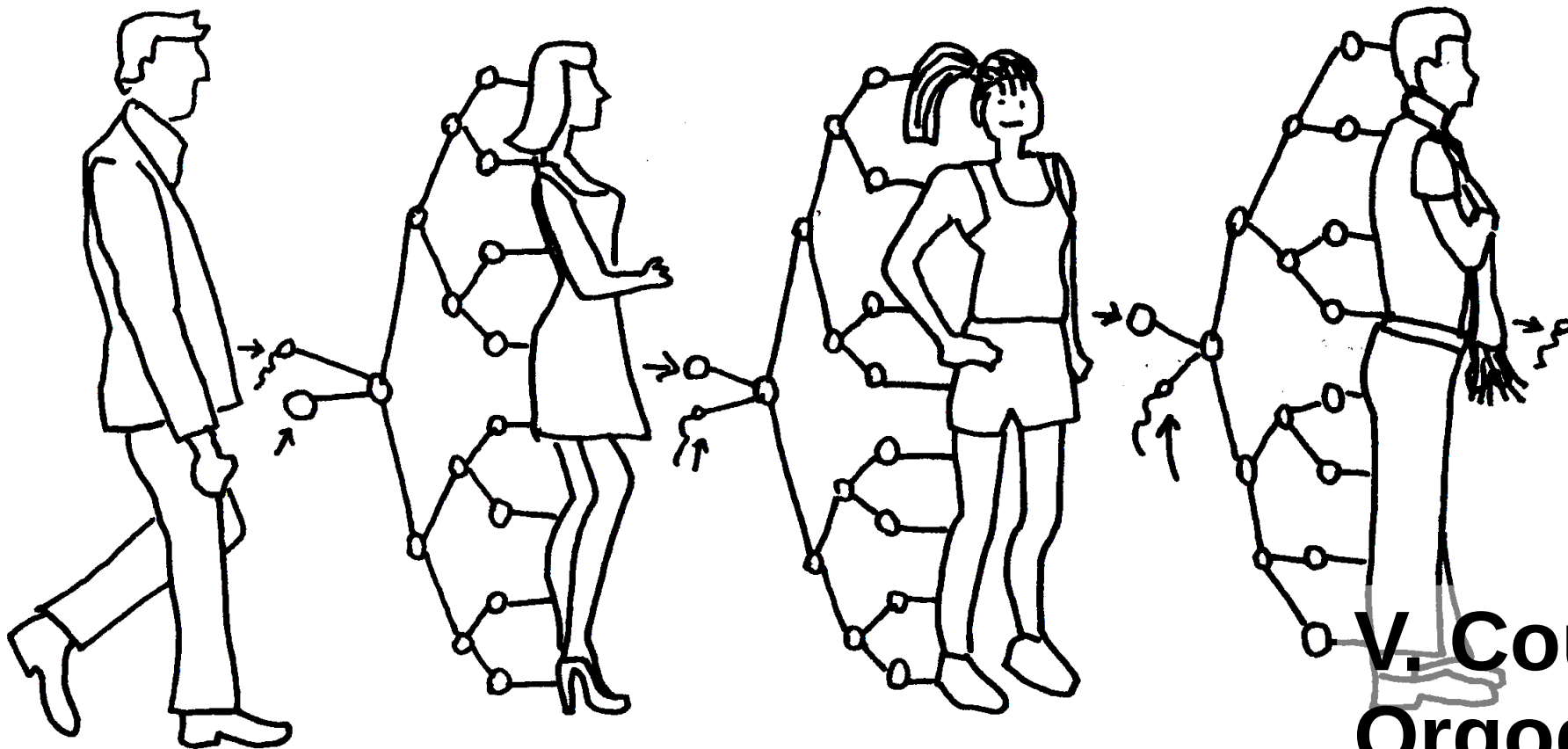


The chain of living beings

Reproduction
Sexual reproduction
Origin of living beings



**V. Courtier-
Orgogozo**

Machines versus êtres vivants



Complexité moindre

Éléments stables

Nécessite une intervention
extérieure pour :
sa construction,
son assemblage,
sa maintenance,
sa réparation



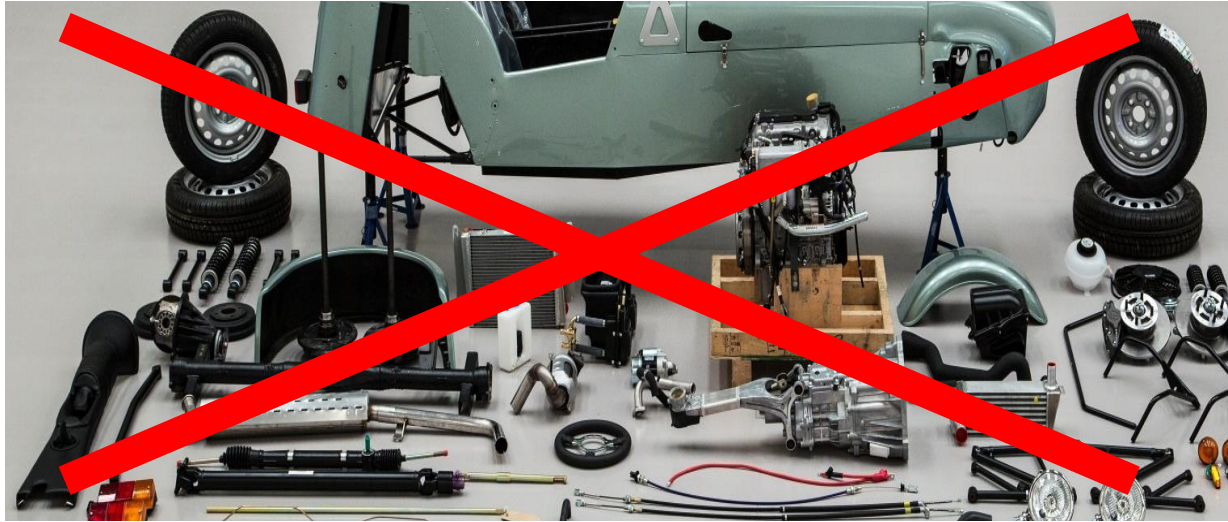
Complexité immense

Flux de molécules entrant et
sortant

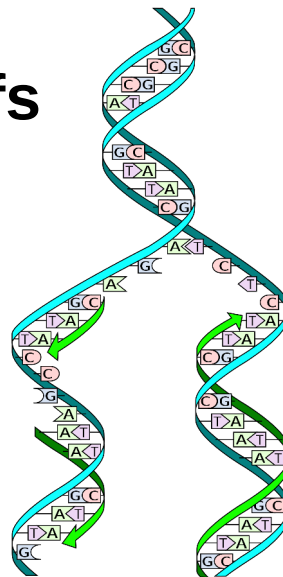
S'auto-assemble
Se reproduit
Est issu d'êtres vivants

Pas de début

**Un organisme n'est pas le résultat
d'un assemblage d'éléments non vivants**



**..mais résulte de
changements successifs
apparus au cours de
l'évolution**



Orgogozo et al 2015 Frontiers Genetics

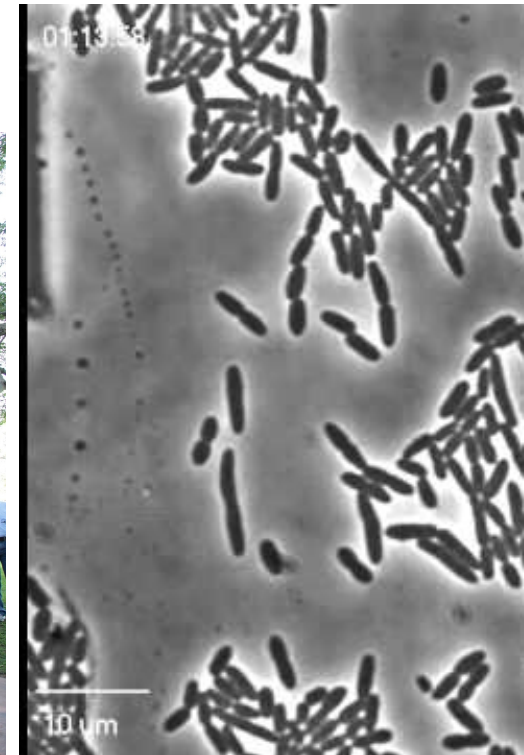
How complex systems persist



Pando (Aspen)
8000-12 000 years old



Sunland Baobab
> 1000 years old



E. coli
20-min cycle

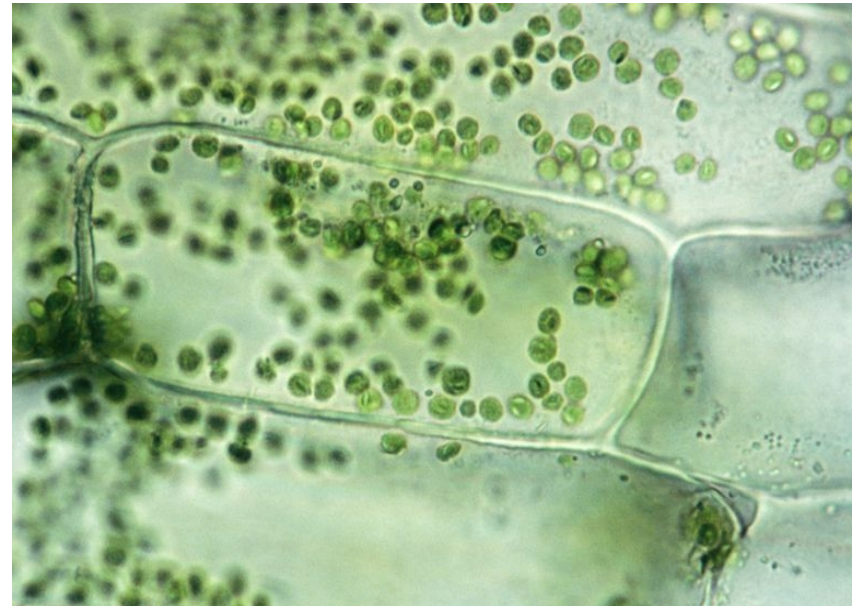
Theodore Schwann, 1839

« Tous les êtres vivants sont composés de cellules »

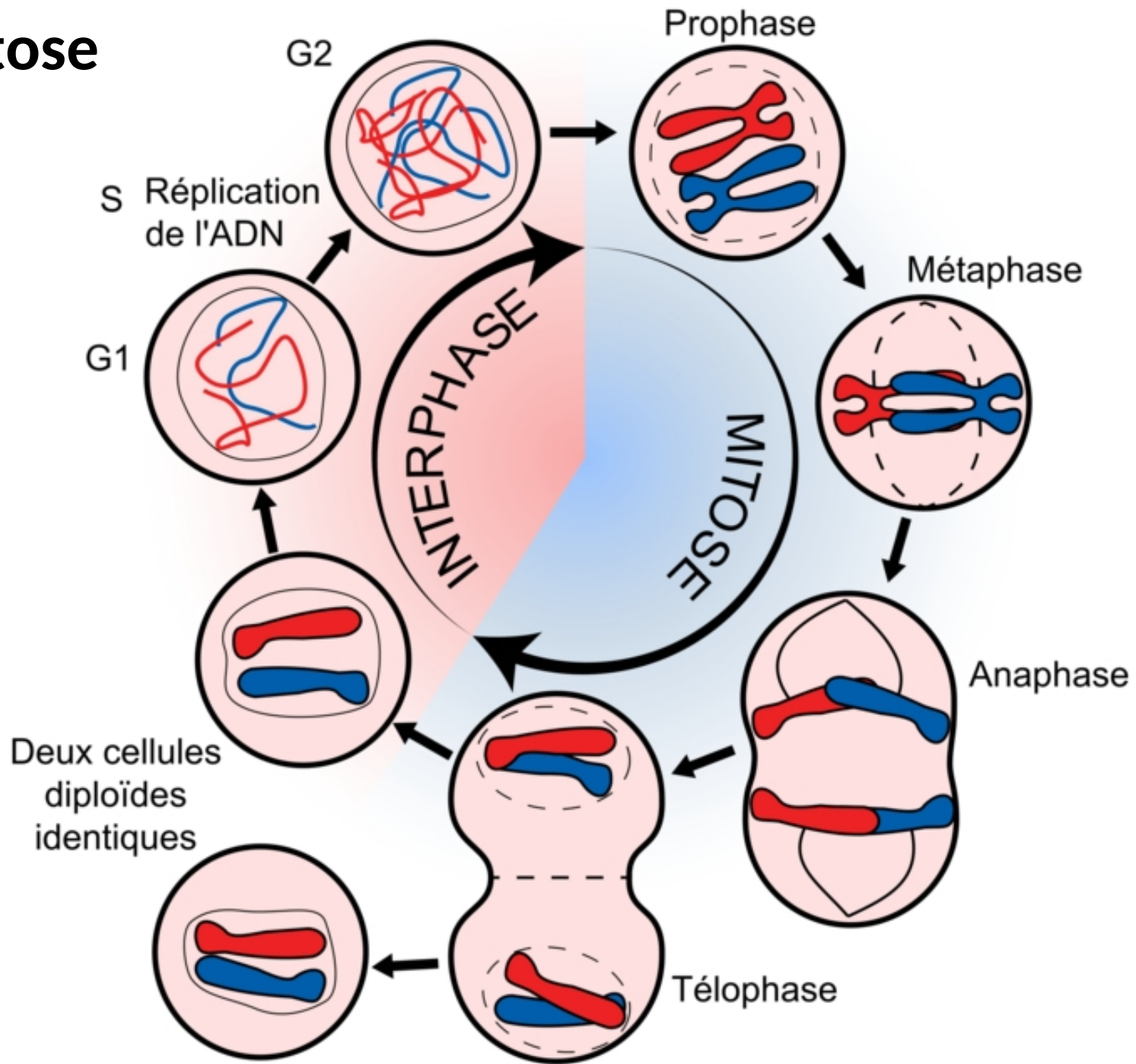
- 1) La cellule est l'unité de structure, de physiologie et d'organisation des êtres vivants.
- 2) La cellule a une existence duale comme entité distincte et comme élément constitutif de la construction des organismes.

Rudolf Virchow, 1857

« Chaque cellule est issue d'une autre cellule »

