

ORTHOPHONIE



Fécondation et première semaine de développement embryonnaire

Dr Ahmed YAHYAOUÏ
Année 2026-2027

Laboratoire de Biologie de la Reproduction
Unité AMP/DPI
CHU Montpellier



Si vous avez des questions:

a-yahyaoui@chu-montpellier.fr

REPRODUCTION SEXUEE

Généralités :

Fusion de 2 cellules provenant de 2 individus différents
➤ nouvel individu ayant caractéristiques génétiques différentes de celles des individus parents :

- Brassage génétique +++ => meilleure adaptabilité
- Nouvel individu : procréation

Nbre pair de chromosomes:

1 lot de 23 ch d'origine paternelle
1 lot de 23 ch d'origine maternelle

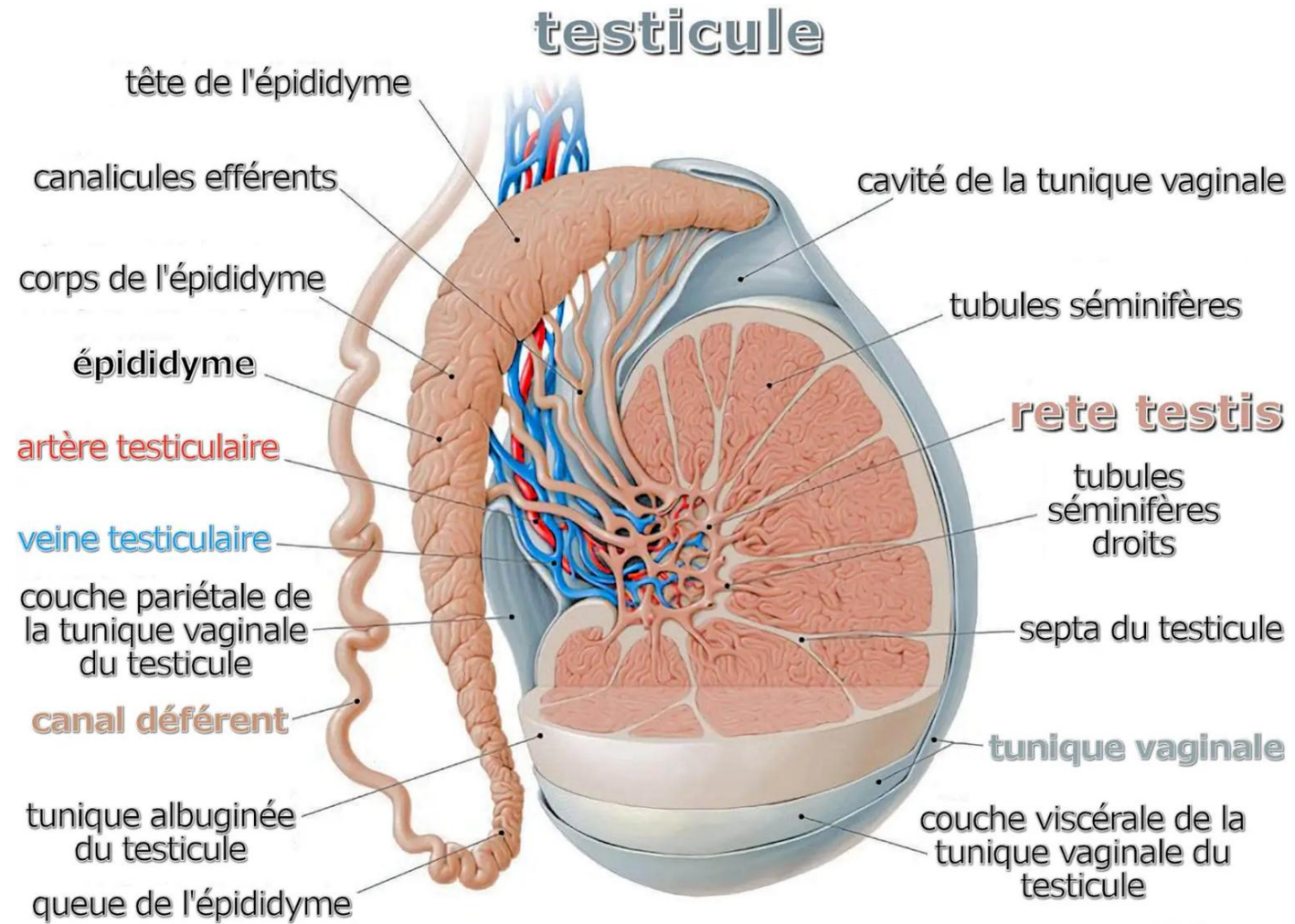
MEIOSE

Généralités :

- . Indispensable à la conservation du nombre de chromosomes (constante de l'espèce)
 - . Permet la formation de cellules haploïdes (gamètes) à l'intérieur d'un organisme diploïde
 - . Concerne uniquement les cellules destinées à la reproduction (lignée germinale)
- . Au niveau des gonades: gamétogenèse
 - ▶ Testicule $\Rightarrow$ spermatozoïdes
 - ▶ Ovaire $\Rightarrow$ ovocytes

