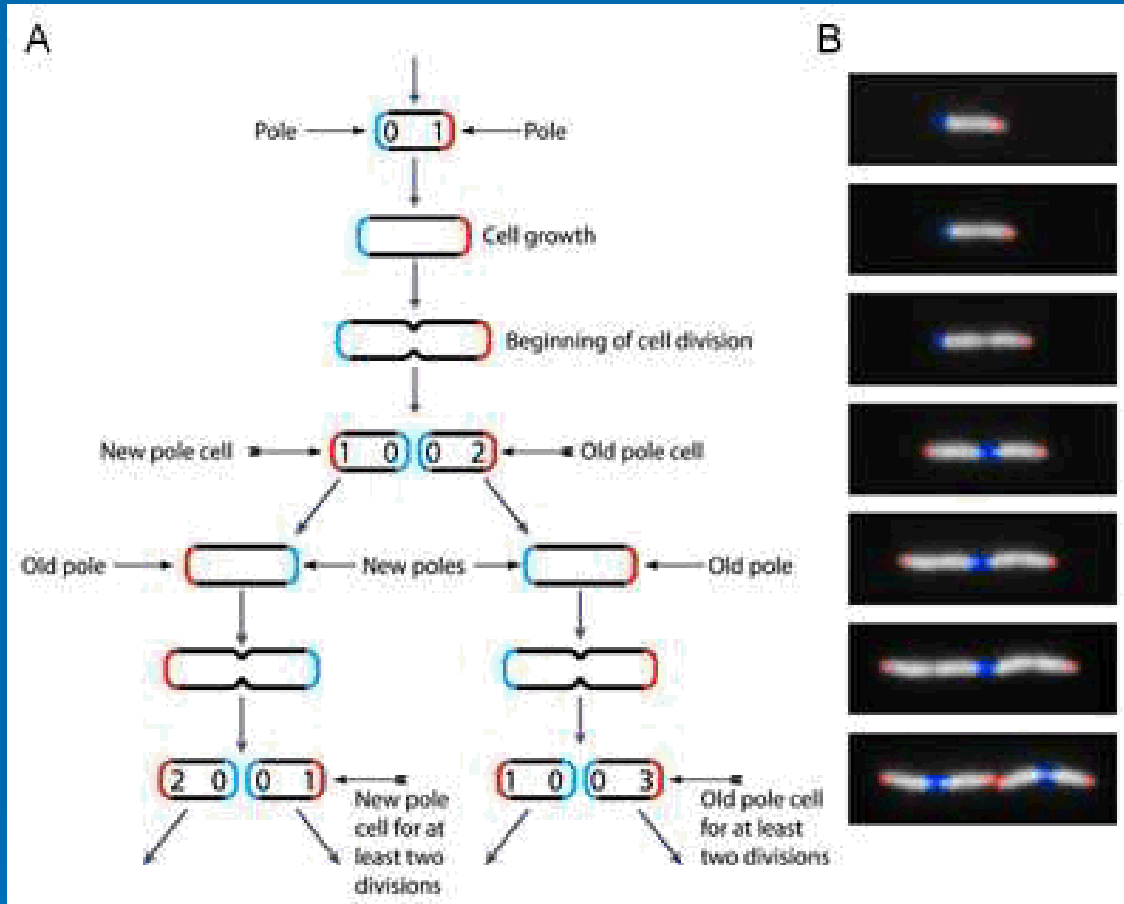
Streptococcus pneumoniae

Growth over 12 Hours

©James A. Sullivan
Quill Graphics

<http://comet.net/quill>

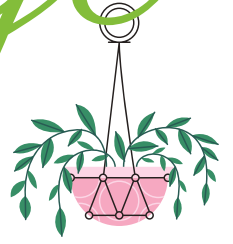
Les bactéries vieillissent aussi...



Suivi des divisions cellulaires bactériennes durant 6 heures (35 000 cellules)
Observation d'une mortalité cellulaire:

- soit brutale, éclatement de membrane par exemple
- soit progressive et transmissible, menant à une mort clonale (les 8 arrière petite filles d'une même cellule peuvent mourir en même temps)
- soit associée à l'âge du « vieux pôle »

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