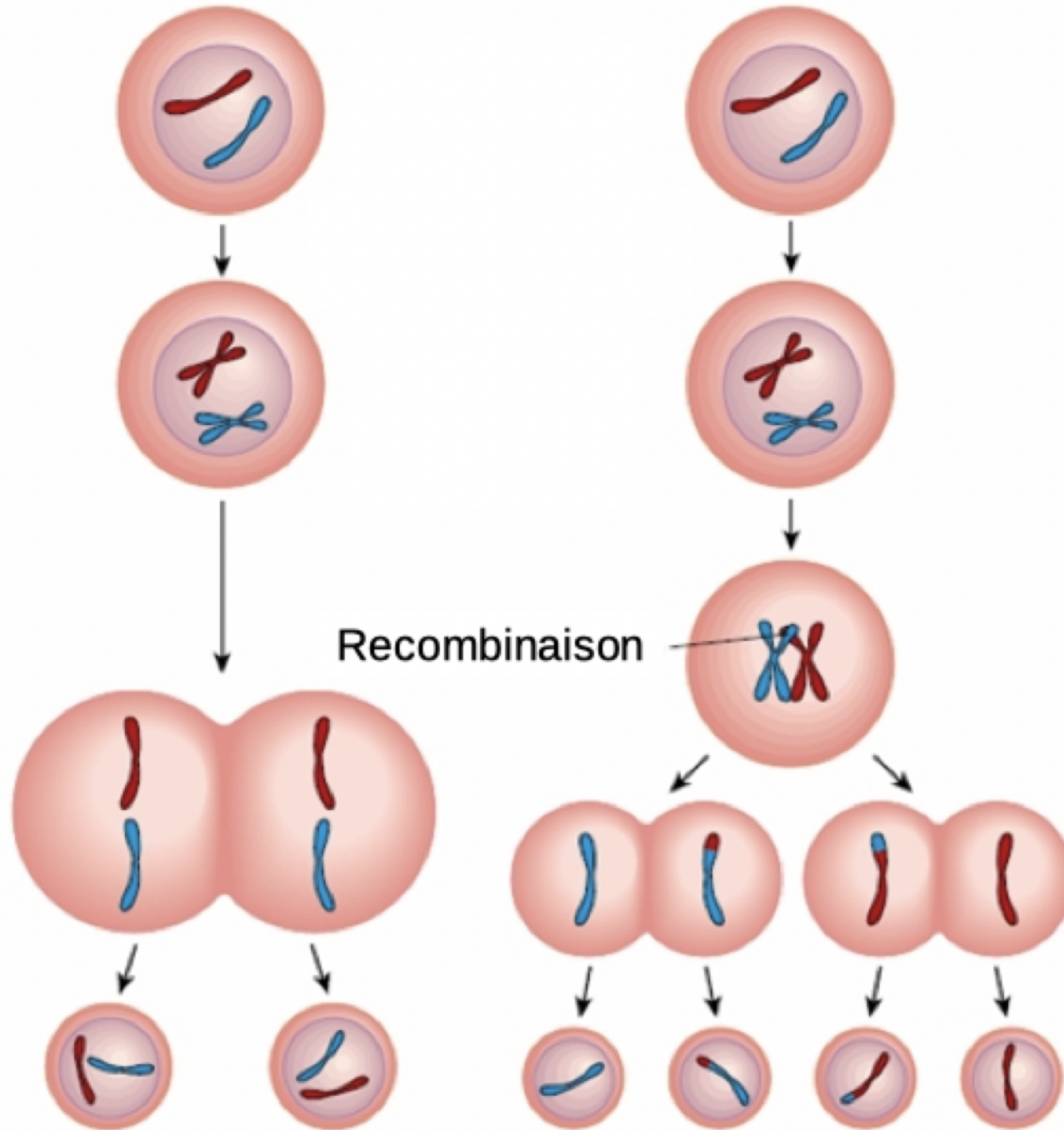


La mitose

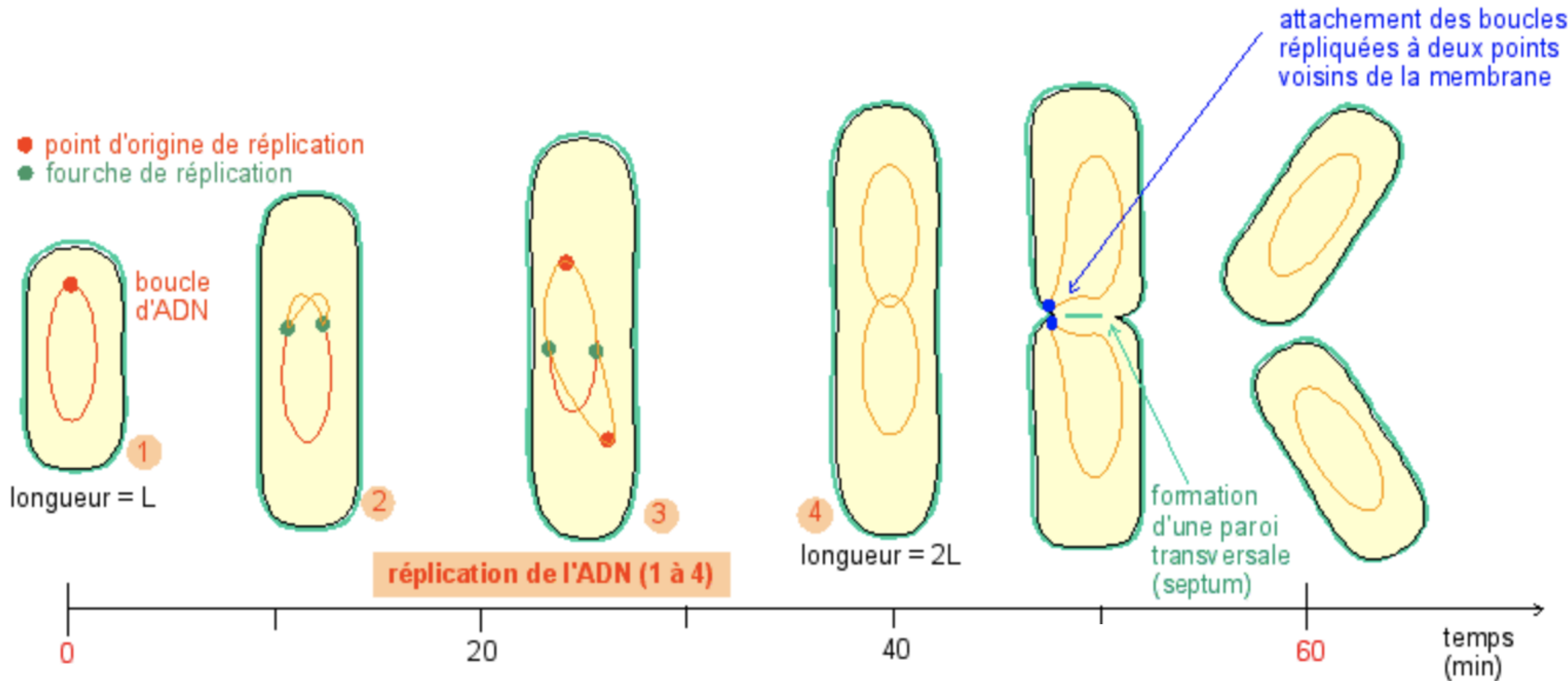


Mitose

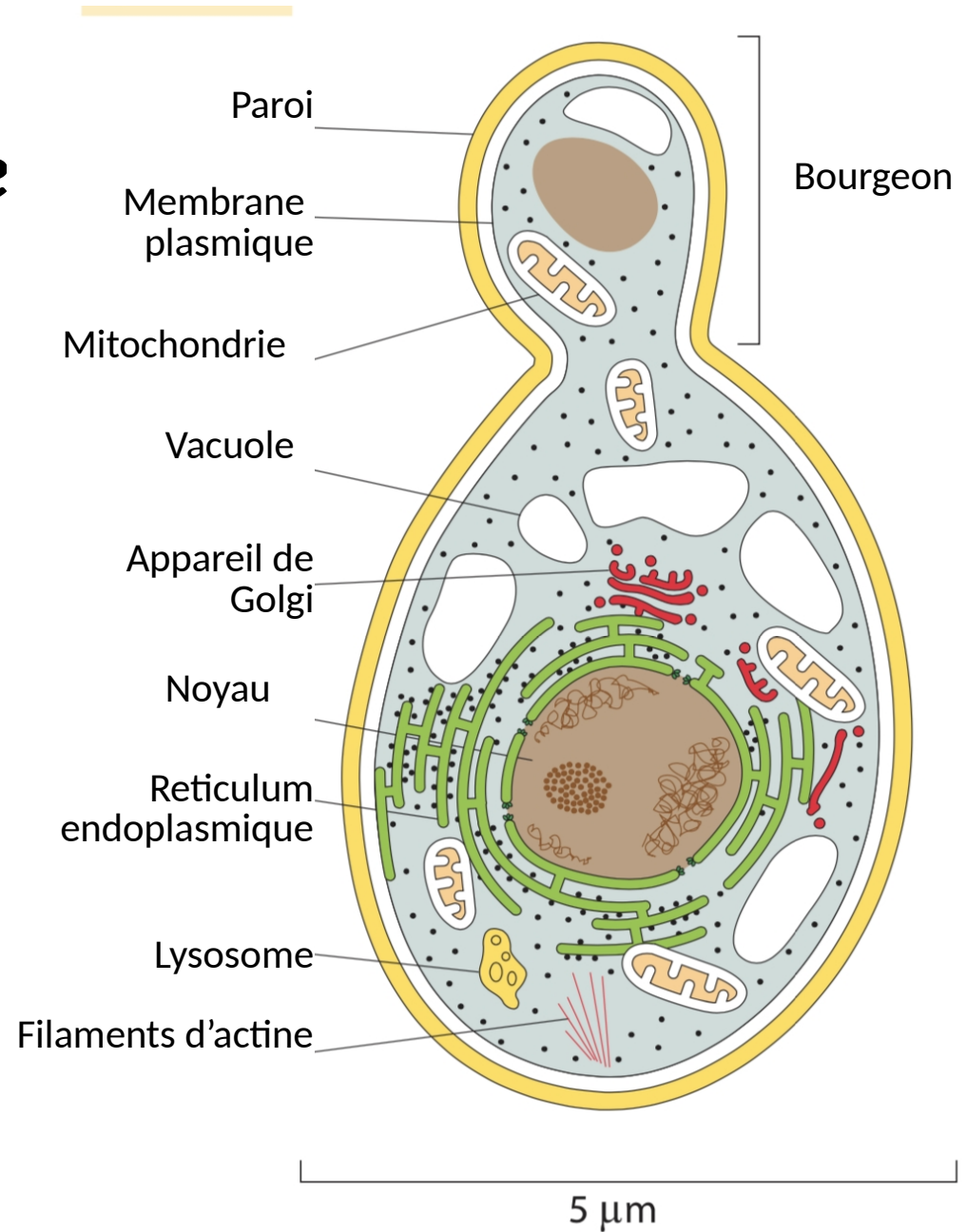
Méiose



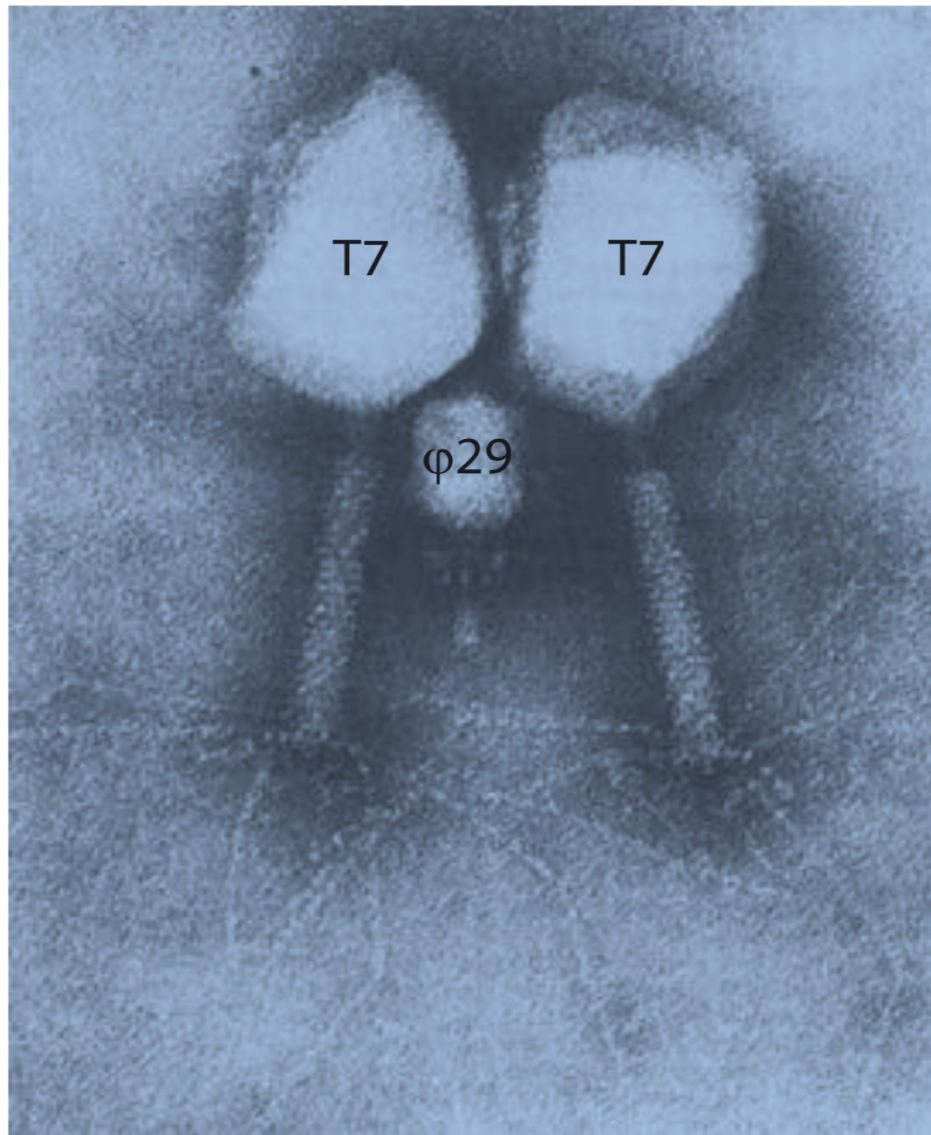
La reproduction de la bactérie *Escherichia coli*



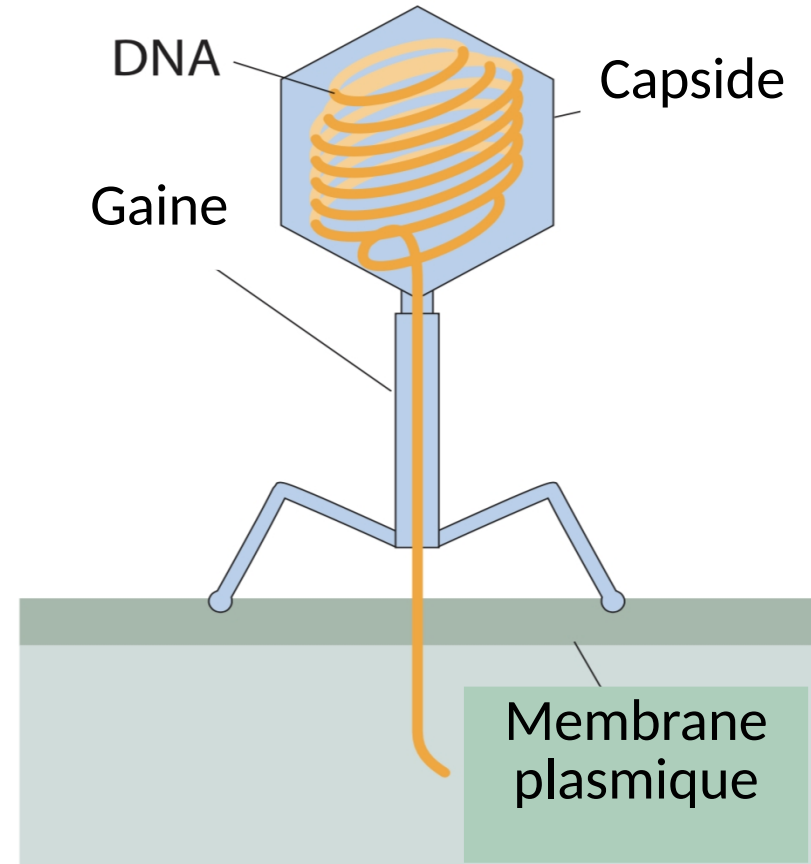
La reproduction de la levure *Saccharomyces cerevisiae*



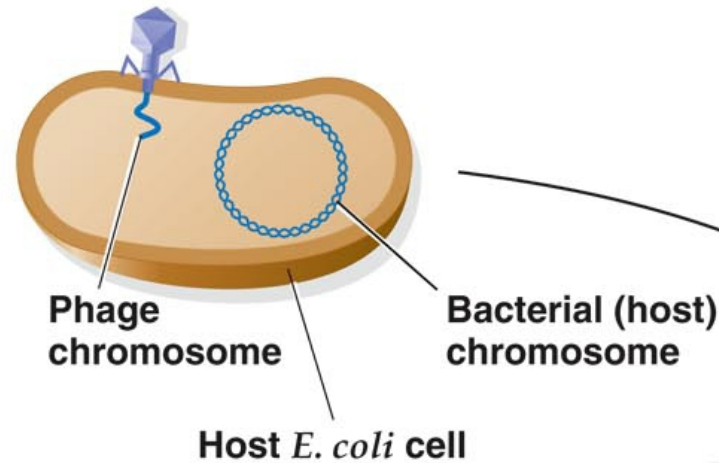
Virus infectant les bactéries = phages



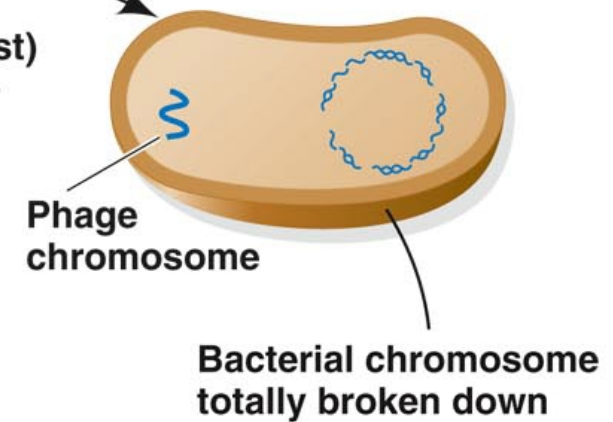
100 nm



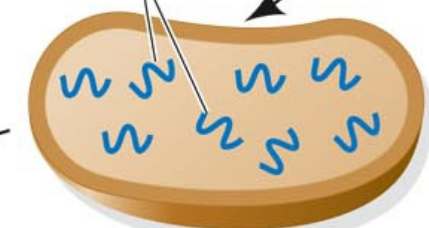
1 Attachment of phage to *E. coli* and injection of phage chromosome