Spermatogénèse

Organisation de l'appareil testiculaire



Les deux fonctions testiculaires

Deux compartiments anatomiques et fonctionnels

- **Cellules de Sertoli**

Paroi du tube séminifère

Epithélium séminifère

Fonction exocrine

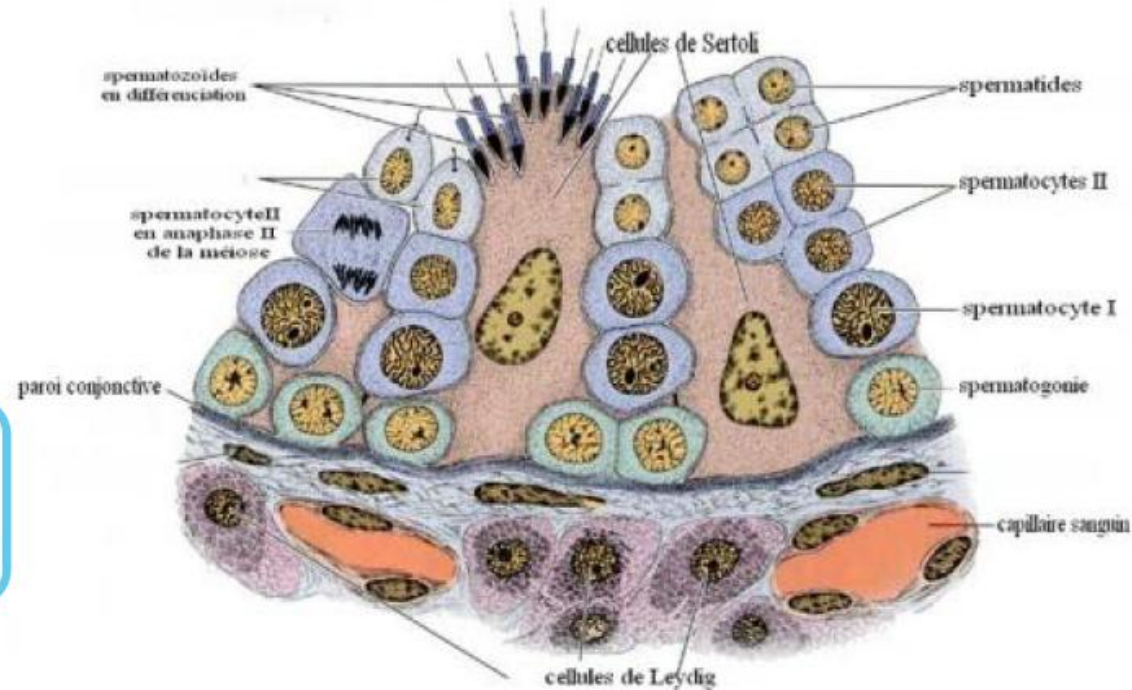
→ **Spermatogénèse**

- **Cellules de Leydig**

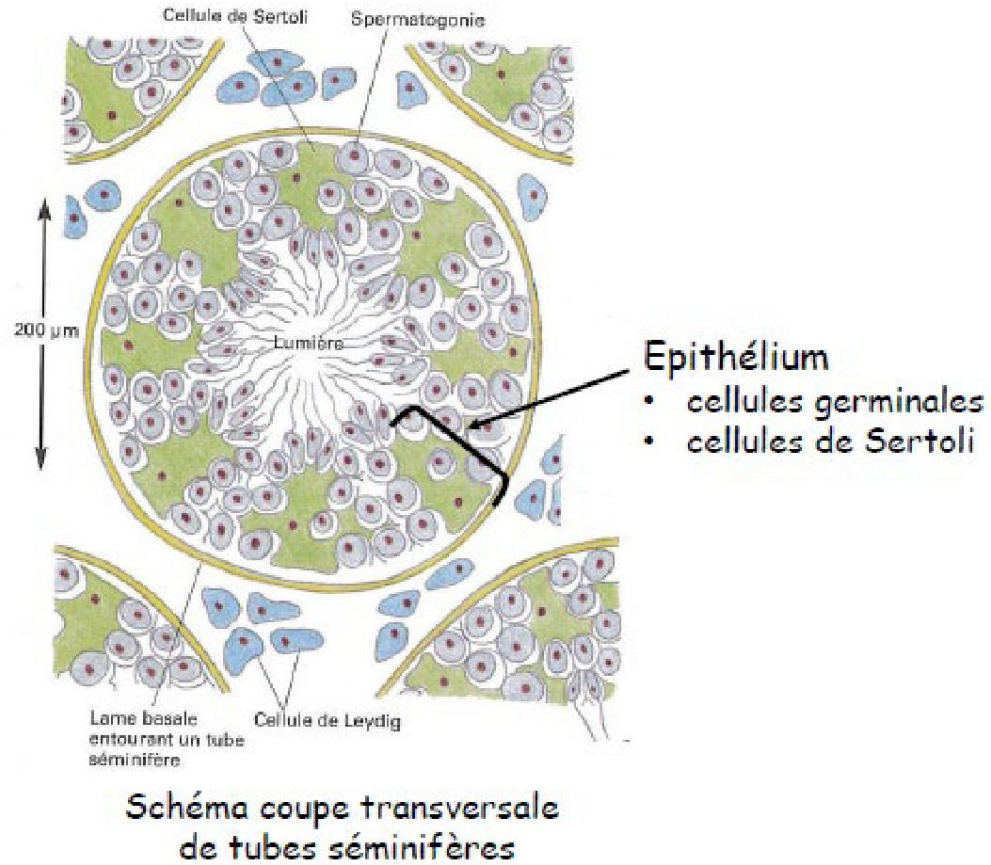
Tissu interstitiel

Fonction endocrine

→ **Production testostérone**



Déroulement de la spermatogenèse



Dans l'épithélium séminifère

pôle luminal

spermatozoïdes

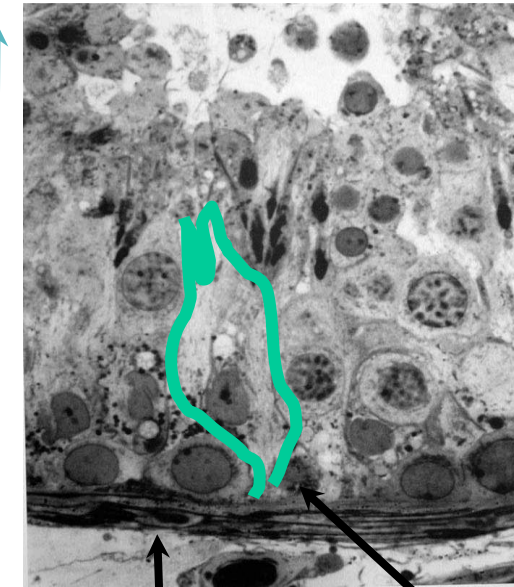
Spermatides

maturité
croissante

Spermatocytes I

**Spermatogonies
A (Ad et Ap) et B**

pôle basal



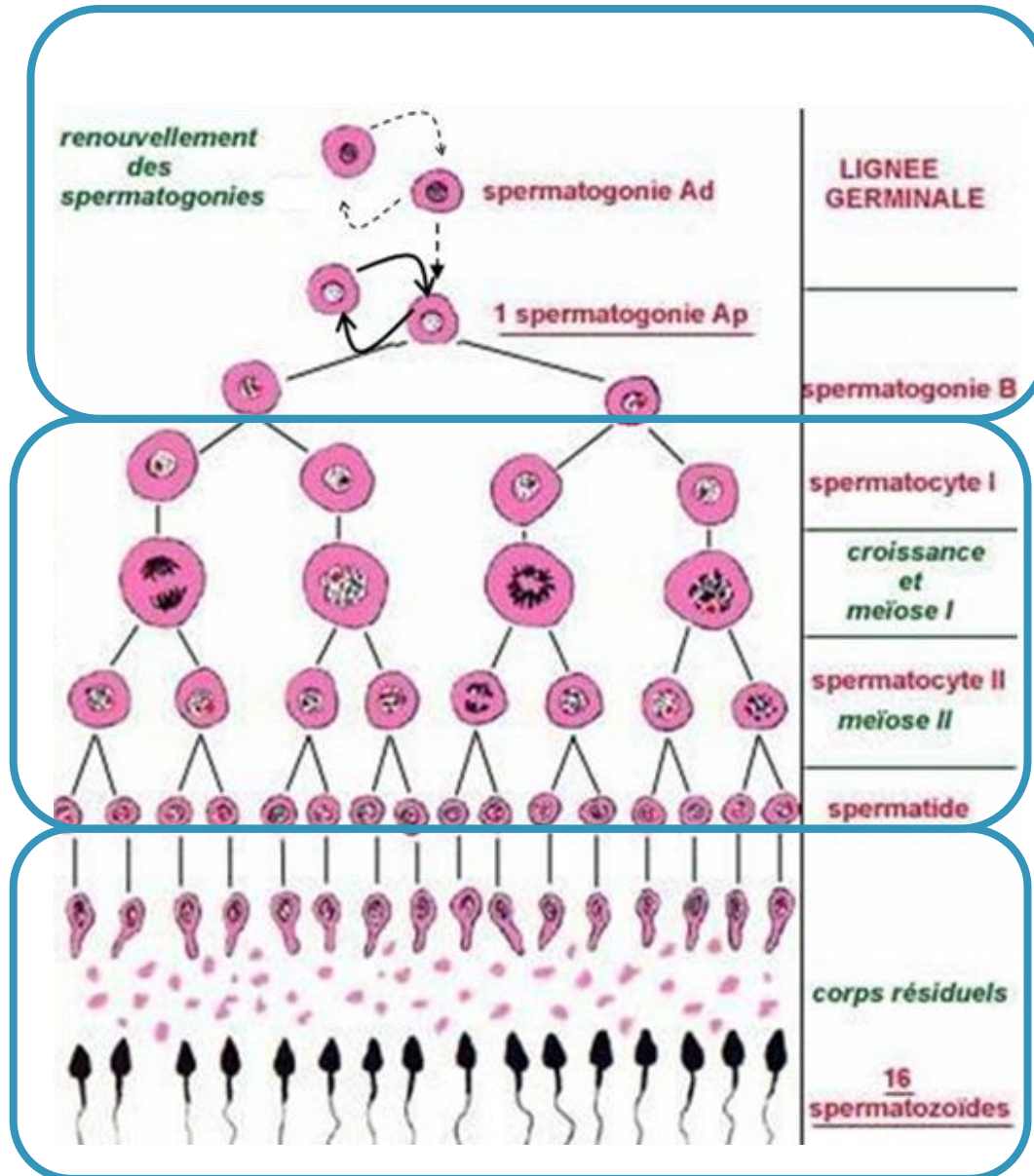
Cellules myoïdes

**Cellules
de Sertoli**

Durée globale

Homme: de la puberté jusqu'à la fin de la vie

Déroulement de la spermatogenèse



1) Prolifération cellulaire=Mitoses
(27 JOURS)