2 Breakdown of bacterial chromosome by phage-specific enzyme



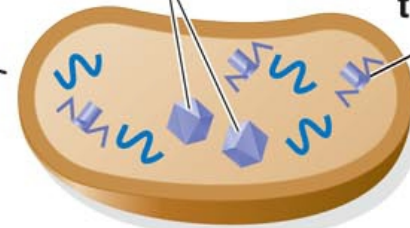
Phage chromosomes



3 Replication of phage chromosome, using bacterial materials and phage enzymes

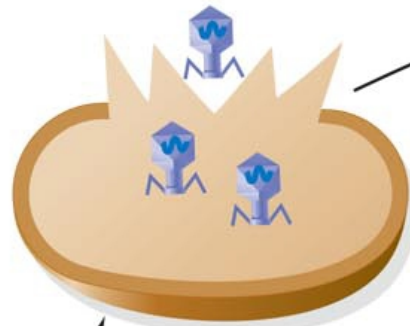
Phage heads being assembled

Phage sheath, base plate, and tail fibers

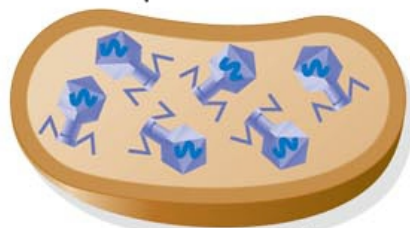


4 Expression of phage genes to produce phage structural components

6 Release of progeny phages by lysis of bacterial wall



20 min later



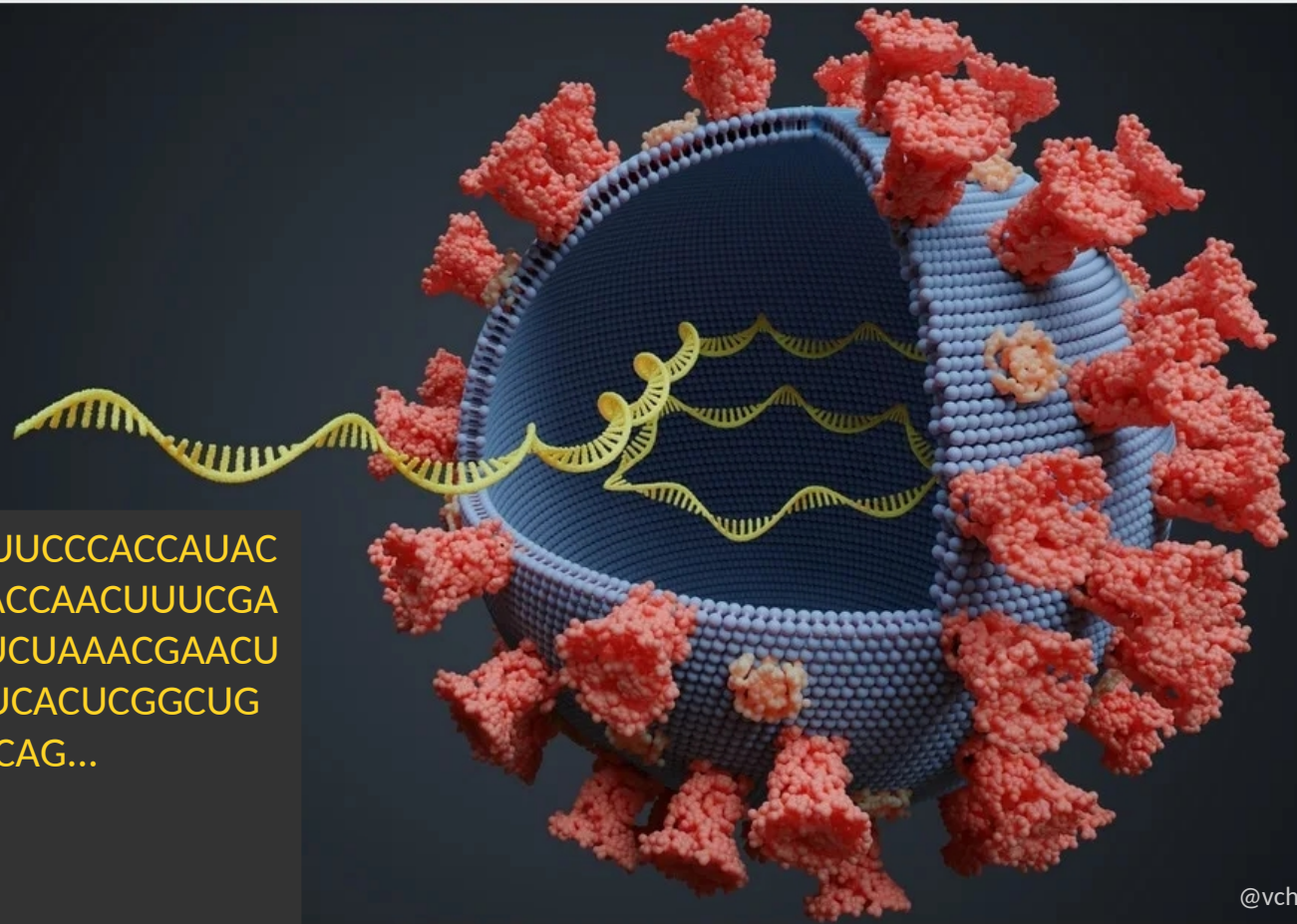
5 Assembly of progeny phage particles

Le coronavirus SARS-CoV-2

Un virus à ARN

CGGUGACGCAUACAAAACAUUCCCACCAUAC
CUUCCCAGGUAACAAACCAACCAACUUUCGA
UCUCUUGUAGAUCUGUUCUCUAAACGAACU
UAAAAUCUGUGUGGCUGUCACUCGGCUG
CAUGC UUAGUGCACUCACGCAG...

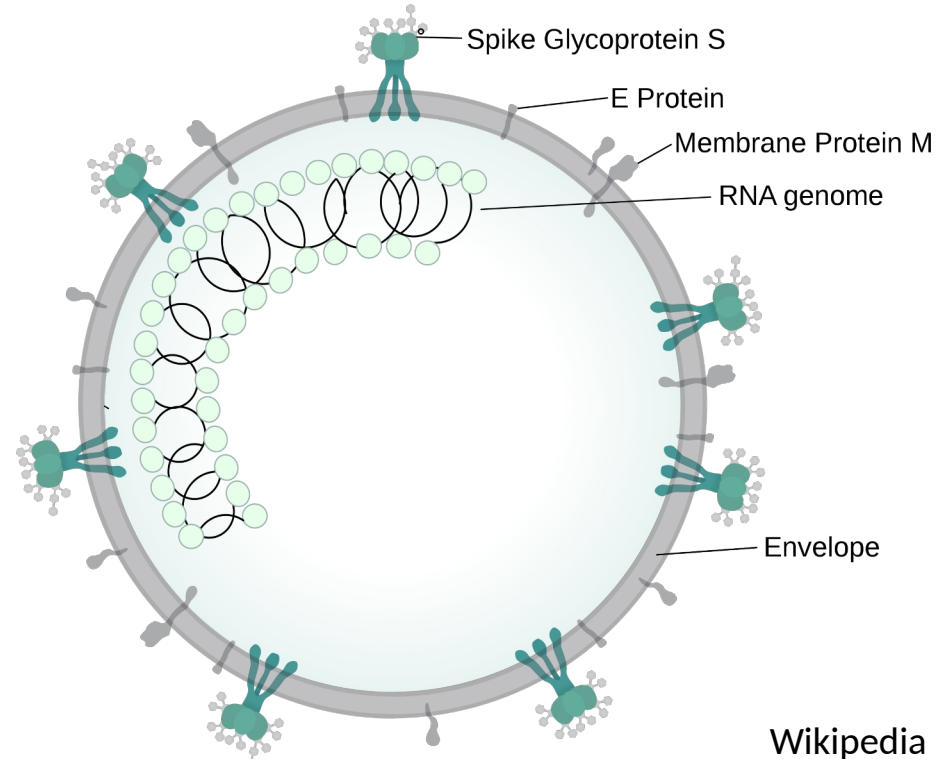
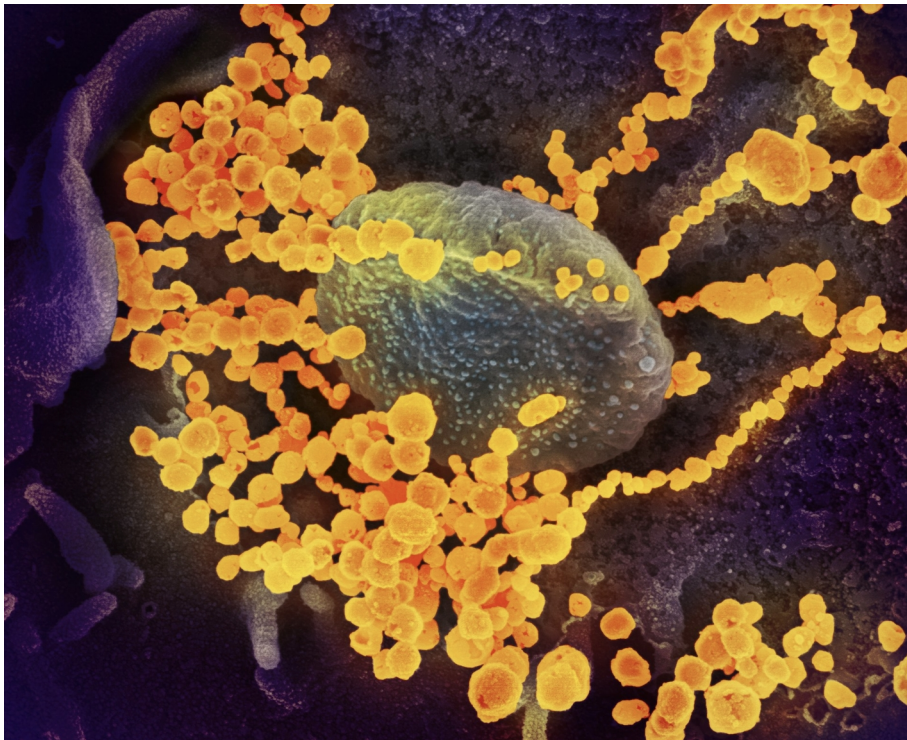
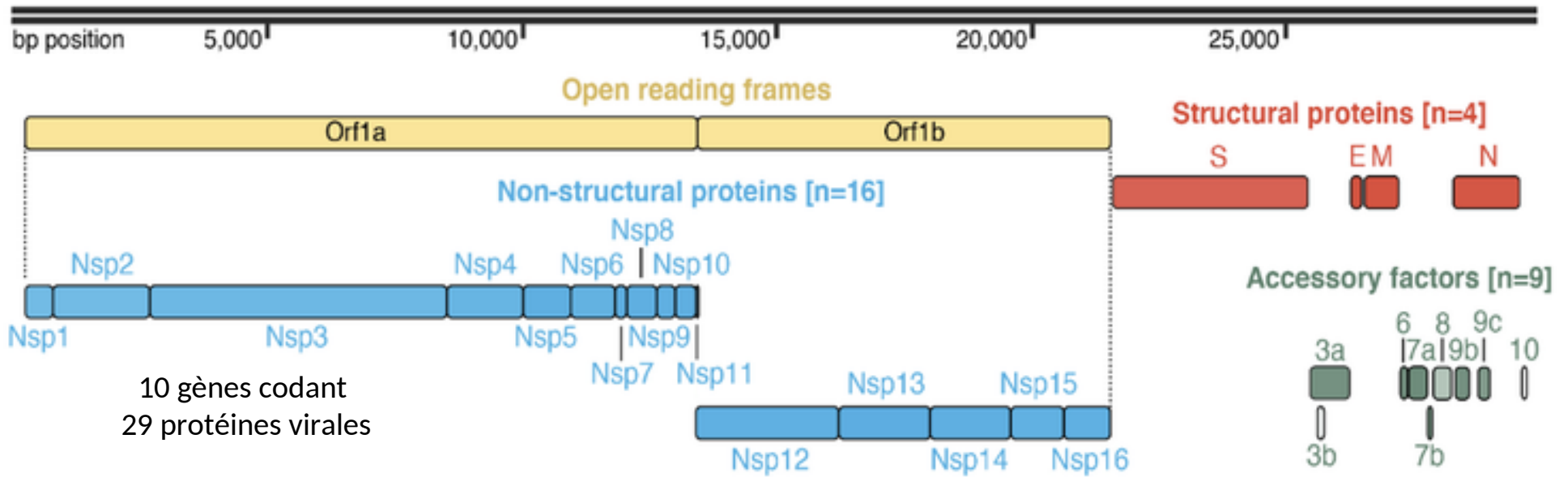
30 000 nucléotides



@vchal / Shutterstock

Diamètre : 0,1 μm = 0,0001 mm

Génome de SARS-CoV-2



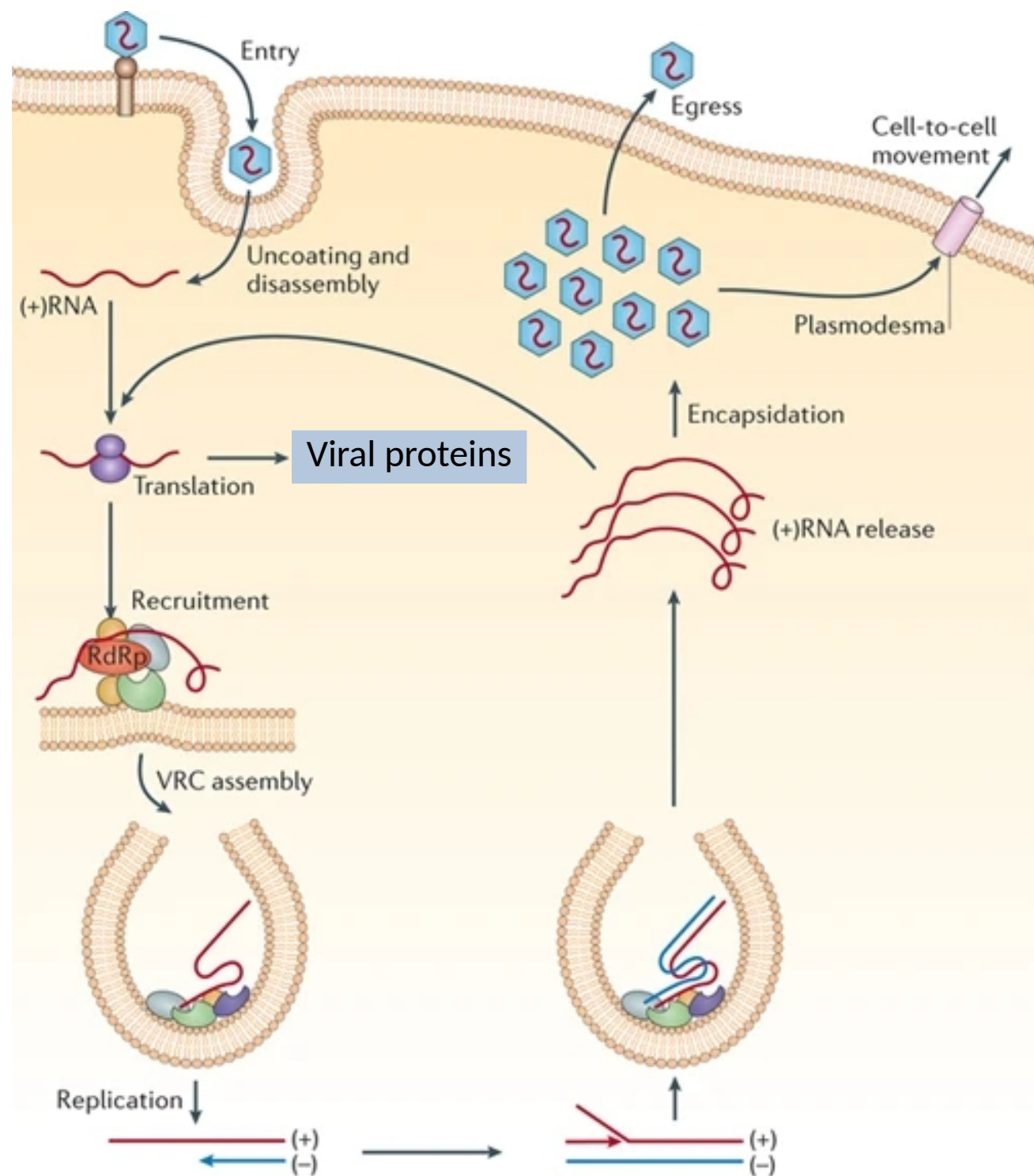
Critères pour définir un virus

établis par André Lwoff en 1957

- 1) ne contient pas de ribosomes
- 2) a besoin de la cellule hôte pour se multiplier
- 3) ne peut pas se diviser et produire seulement deux entités

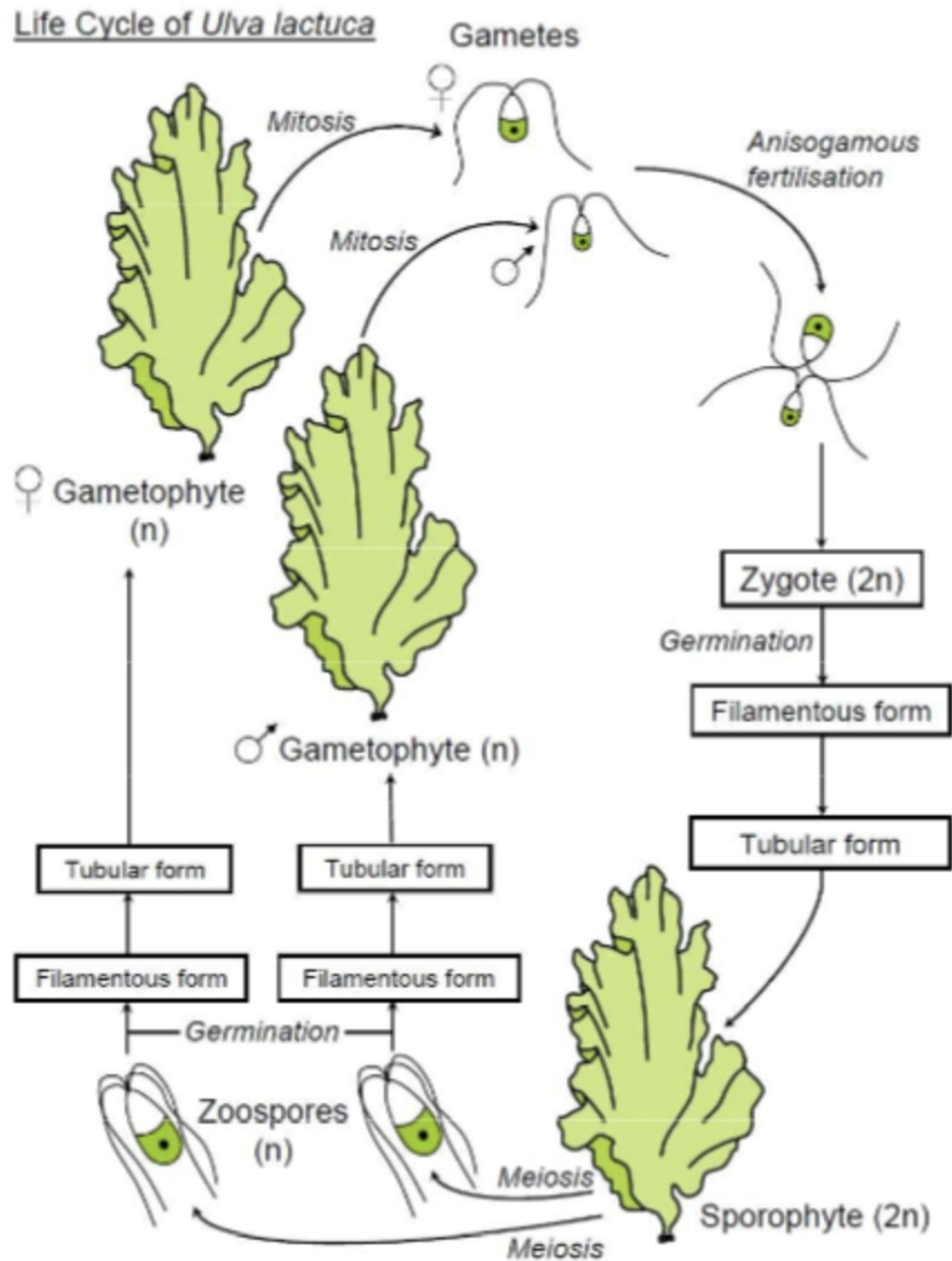


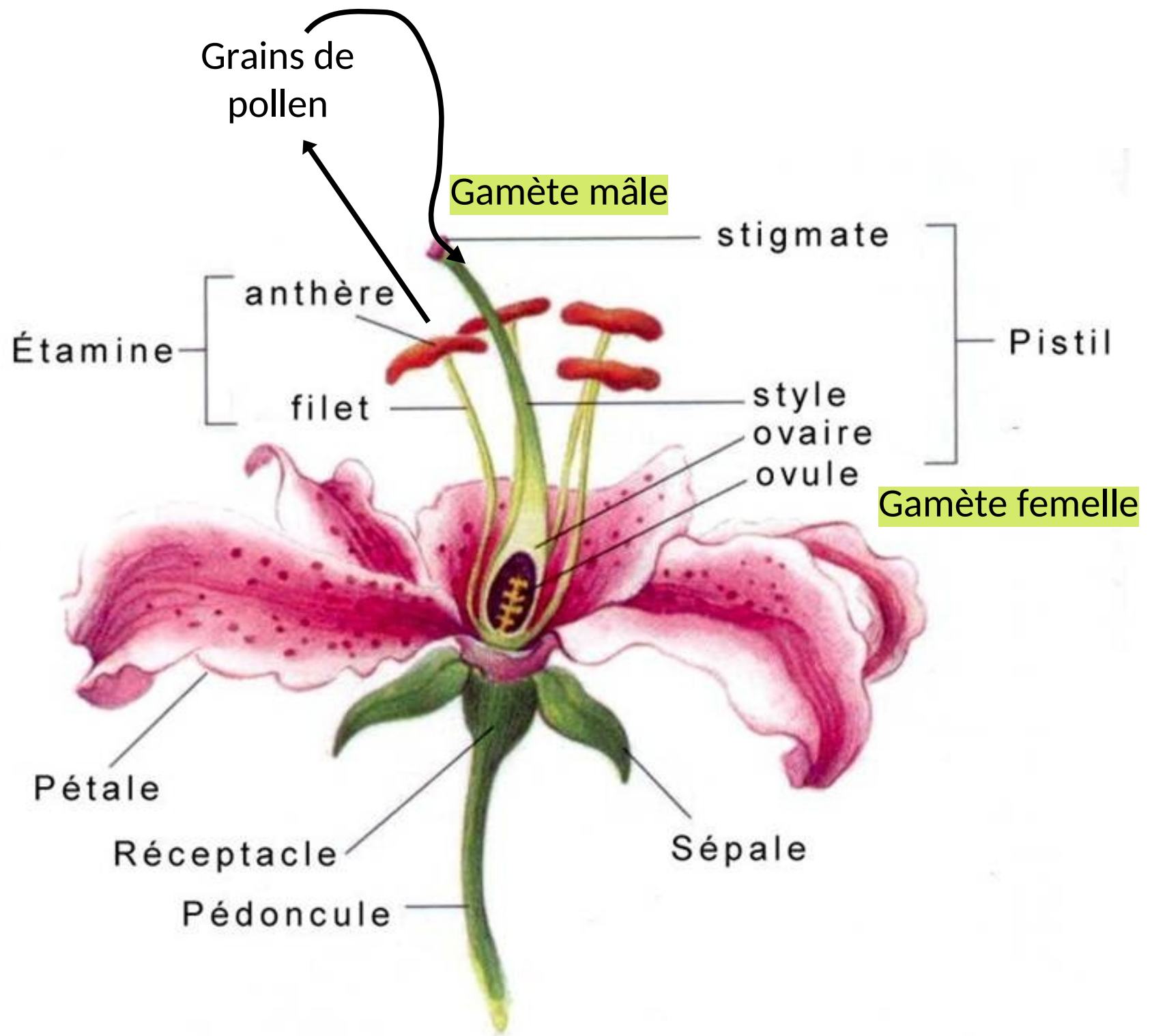
Infection cycle of a positive-sense RNA virus



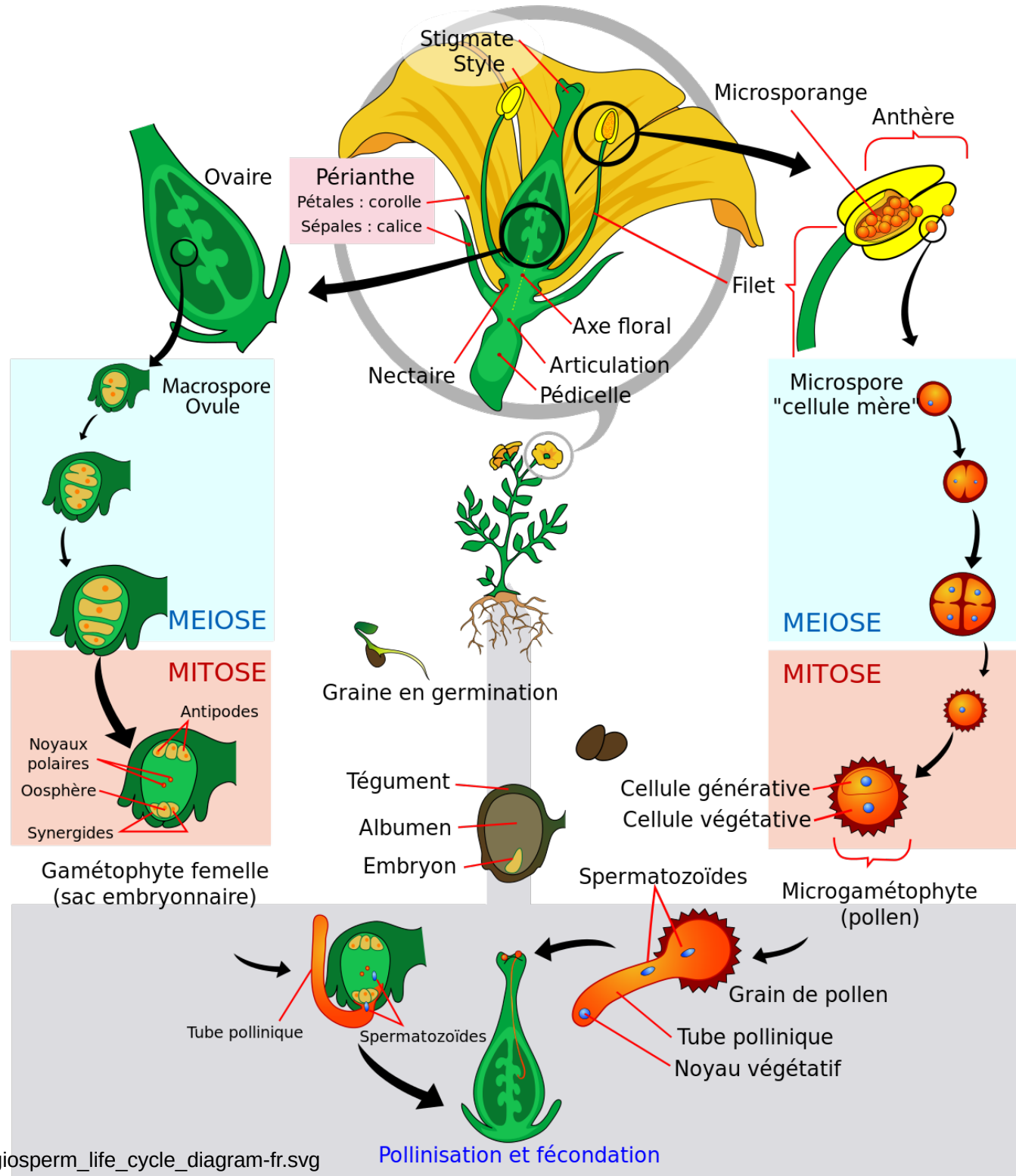
Sexual and asexual reproduction

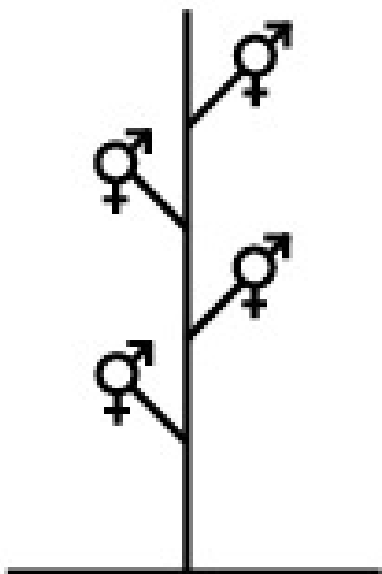
La reproduction de la laitue de mer





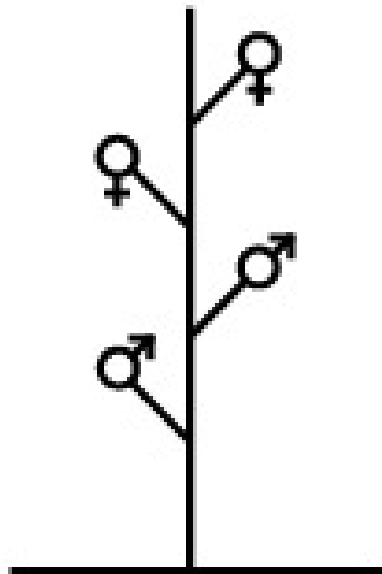
Le cycle de vie de la renoncule





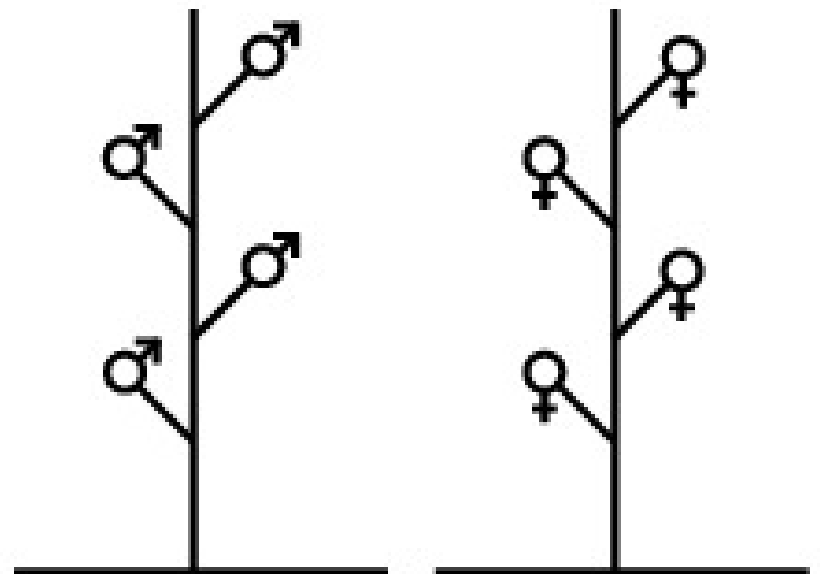
Espèce à fleurs
hermaphrodites

tulipe, iris,
renoncle



Espèce
monoïque

maïs, chêne,
noisetier



Espèce dioïque

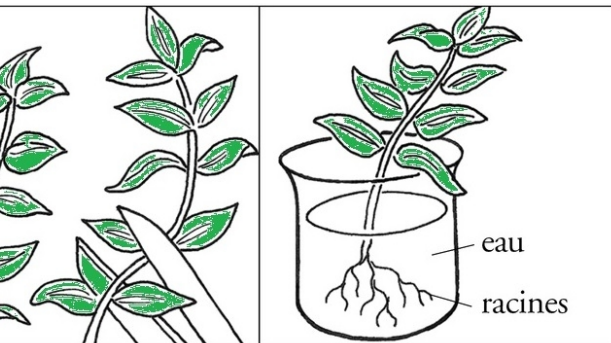
orties, silène,
houx

reproduction asexuée (appelée aussi multiplication asexuée ou reproduction végétative) : mode de reproduction par lequel des êtres vivants se multiplient seuls, sans partenaire, et sans faire intervenir la fusion de deux gamètes.

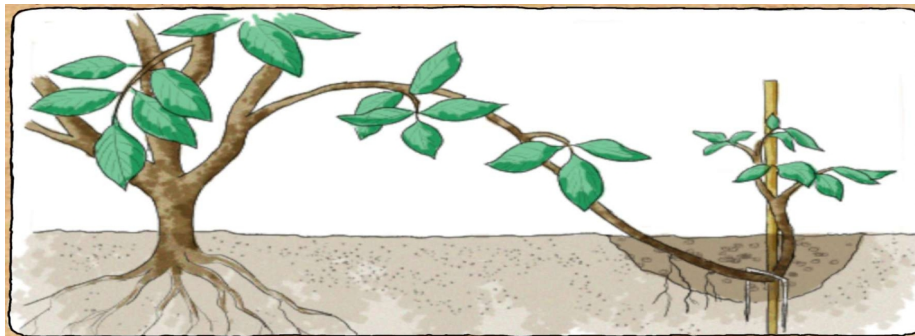
Ex: ba



Bouturage



Marcotage



Greffage



reproduction sexuée : mode de reproduction par lequel deux êtres vivants produisent des gamètes haploïdes qui fusionnent et forment un œuf diploïde qui se développera en un nouvel être vivant.

autofécondation : fécondation entre deux gamètes (mâle et femelle) provenant du même individu

parthénogénèse : production de descendants par une mère à partir d'ovule et sans mélange avec le matériel génétique d'un autre individu