2) Divisions méiotiques (24 JOURS):

Méiose I=réductionnelle

SPI (46 K à 2 chtides) → 2 SPII (23K à 2 chtides)

Méiose II=équationnelle

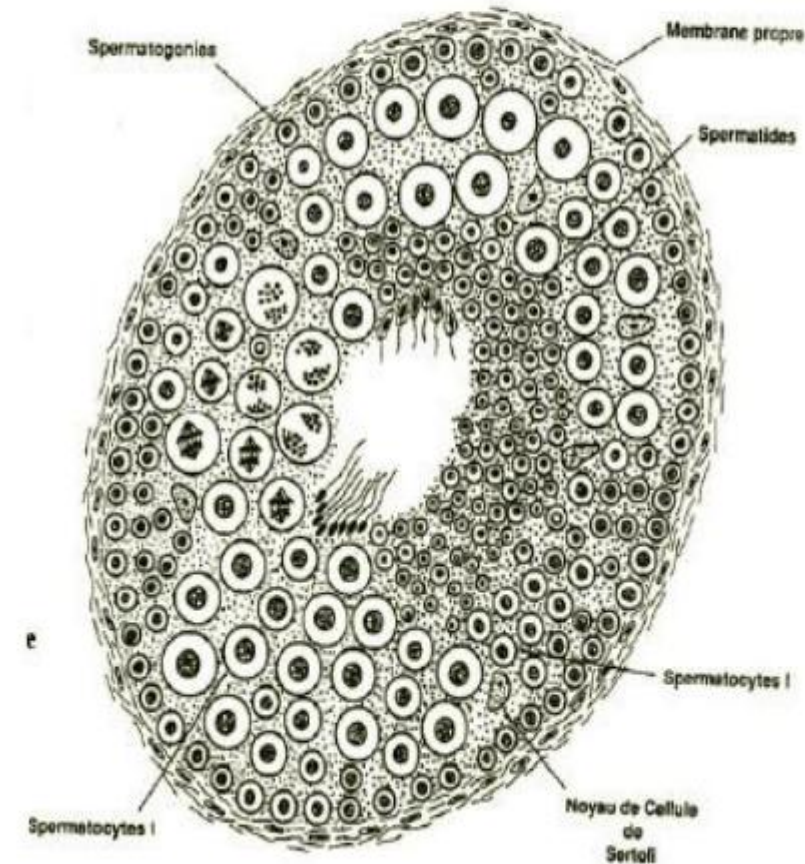
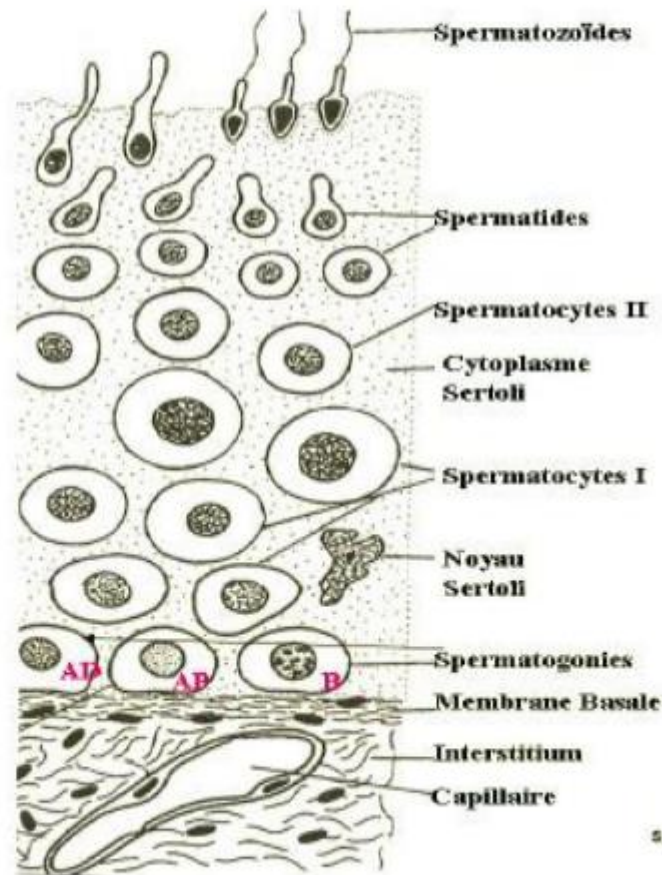
SPII (23K à 2 chtides) → 2 Spermatides (23K à 1 chtide)

3) Spermiogénèse (23 JOURS)

**Durée totale de la
spermatogénèse :
74 jours**

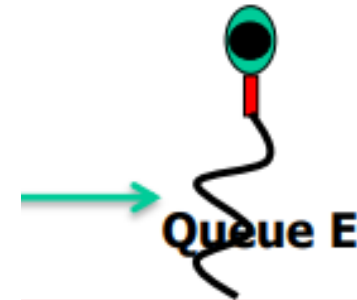
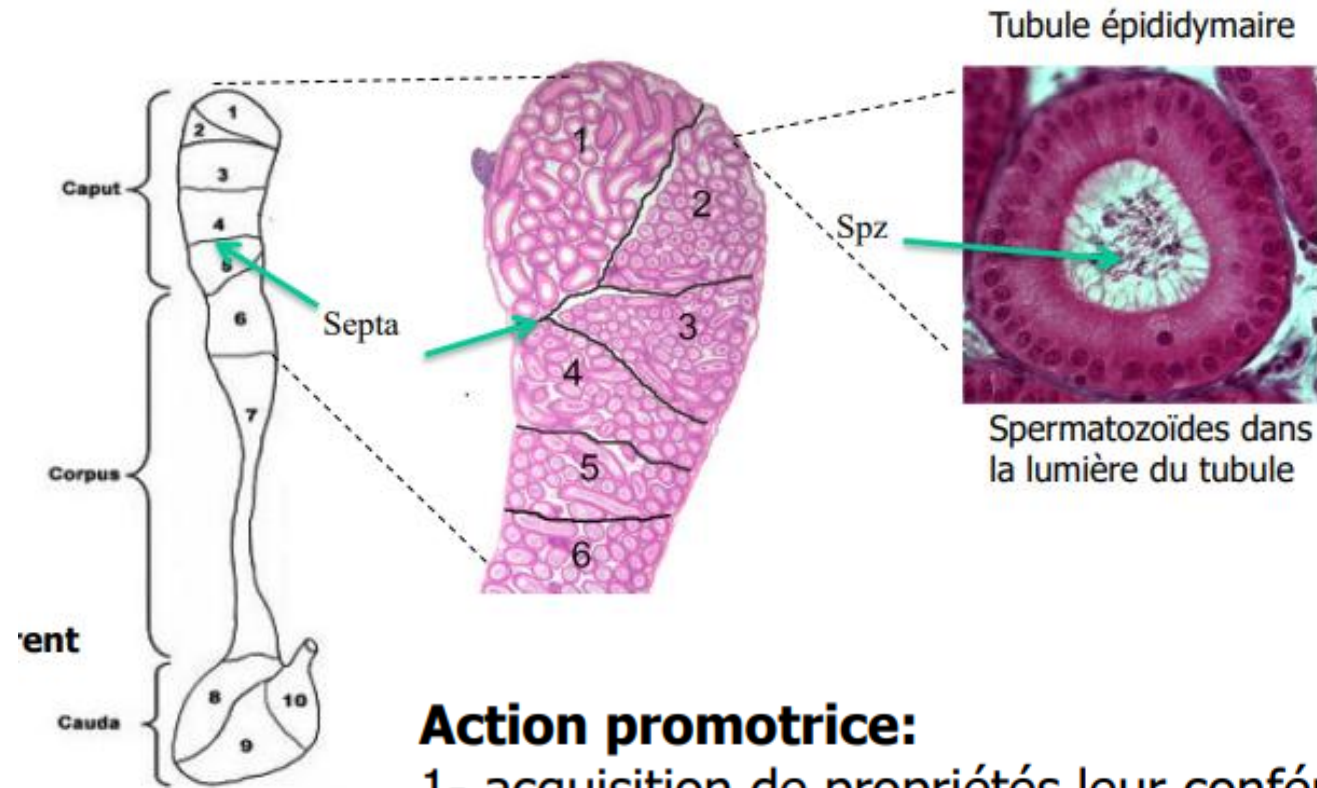
La spermiation