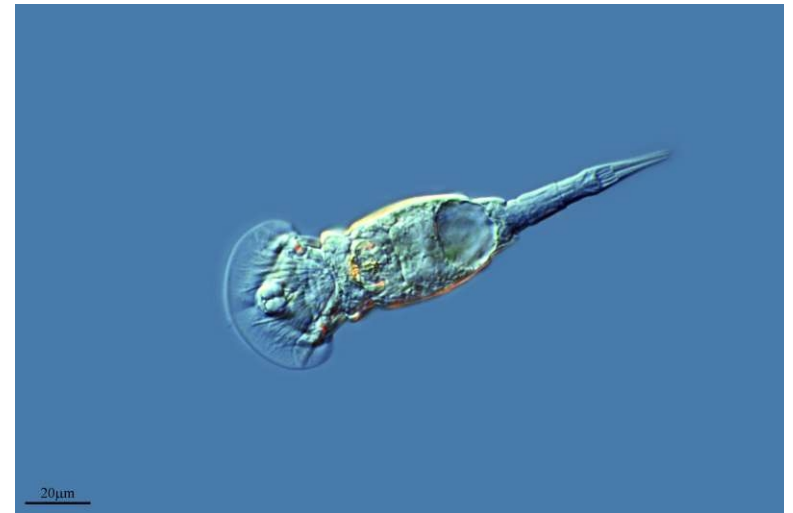
Phasme

parthénogénèse facultative



Puceron

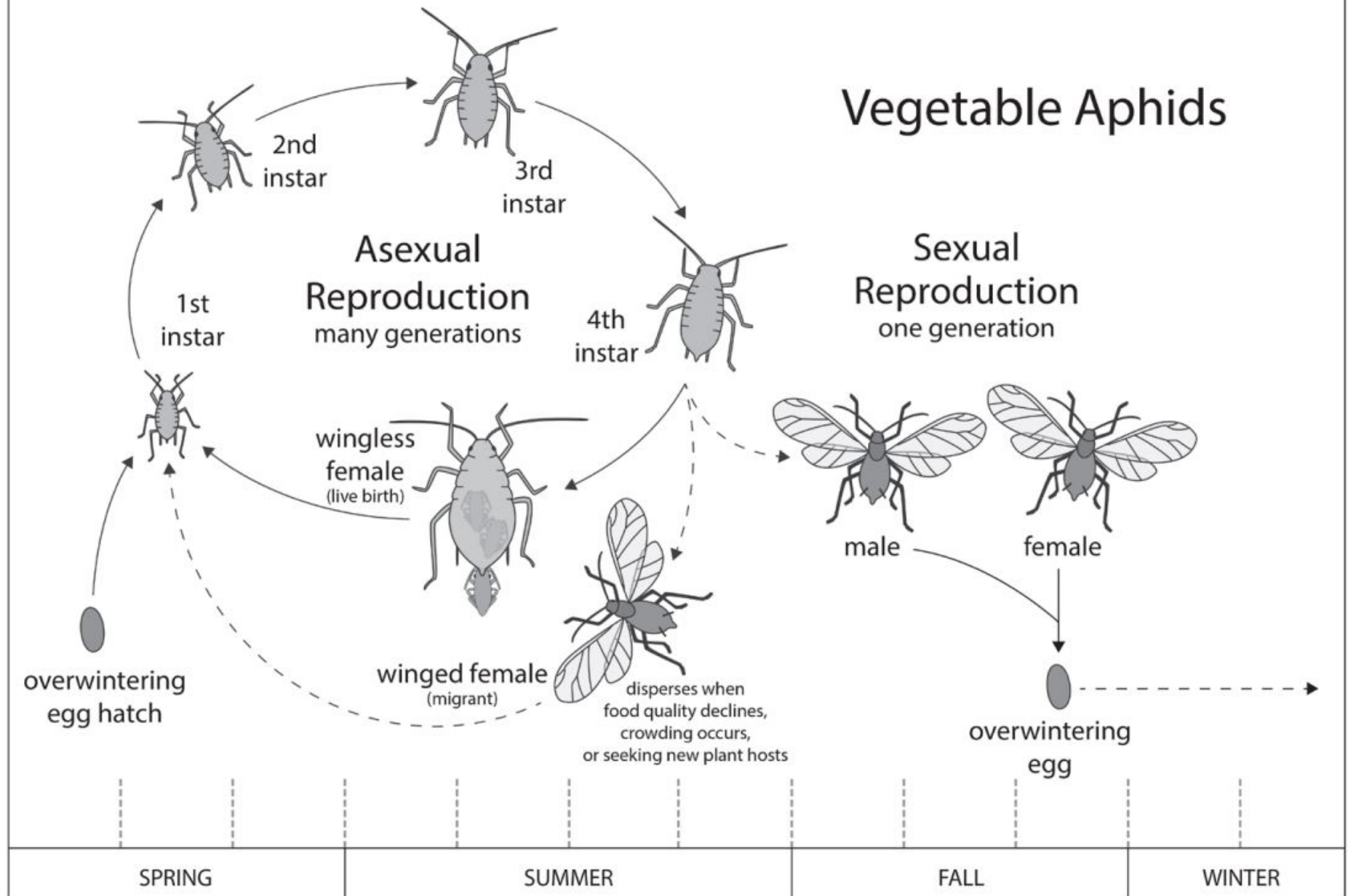
parthénogénèse cyclique



Rotifère bdelloïde

parthénogénèse obligatoire

Vegetable Aphids



Deux espèces de Vertébrés ne comportant que des femelles

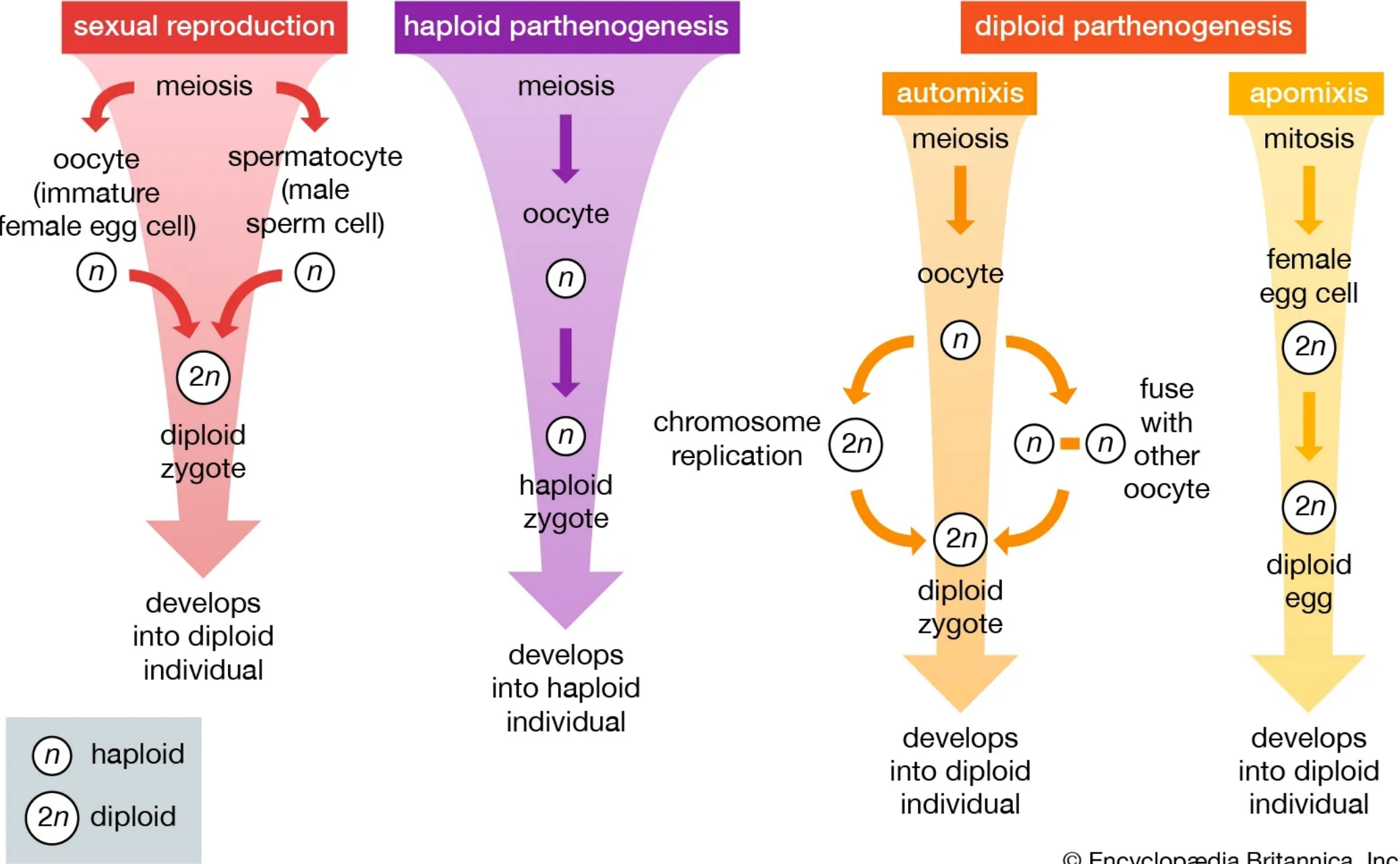


Cnemidophorus

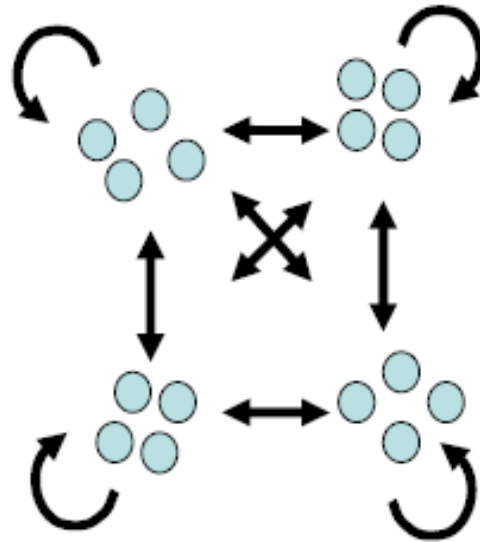


Poeciliopsis

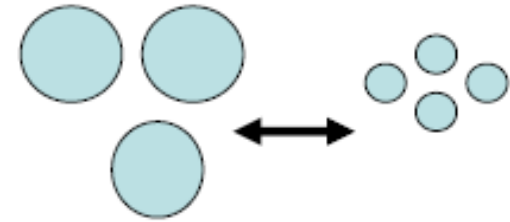
The process of sexual reproduction versus several forms of parthenogenesis



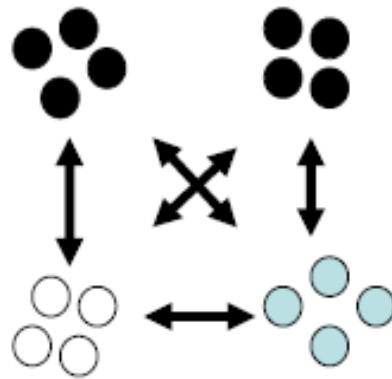
Différents types de gamètes



homothallisme



sexes

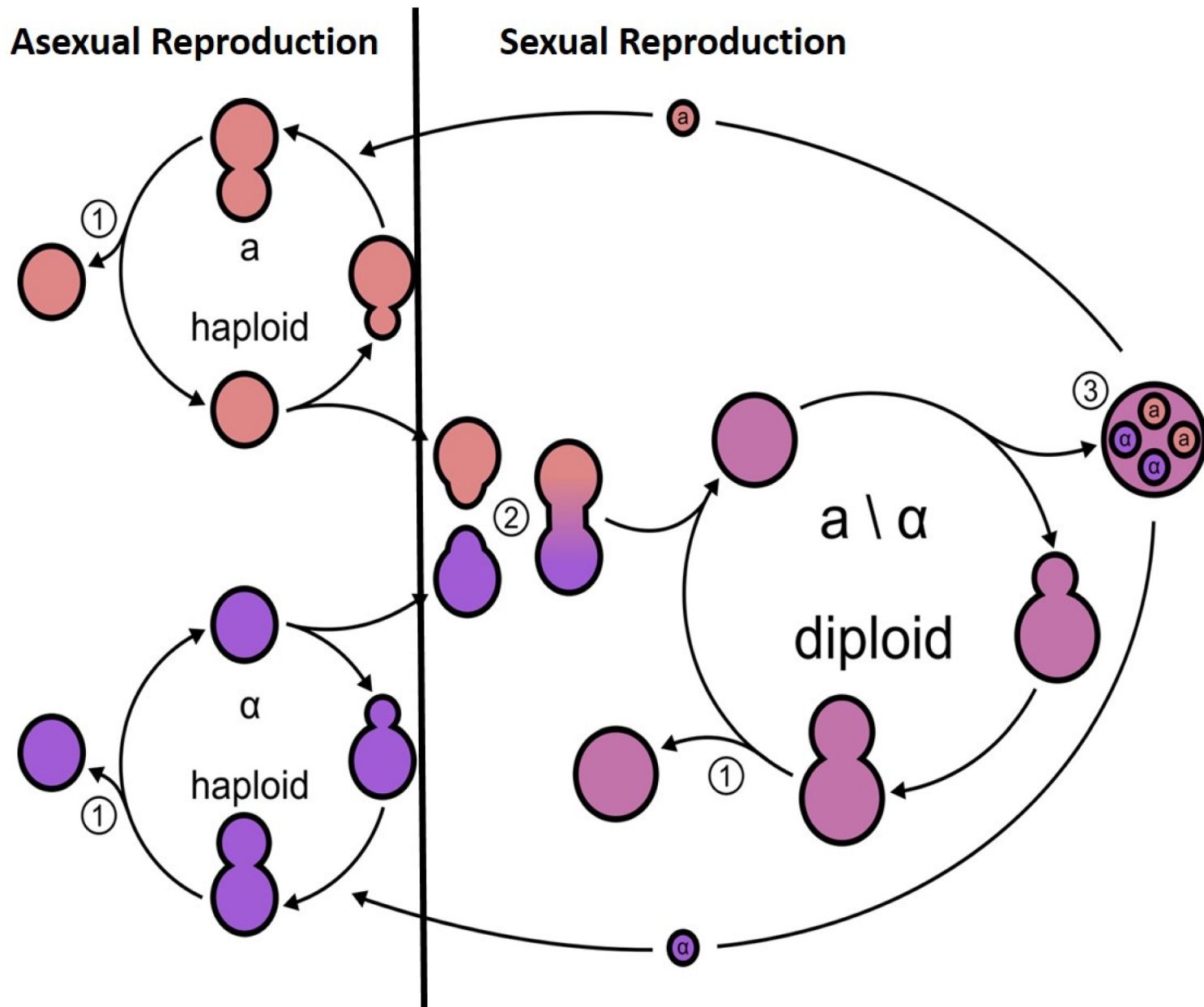


types sexuels

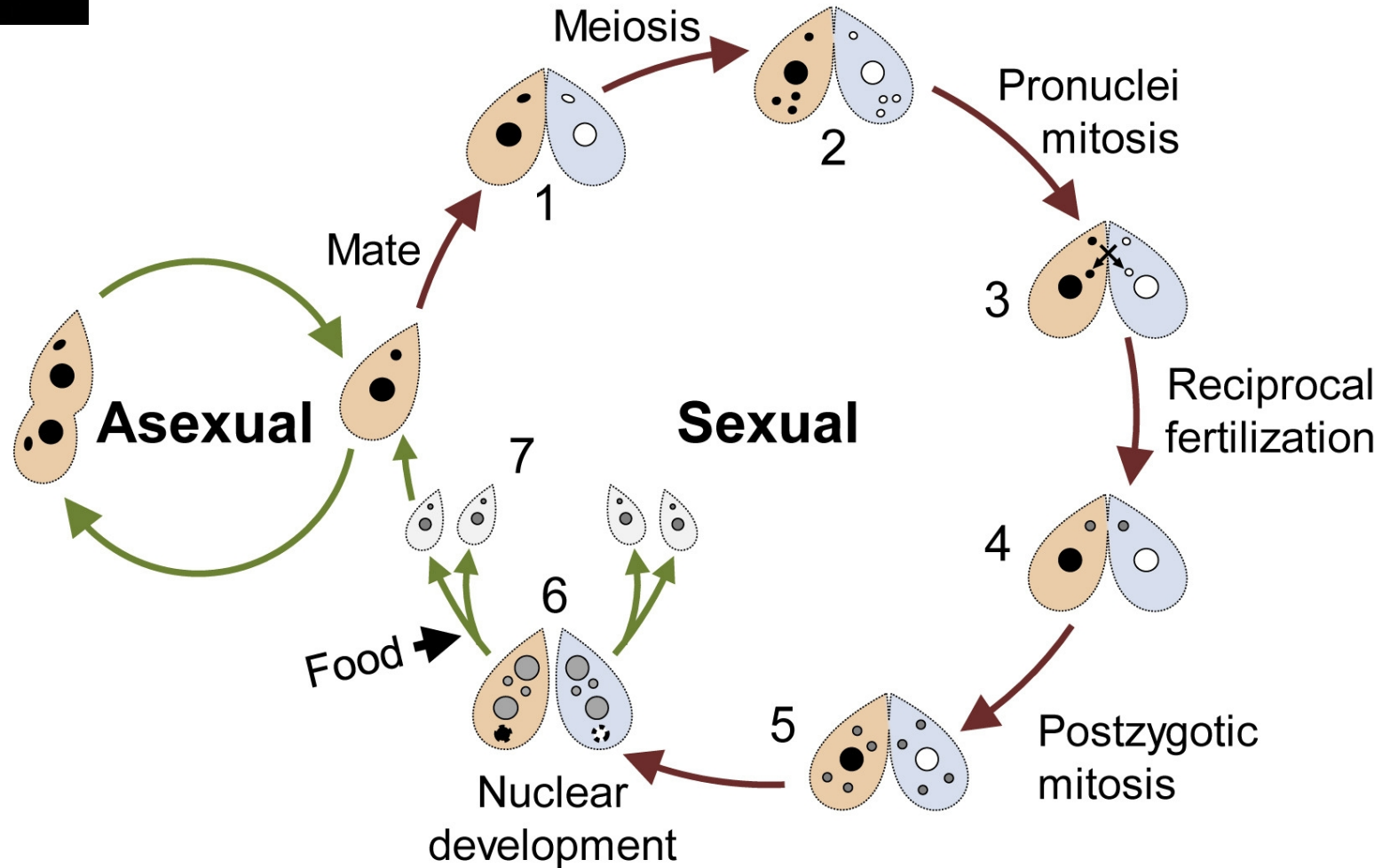
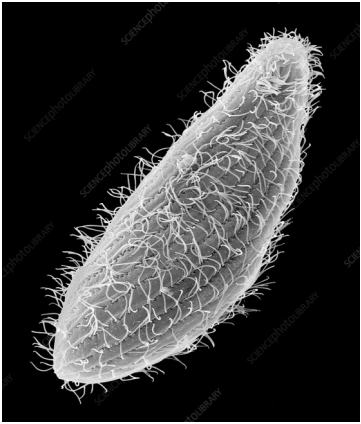
Isogamie

Anisogamie

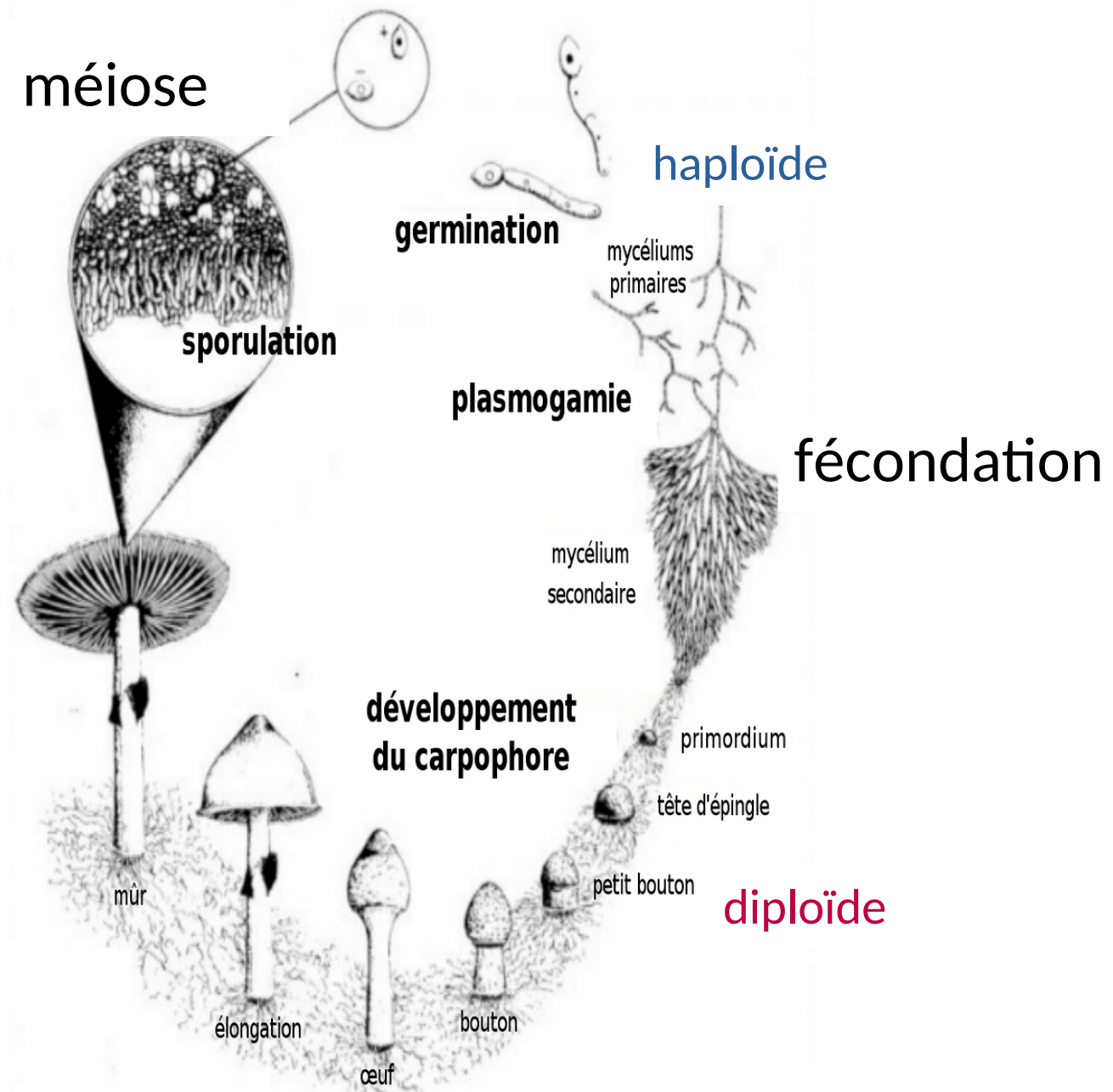
Levure *S. cerevisiae* : 2 types sexuels a et α



Paramécie *T. thermophila*: 7 types sexuels

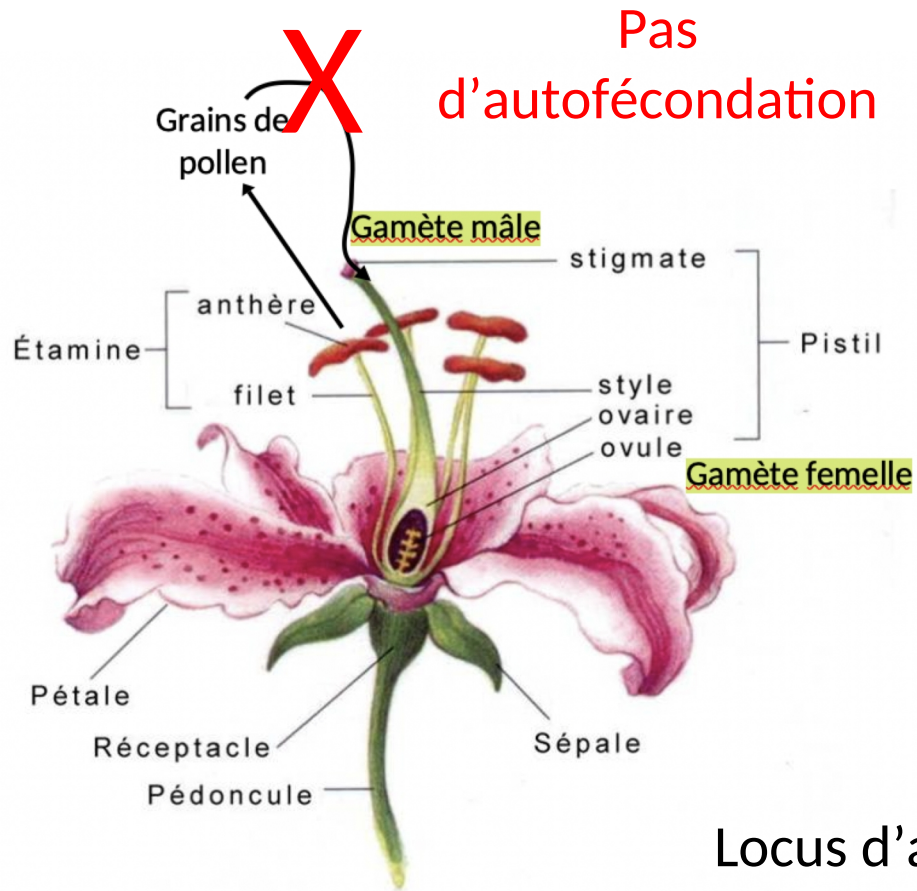


Champignon *C. cinerea* : >1000 types sexuels

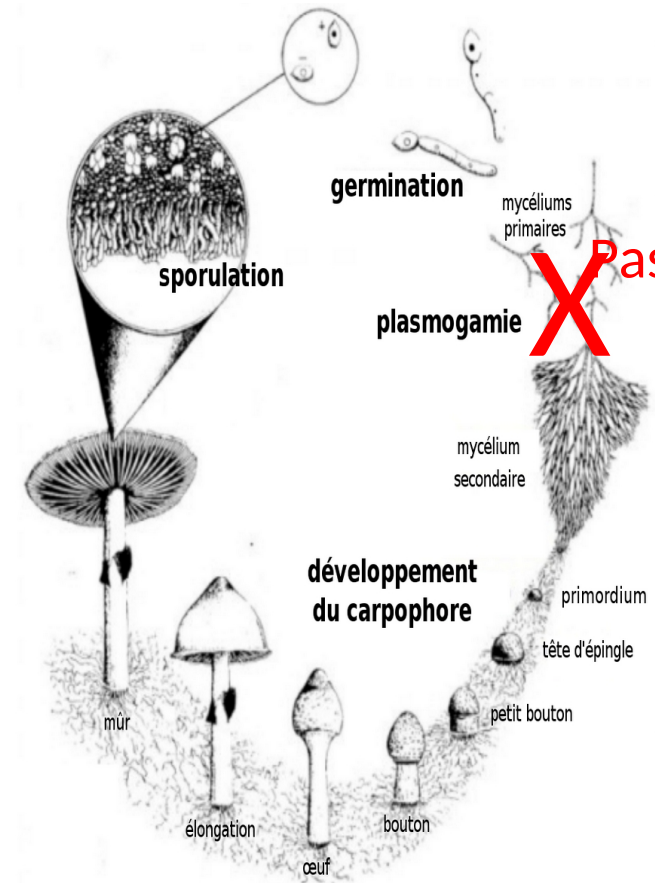


augmente la probabilité de trouver un partenaire compatible

Pourquoi plusieurs types sexuels ?



Locus d'auto-incompatibilité

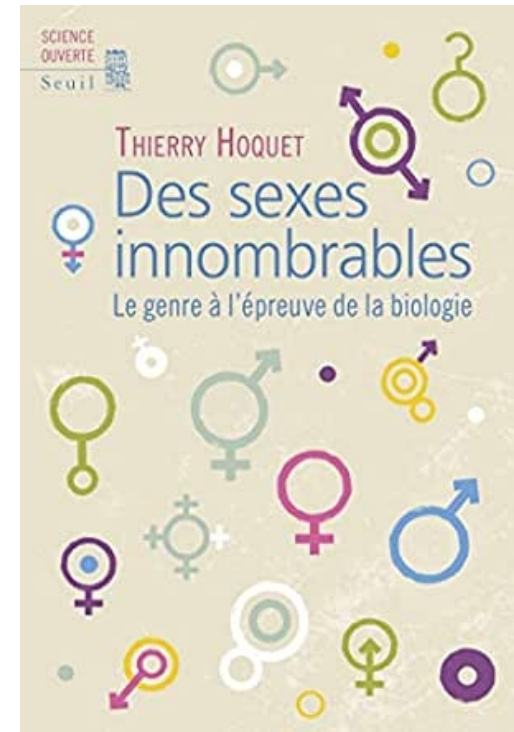


Pas de fusion ent clones

Evite la dépression de consanguinité

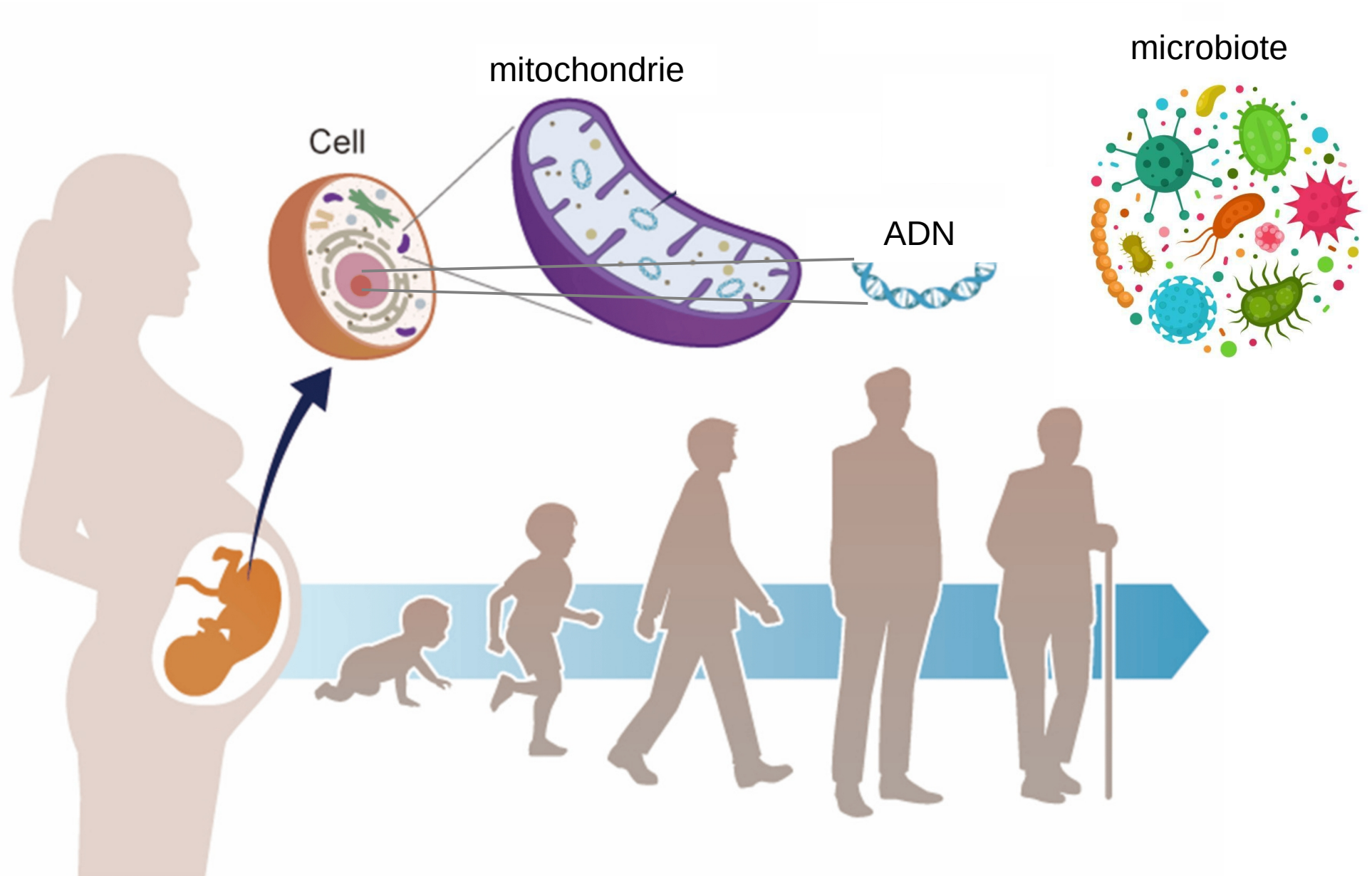
Femme / Mâle chez l'être humain

Taille des gamètes (gros/petit)
Chromosomes sexuels (XX/XY)
Conduits génitaux internes
Anatomie périnéale
Hormones (oestrogènes/androgènes)
Identité sexuelle
Orientation sexuelle
Anatomie du visage et du corps
Voix
Coiffure
Vêtements
Etat civil (MME/MR)

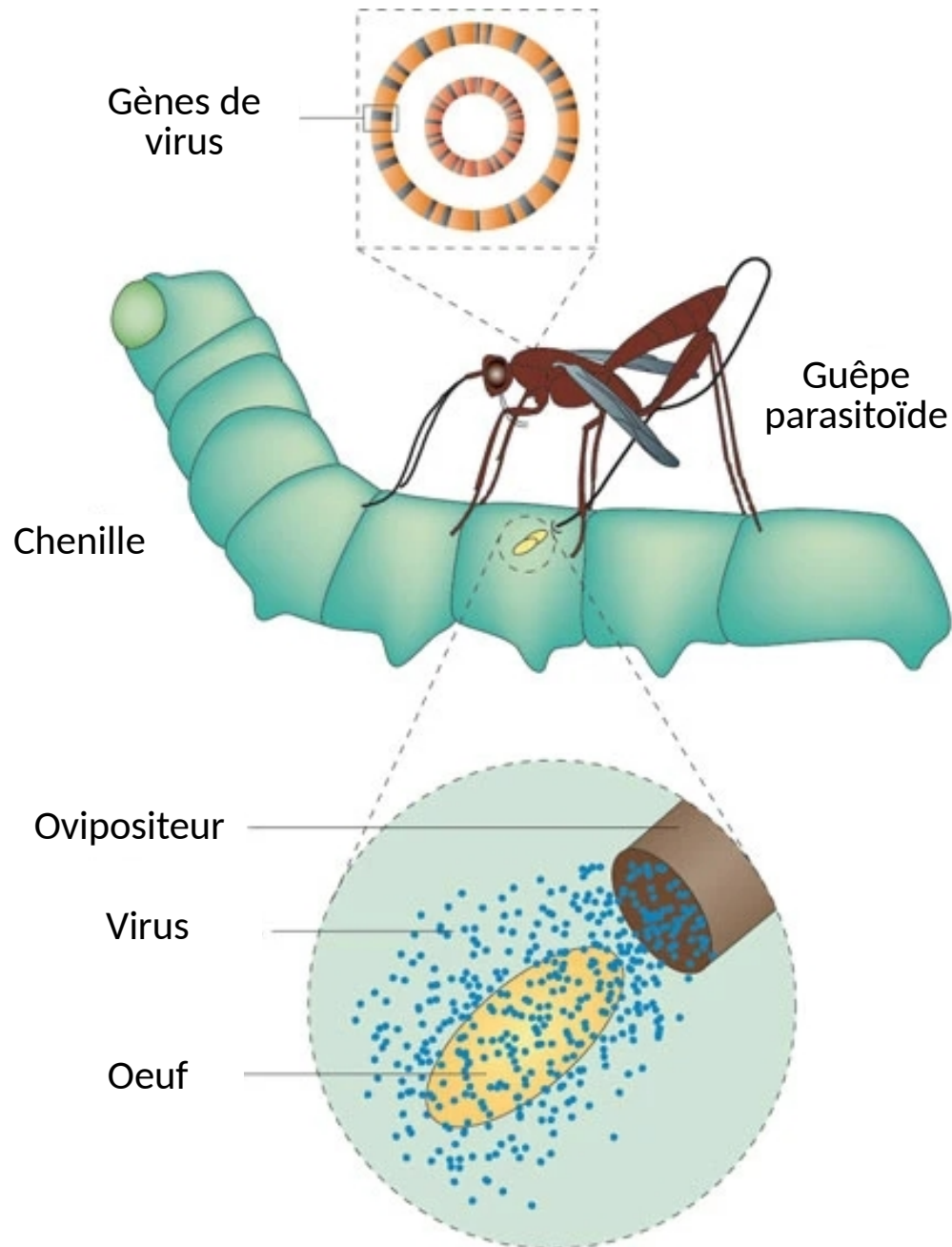


Exceptions à cette binarité : 2% des naissances (Blackless, 2000)