Détachement complet du spermatozoïde et libération dans la lumière du tube



Maturation épидидymaire permet aux SPZ

- développer une mobilité progressive
- acquisition d'une spécificité de fixation à la ZP
- acquisition du pouvoir fécondant
- assurer un développement embryonnaire viable



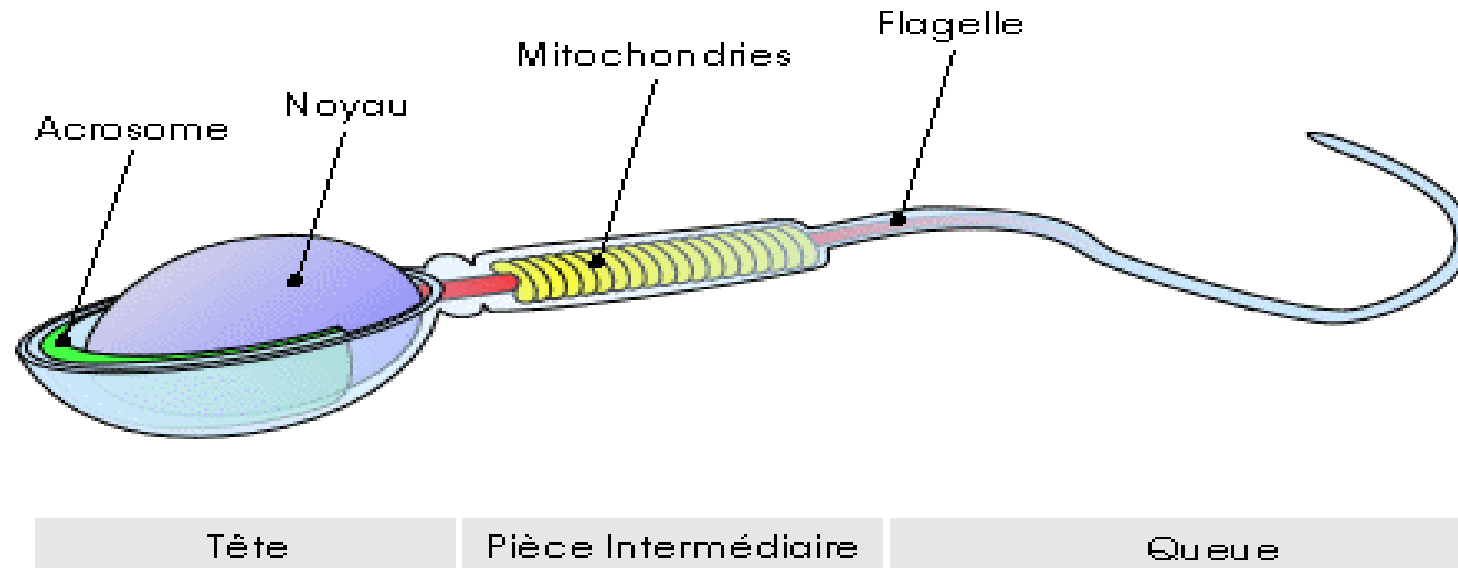
- Compaction nucléaire accrue
- Acquisition de la mobilité de spz
- Liaison à la ZP
- Acquisition Pouvoir fécondant
- Capacité à donner un embryon viable

Action promotrice:

- 1- acquisition de propriétés leur conférant la mobilité
- 2- modifications des composés de surface membranaire leur conférant une spécificité de reconnaissance et de fixation sur la ZP

Finalité: production du spermatozoïde

Gamète haploïde (23 chromosomes)

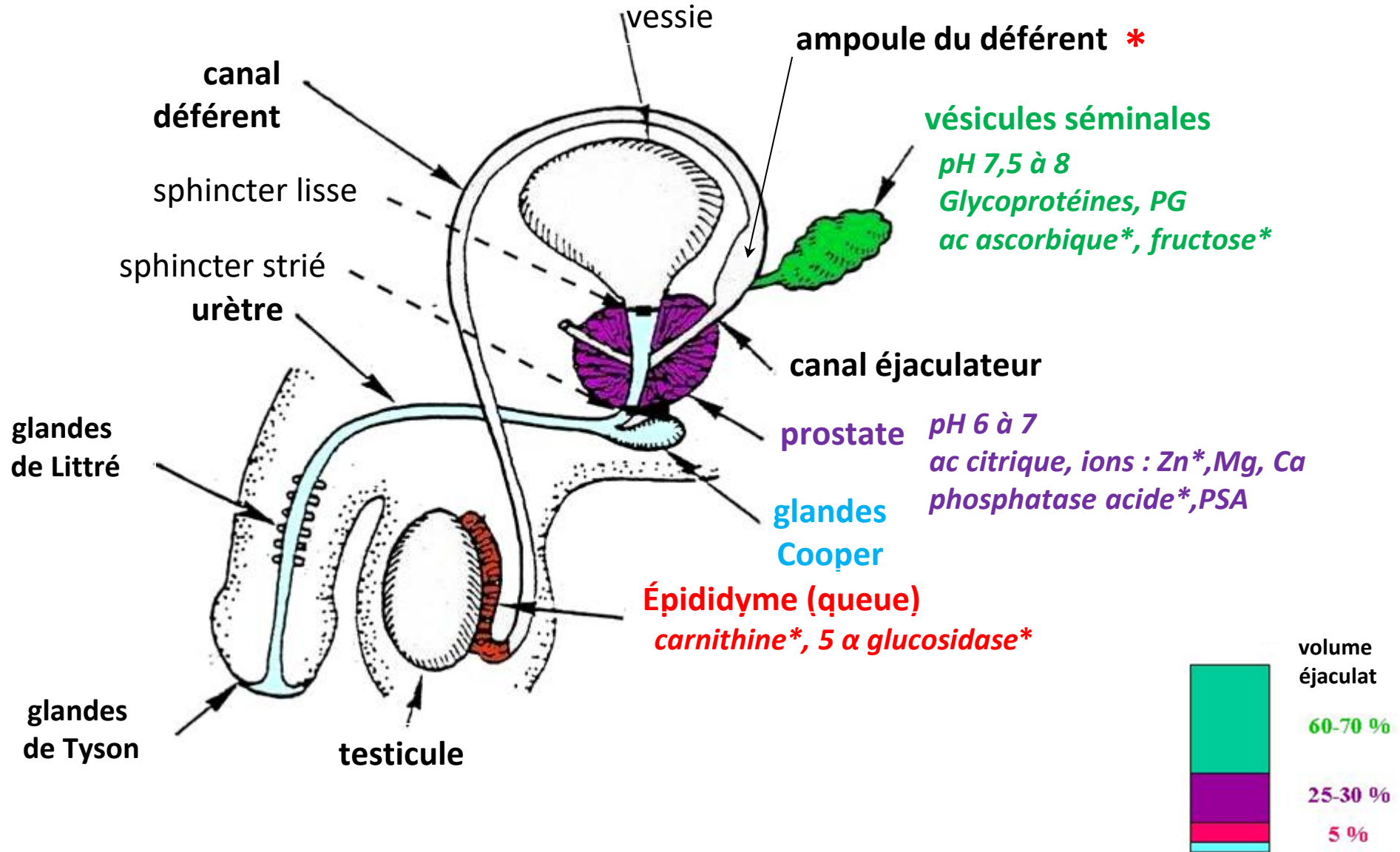


Noyau contenant le génome haploïde condensé (protection du génome)

Mitochondries (carburant)