Plusieurs éléments imbriqués

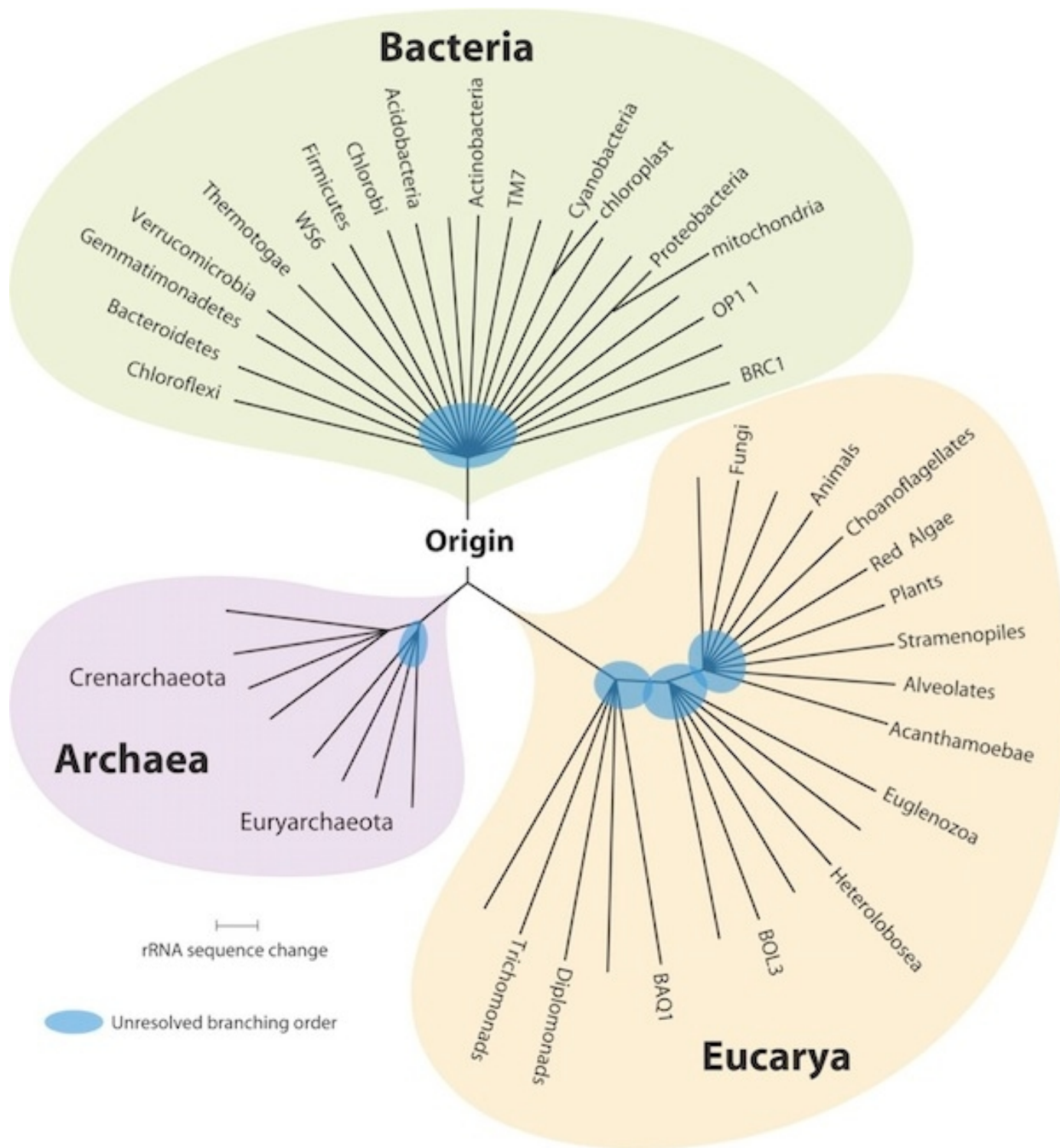


Les guêpes parasitoïdes et leurs virus



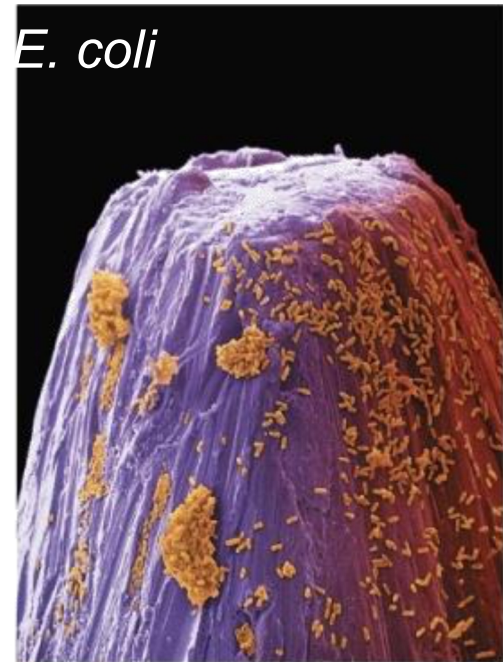
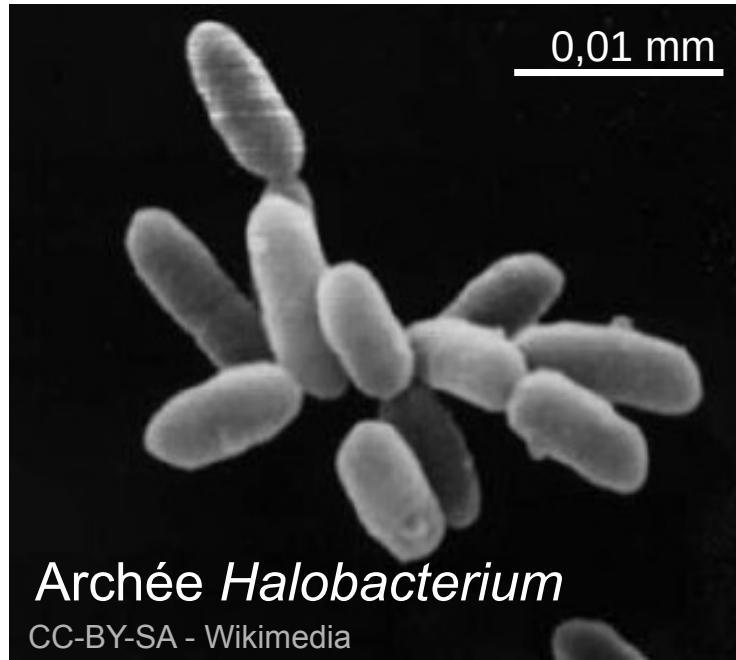
© sbonk

The origin of living beings



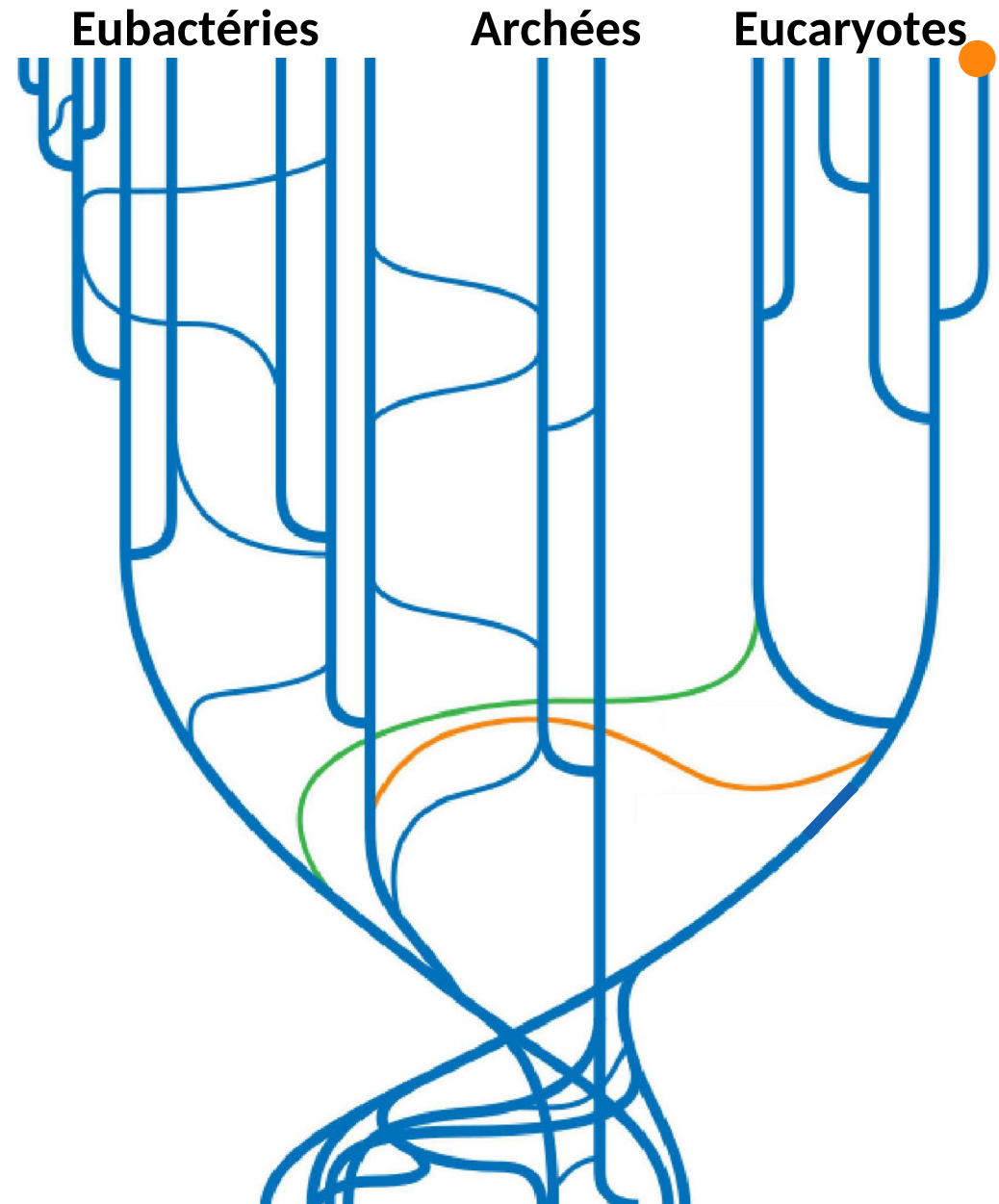
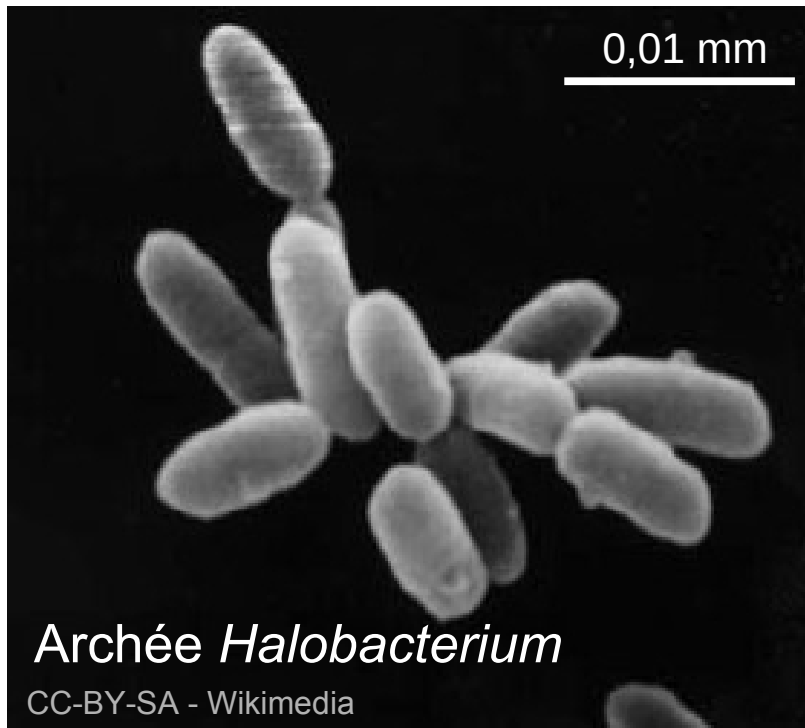
Impossible
d'ajouter les
virus

1977



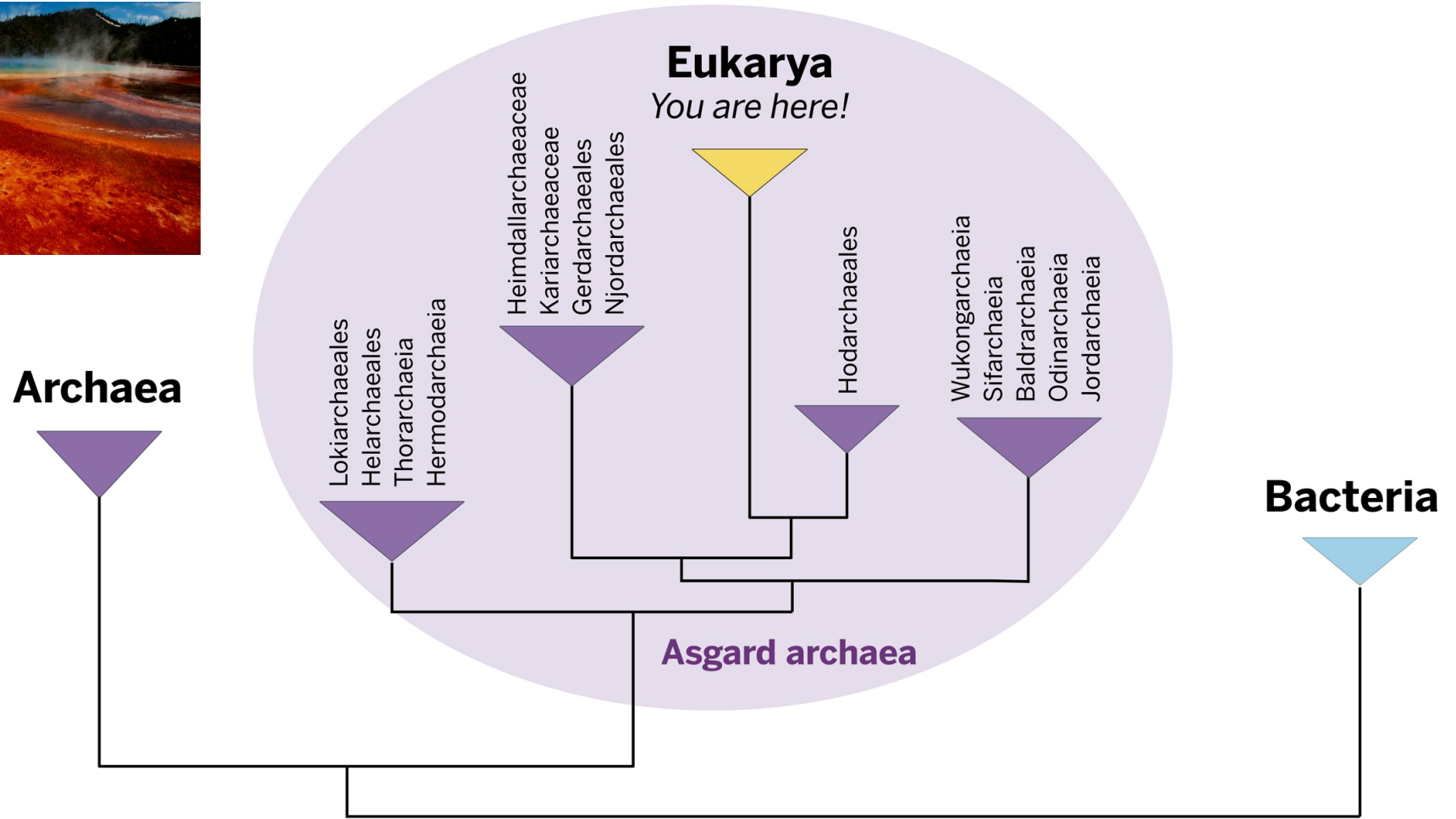
@T. Brian & D. Parker

L'arbre du vivant jusqu'à 2015



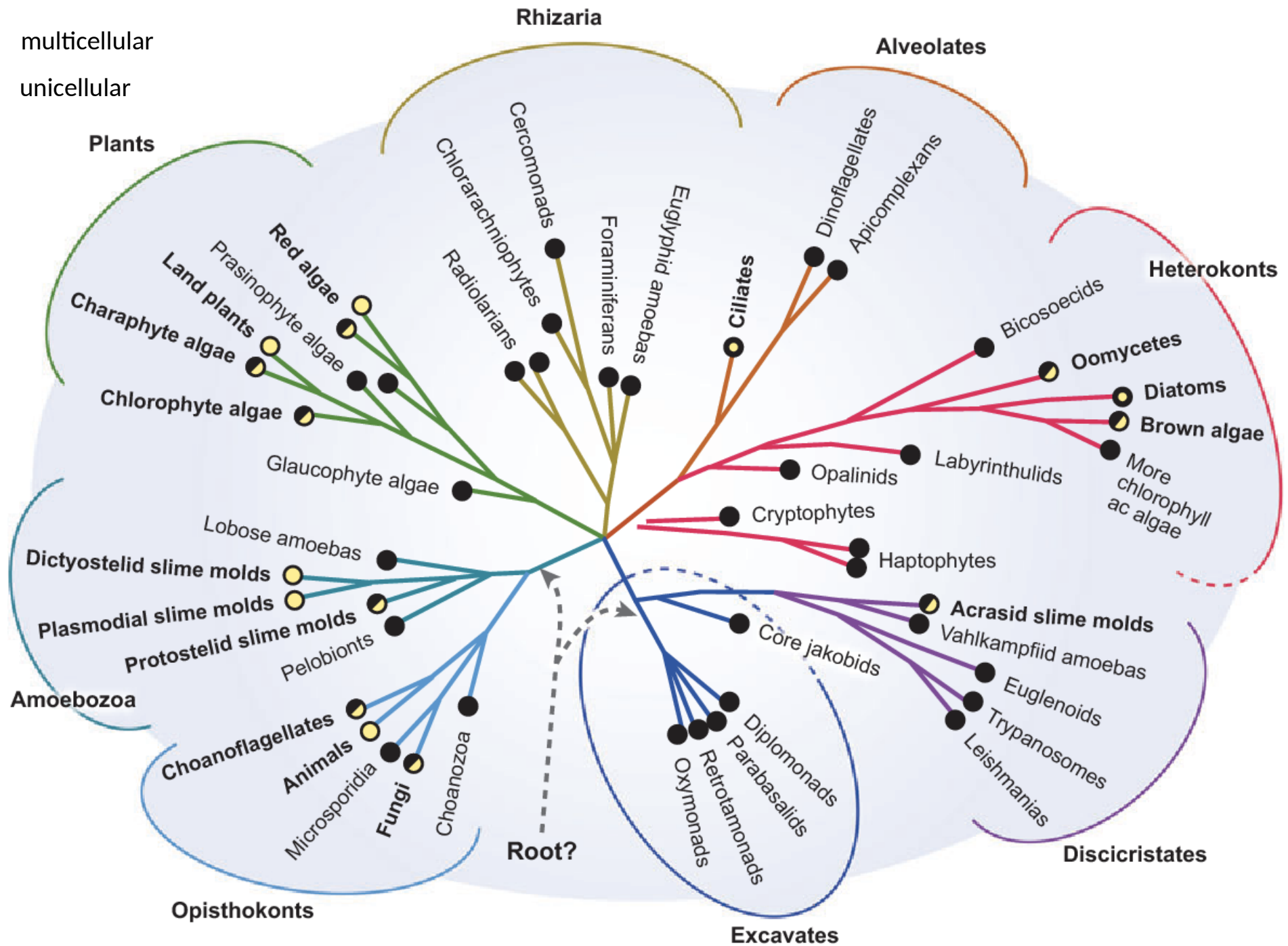
Communauté ancestrale de
cellules primitives