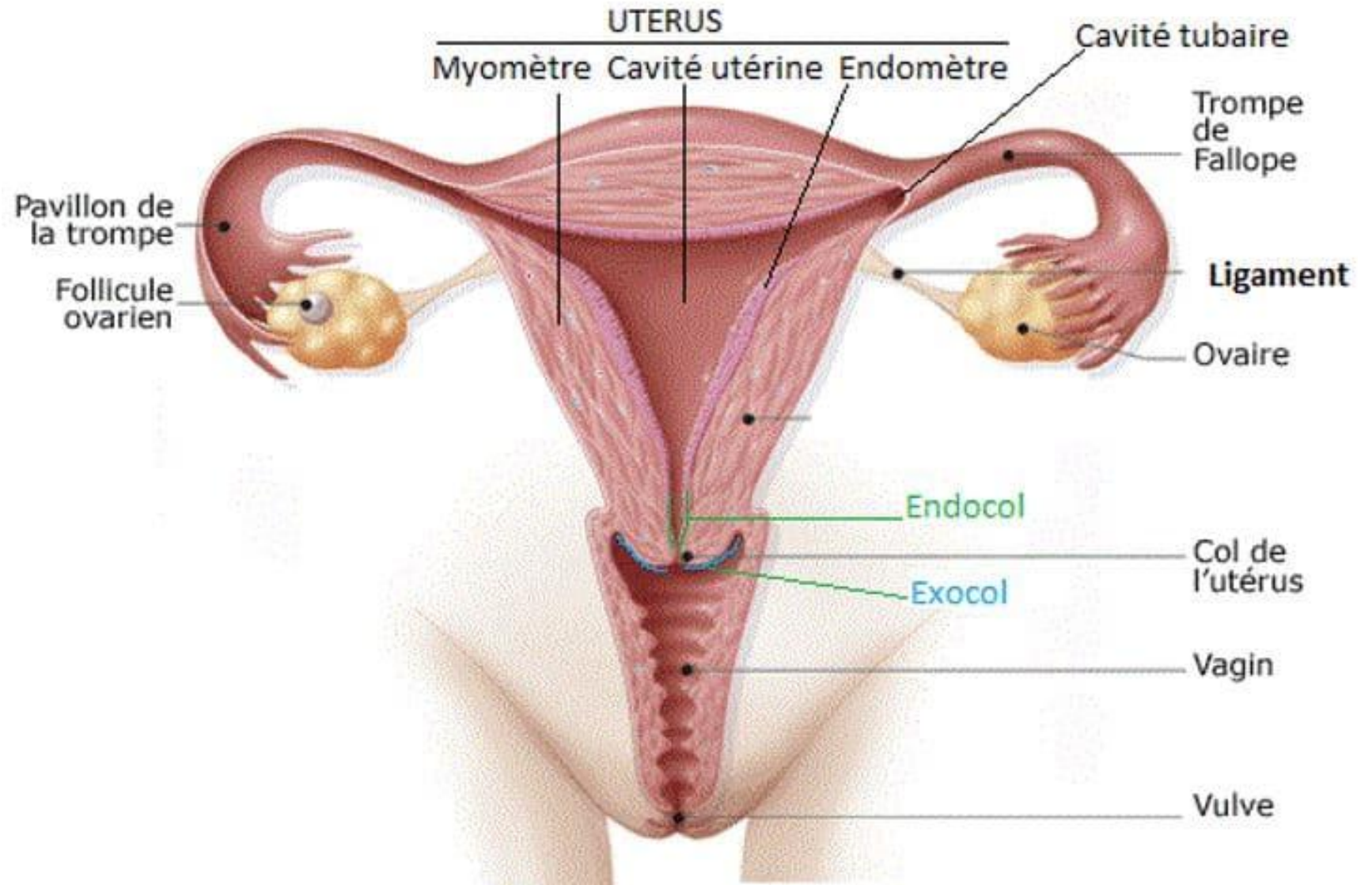
Flagelle=appareil propulseur (mobilité → ovocyte)

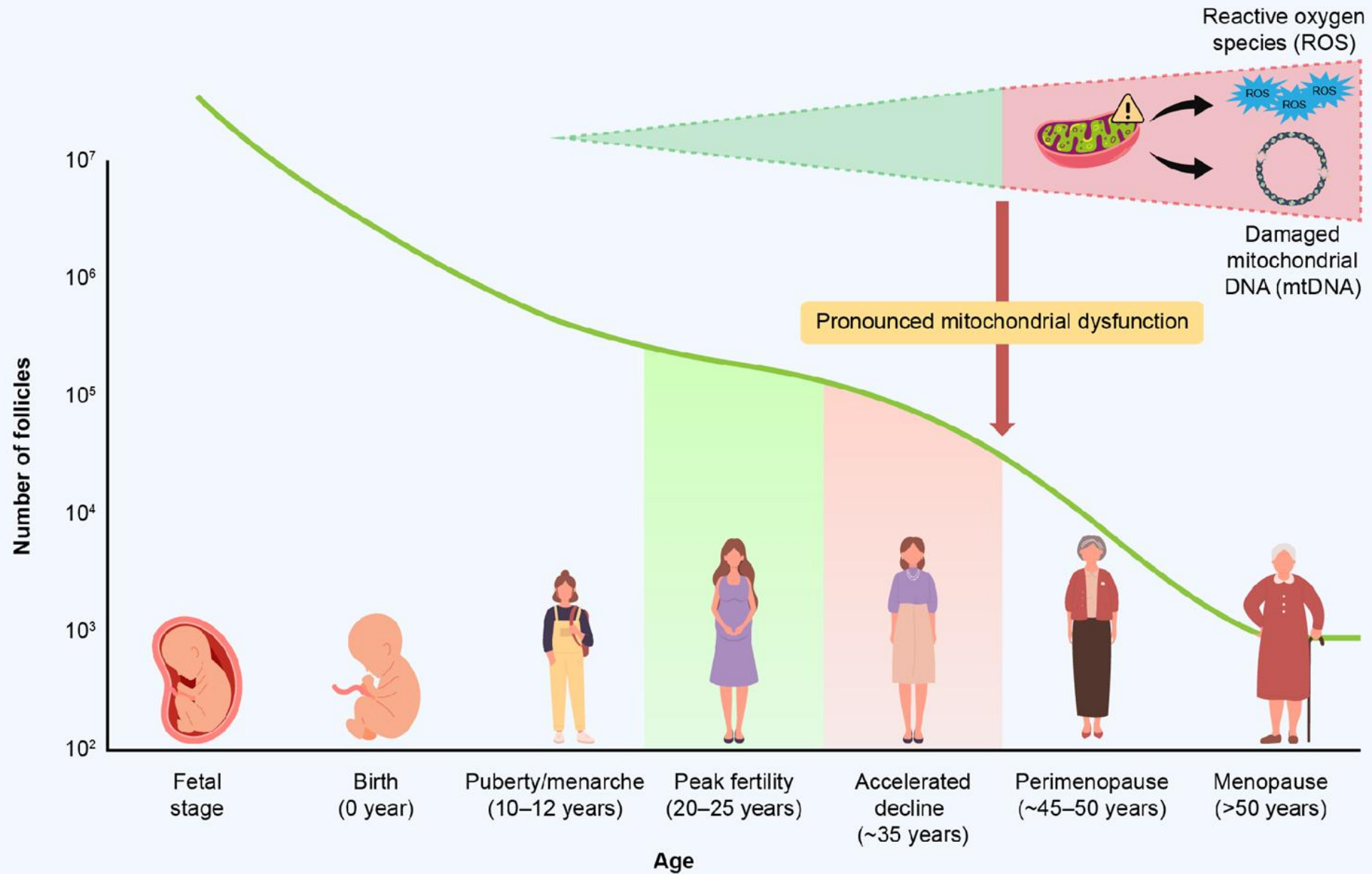
Appareil génital masculin



Ovogénèse

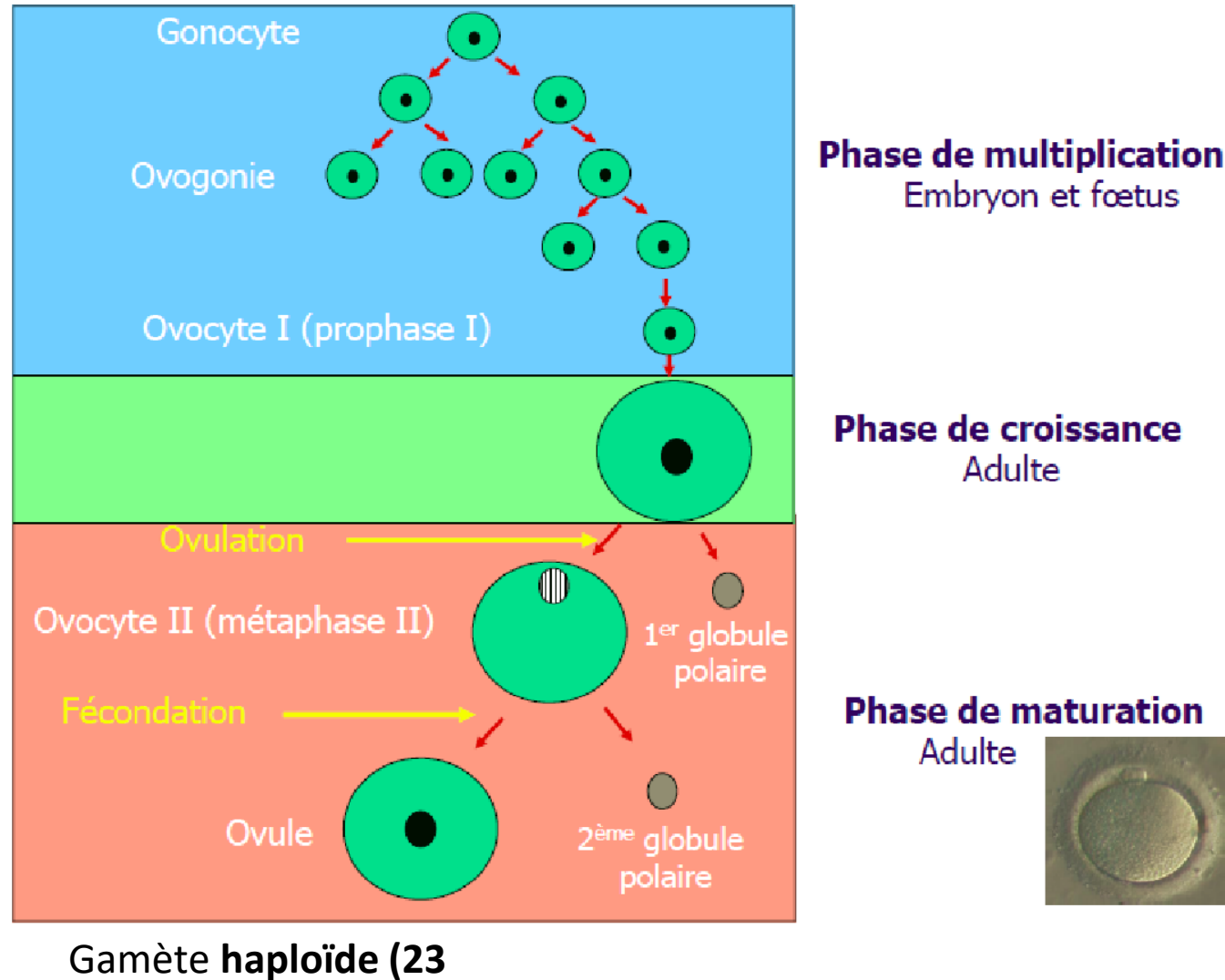
Anatomie: L'appareil Génital Féminin





Schematic representation of the number of primordial follicles in the ovaries and mitochondrial dysfunction in oocytes, in relation to female age and corresponding reproductive events

Déroulement de l'ovogénèse

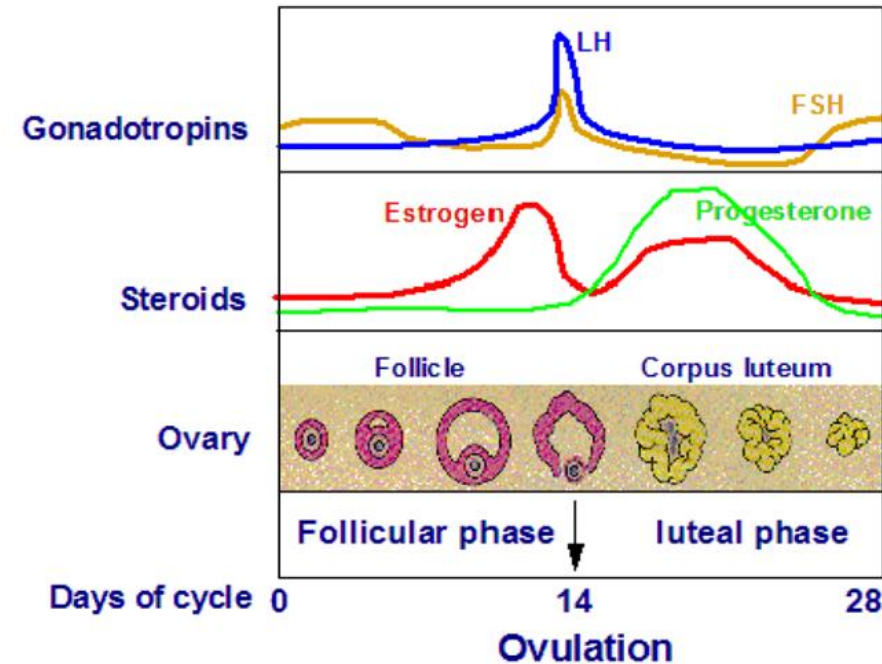


Femme: de la vie intra-utérine jusqu'à la ménopause

Le cycle ovarien

- J1 : premier jour des règles
- Phase proliférative : croissance de l'endomètre et sélection puis croissance du follicule dominant.
- Phase lutéale : transformation sécrétoire de l'endomètre
- Ovulation déclenchée par le pic de LH (35-36 h)
- Maturation nucléaire de l'ovocyte : fin de la première division de méiose
- Blocage de l'ovocyte en métaphase 2

Hormonal profiles of the ovarian (menstrual) cycle



Déroulement de la folliculogenèse

Recrutement initial
Sortie de la réserve (initiation)
Croissance folliculaire de base

Recrutement initial
Indépendant des gonadotrophines

Recrutement cyclique
Croissance folliculaire terminale = phase folliculaire du cycle menstruel