Le nouvel arbre du vivant



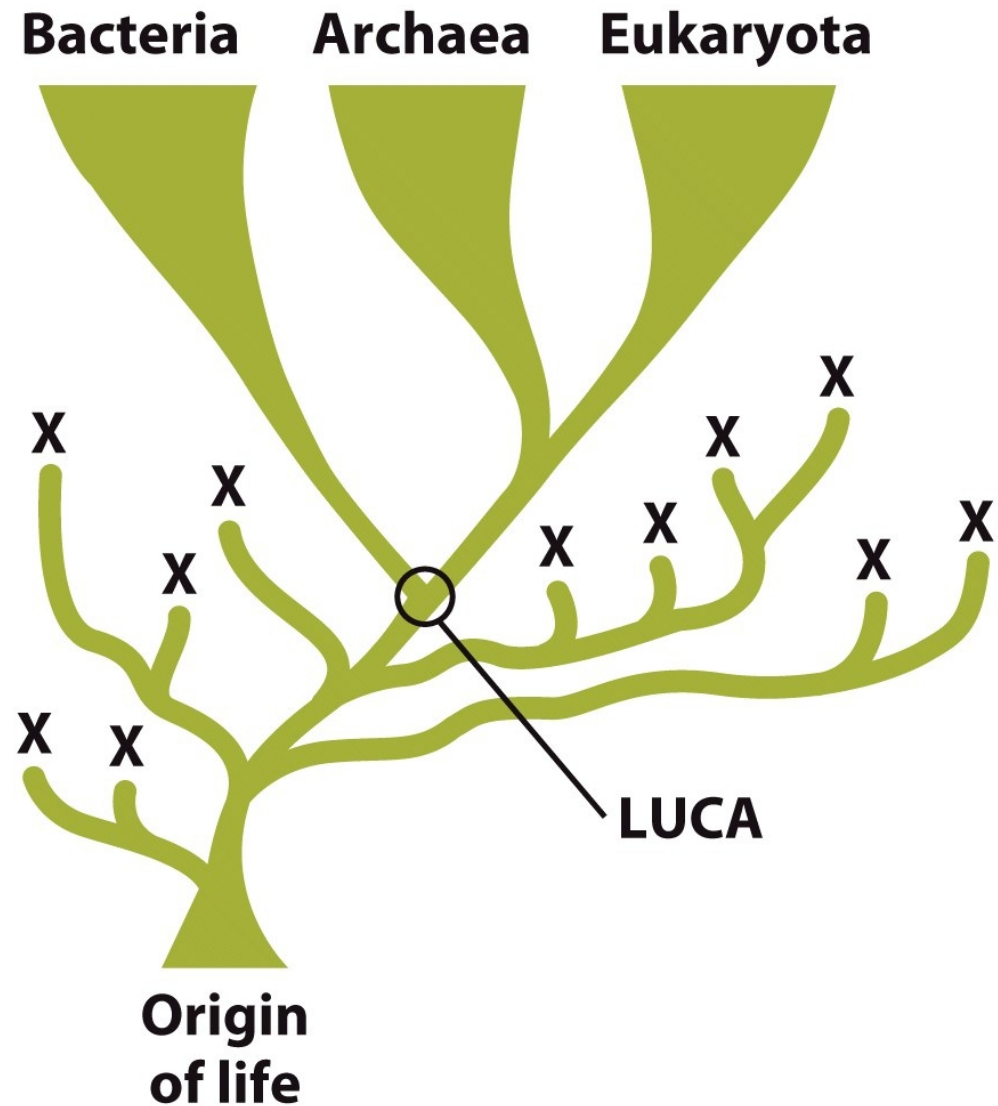
Premières archéobactéries Asgard trouvées dans des sédiments à 2 300 mètres de profondeur entre le Groenland et la Norvège en 2015

La multicellularité a évolué plusieurs fois



LUCA : Last Universal Common Ancestor

L'origine de la vie et
le dernier ancêtre
commun sont deux
événements distincts

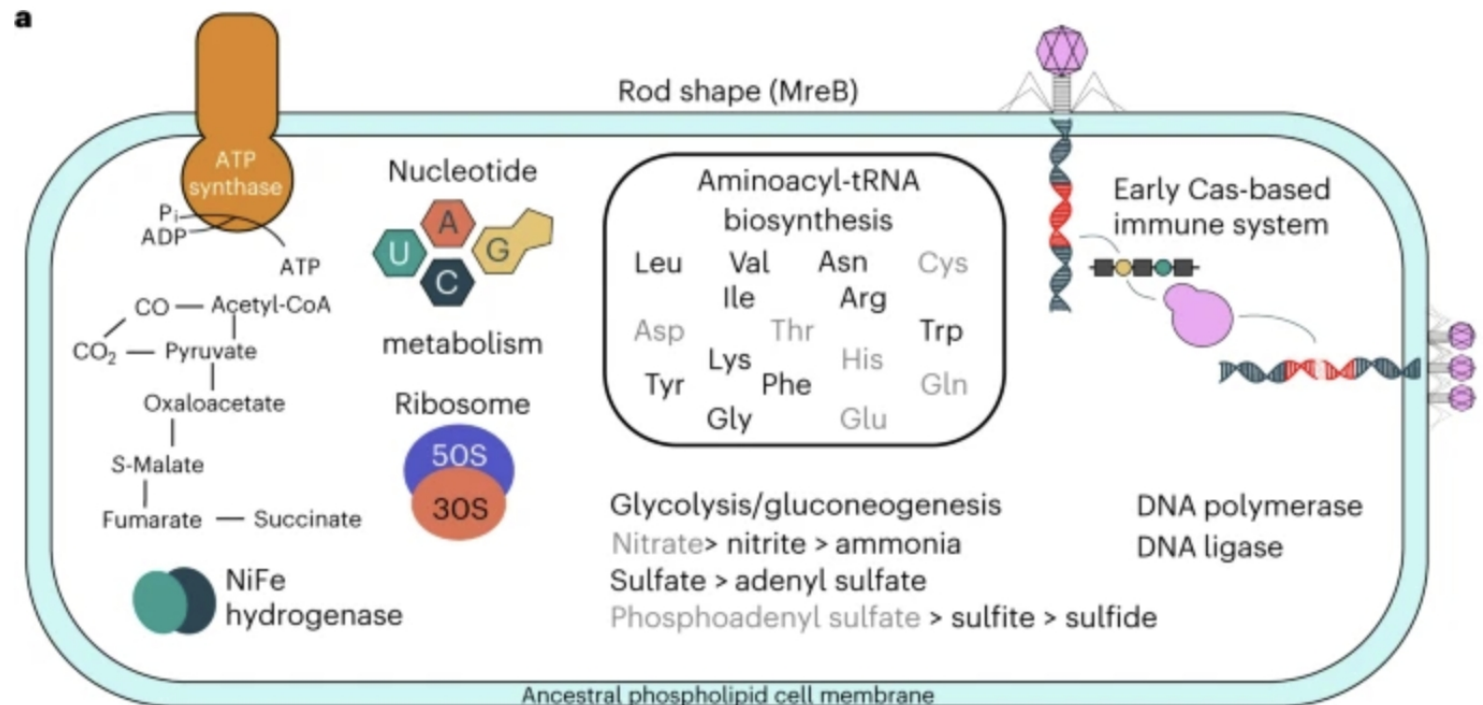
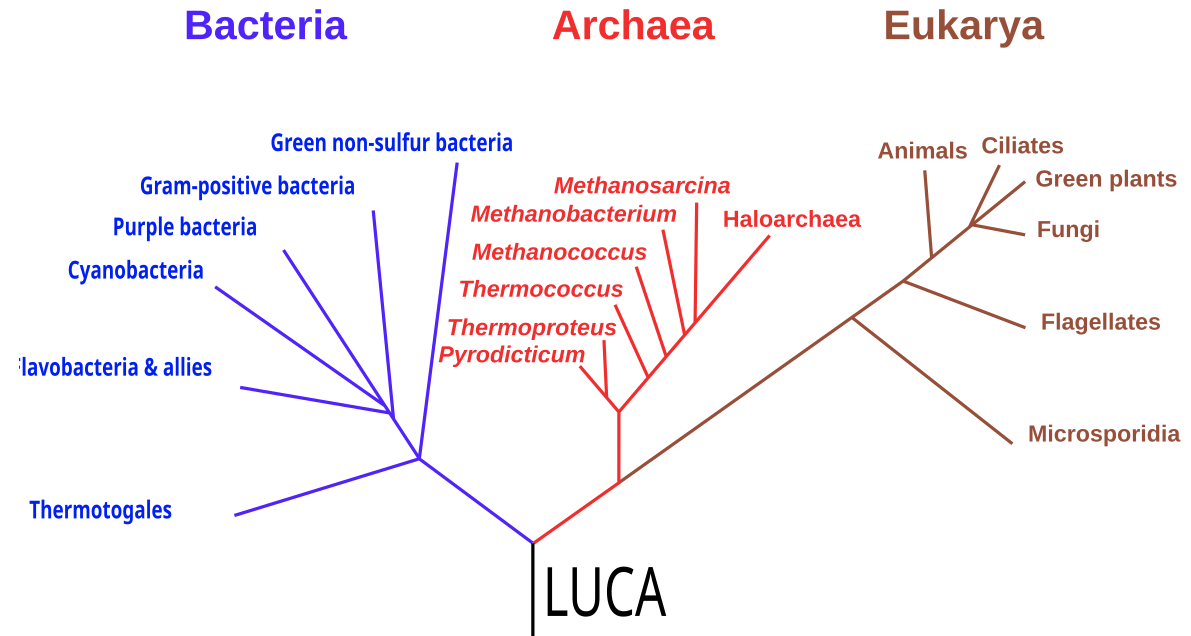


LUCA

Last Universal Common Ancestor

universal genetic code
 machinery for protein synthesis
 shared chirality of the almost-universal
 set of 20 amino acids
 use of ATP as energy currency

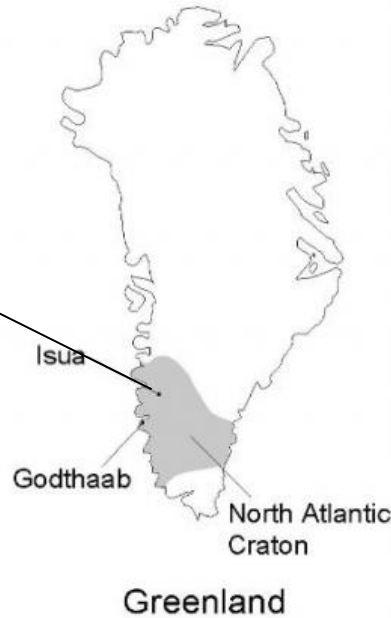
A genome of at least 2.5-3 Mb,
 encoding about 2,600 proteins



Les plus vieilles roches affleurant à la surface



3,80 MMA



Slave Craton

4,03 MMA



3,60 MMA

Pilbara Block

Yilgarn Block

Australia

<http://gustavus.edu>



4,5

milliards d'années

formation
de la terre

Les plus vieilles traces de vie

3,48MMA: Biofilm



(Noffke et al. 2013)

3,7MMA: Graphite biogénique



(Ohtomo et al. 2013)

3,80 MMA



4,03 MMA



3,48 MMA



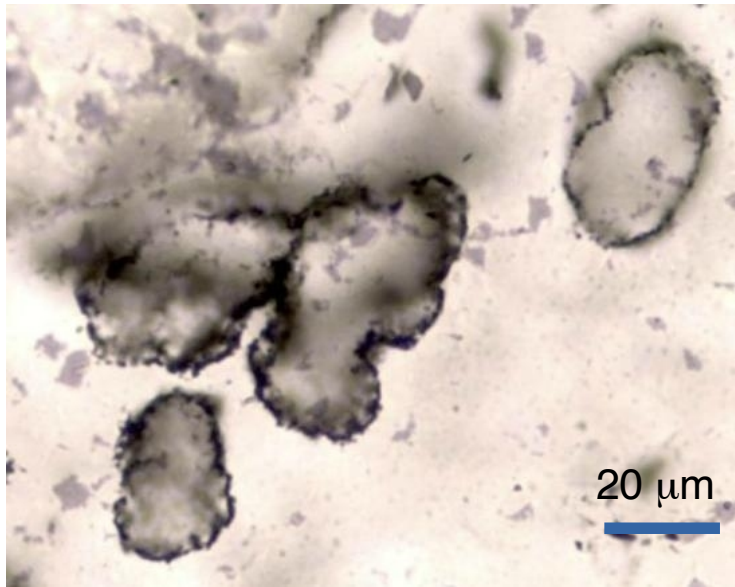
<http://gustavus.edu>



4,5
3,7
milliards d'années

1ères traces (graphite)

Premières cellules fossilisées : 3,4 MMA



(Wacey et al. 2011)



Strelley Pool Formation, Australie



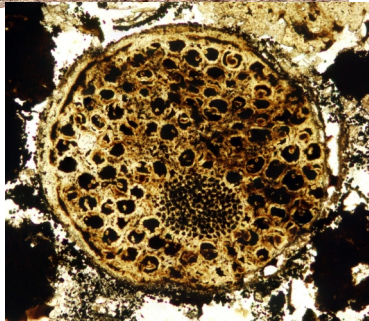
Roche couverte de concrétions d'hématite

Par évaporation rapide
d'eau riche en fer
dissous

Roche (récente)
provenant d'Arabie
saoudite, MNHN



Fossiles d'Ediacara : 630-540MA



<http://commons.wikimedia.org/>

4,5 3,7 3,4 630-540

milliards d'années

1ères traces (graphite)
1ères cellules fossiles

1ers fossiles complexes
faune d'Ediacara

Conclusions

Les organismes vivants sont capables de persister dans le temps :
régénération, auto-assemblage, reproduction

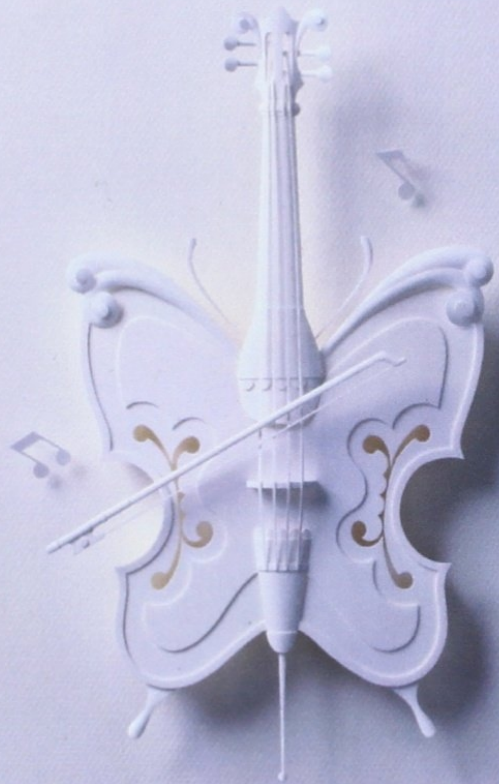
Reproduction asexuée / sexuée

Multicellularité

Ensemble d'éléments capables de se reproduire, imbriqués les uns dans les autres

Il est encore difficile aujourd'hui de comprendre comment la vie est apparue et s'est complexifiée.

The MUSIC of LIFE



Biology Beyond Genes

Denis Noble

'Essential and pleasurable for any thinking person' Steven Pinker

DANIEL C. DENNETT

DARWIN'S DANGEROUS IDEA

Evolution and the
Meanings of Life