Recrutement cyclique
Gonadotrophines-dépendant

Follicule mûr de De Graaf

Follicule mature pré-ovulatoire

Follicule dominant

Follicules antraux

Follicules secondaires

Follicules primaires

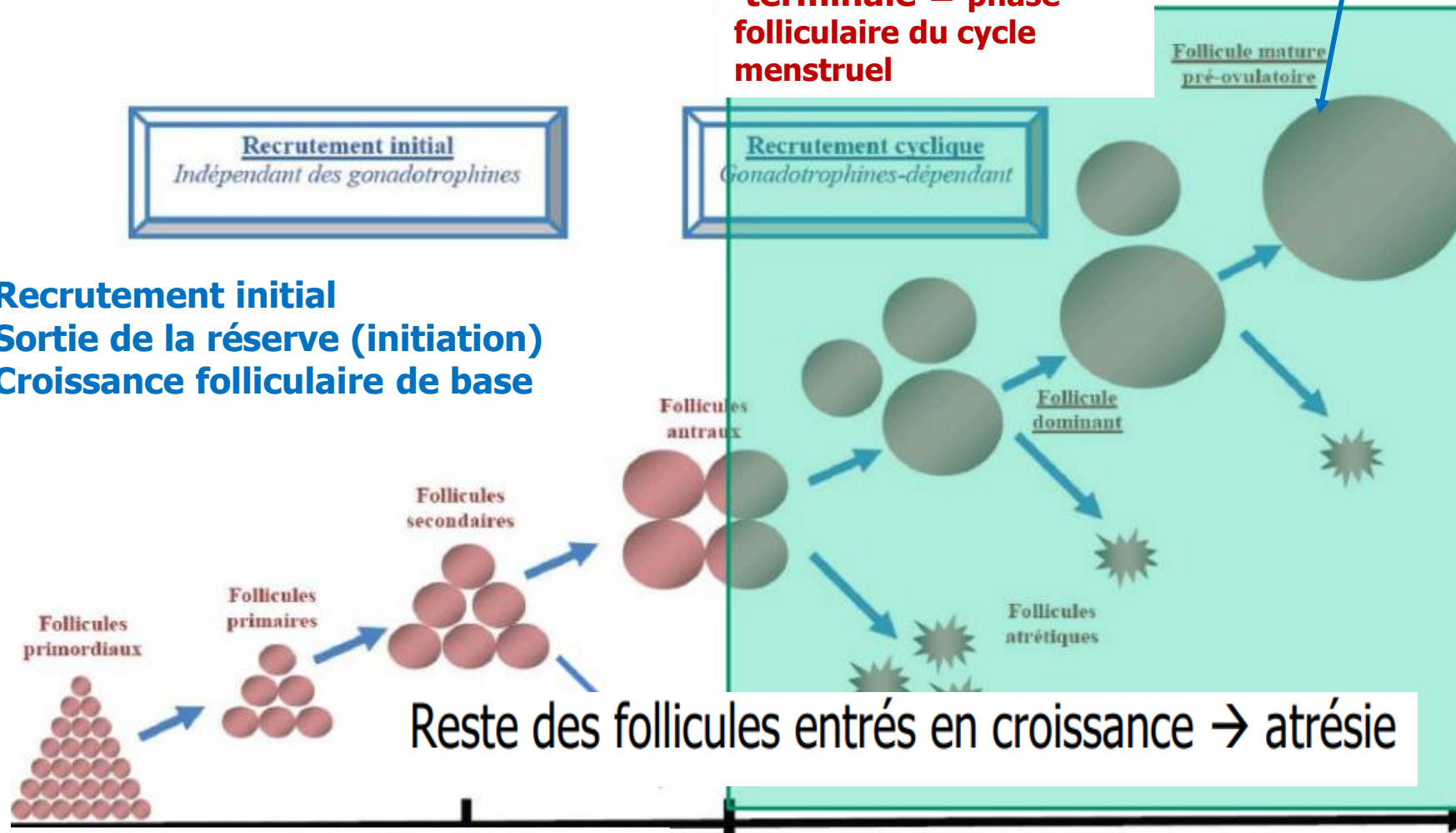
Follicules primordiaux

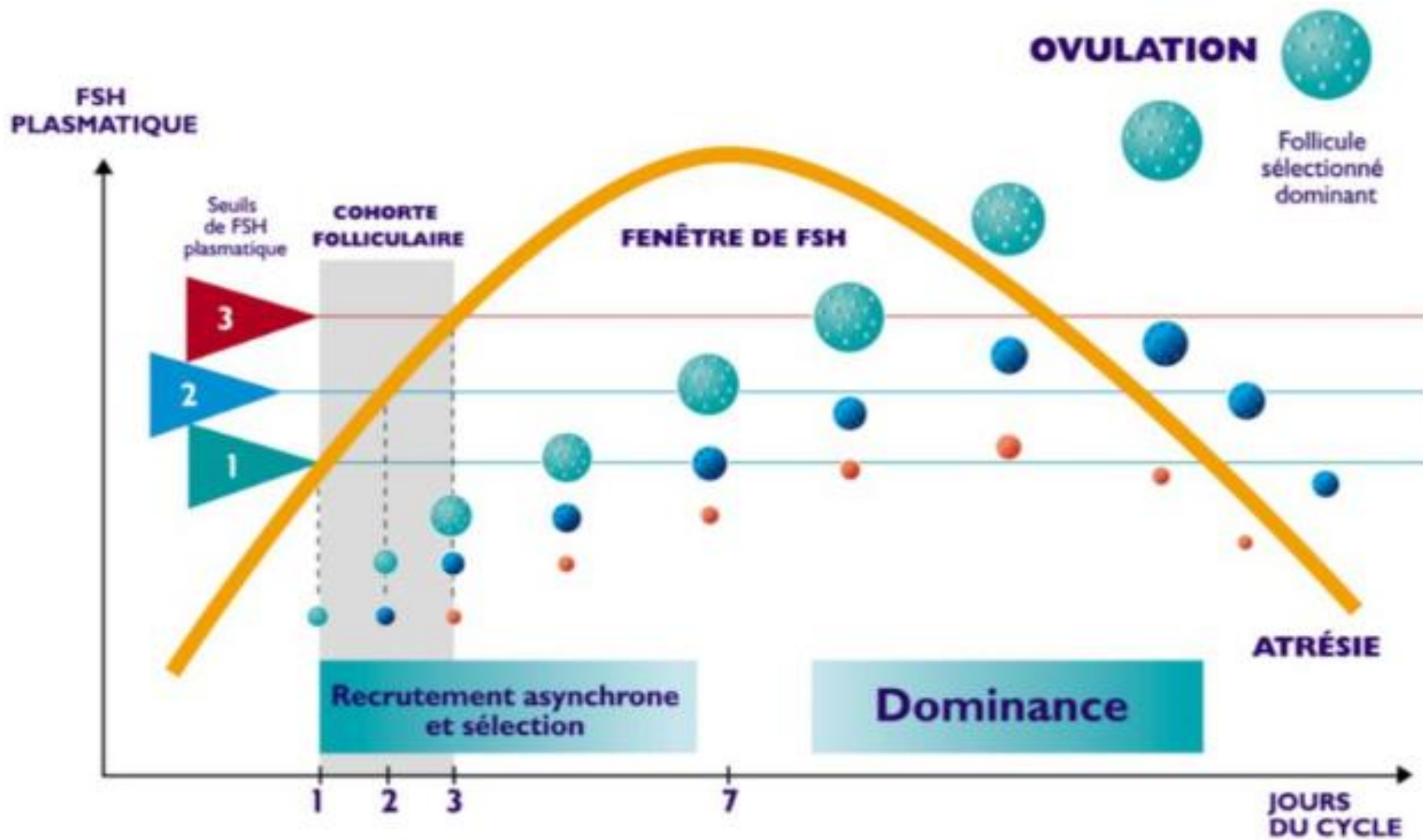
Follicules atreétiques

Reste des follicules entrés en croissance → atresie

PHASE NON GONADODEPENDANTE
Facteurs de croissance locaux (ovaire)

PHASE GONADODEPENDANTE
FSH puis FSH + LH





Finalité: production d'un ovocyte mature

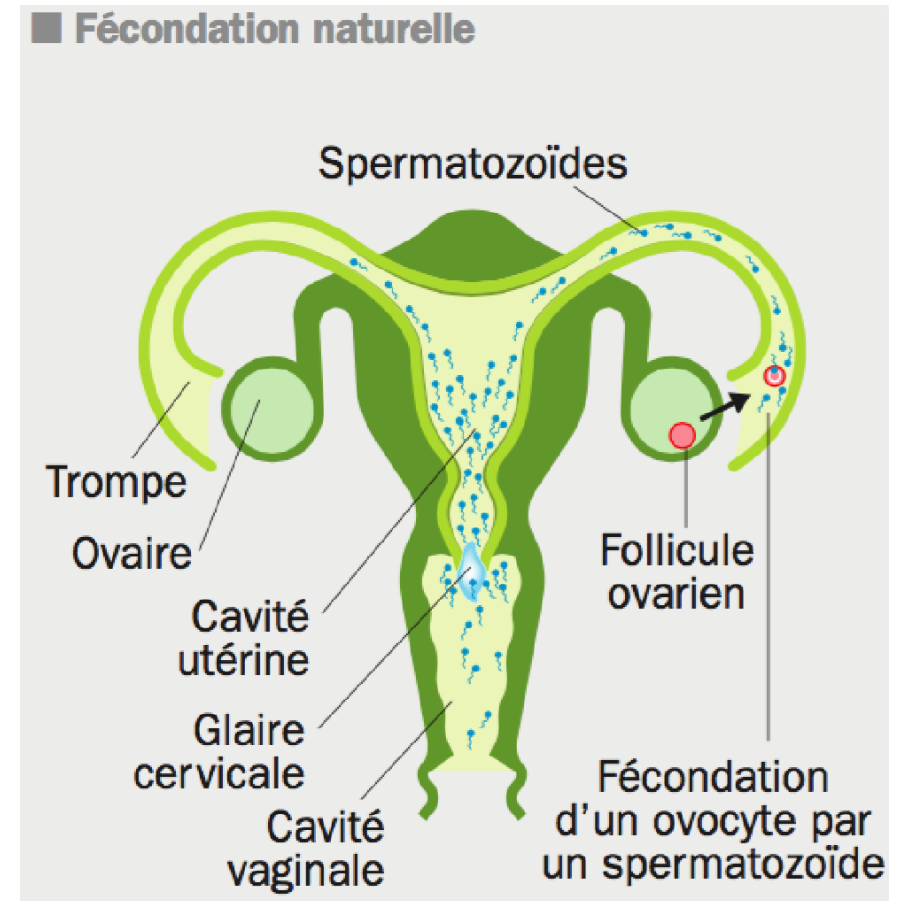
Obtenir un gamète féminin de qualité
OVOCYTE II
ovocyte mature



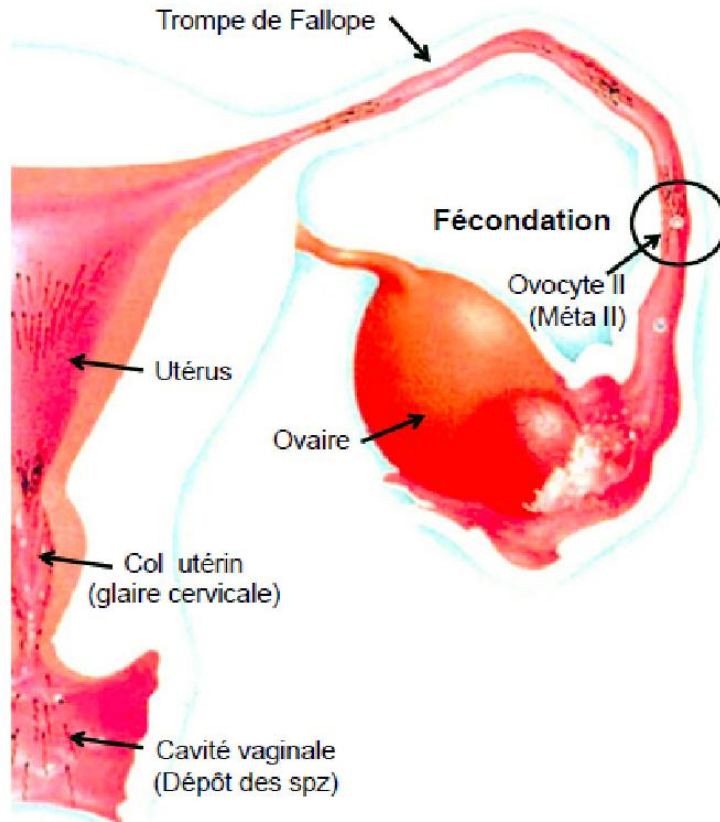
Fécondation

Définition et lieu de la fécondation

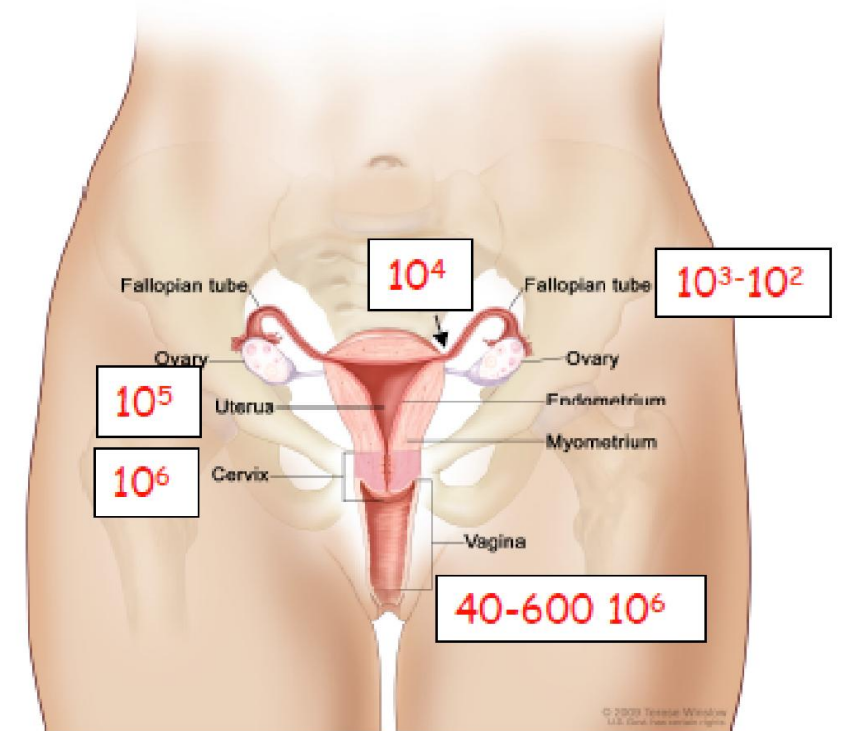
- Création par la fusion d'un gamète mâle et d'un femelle d'un zygote diploïde
- Chaque gamète est haploïde
- La fécondation résulte d'une fusion des membranes gamétiques
- Lieu : tiers externe de la trompe



Transit et maturation des spermatozoïdes dans les voies génitales féminines



- Dépôt des spz (liquide séminal)
- Stockage (col et isthme)
- Elimination du liquide séminal
→ col utérin (glair cervical)
- Remontée progressive dans le tractus génital féminin
- Capacitation des spz
→ sécrétions utérines et tubaires
- Fécondation
→ tiers externe de la trompe



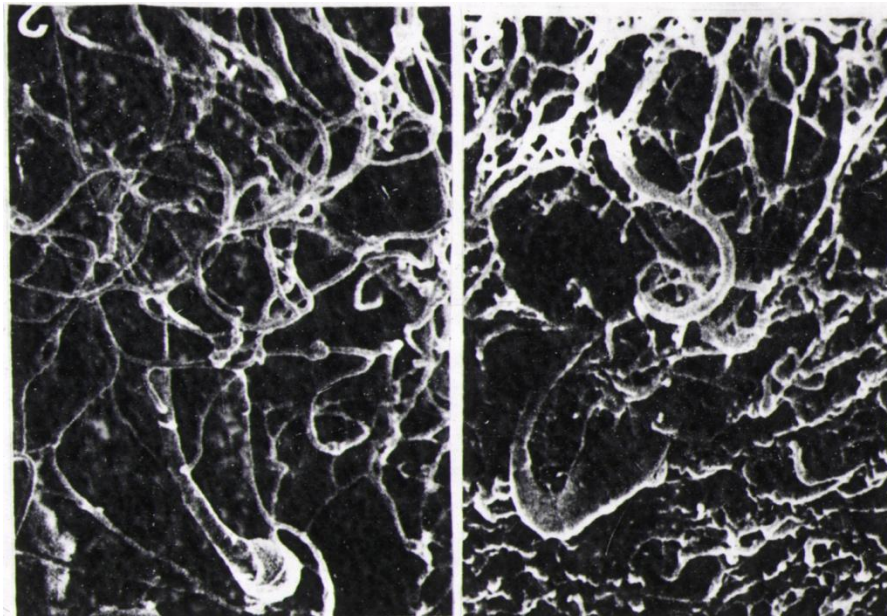
Le spermatozoïde doit être lavé du liquide séminal et séjourner dans les voies génitales féminines afin d'être fécondant

MIGRATION DES SPERMATOZOÏDES DANS L'APPAREIL GENITAL FEMININ

Rapport sexuel : environ $>100.000.000$ SPZ dans le vagin

Traversée de la glaire cervicale

Réseau de glycoprotéines formant des mailles. Dépendance vis à vis des stéroïdes ovariens

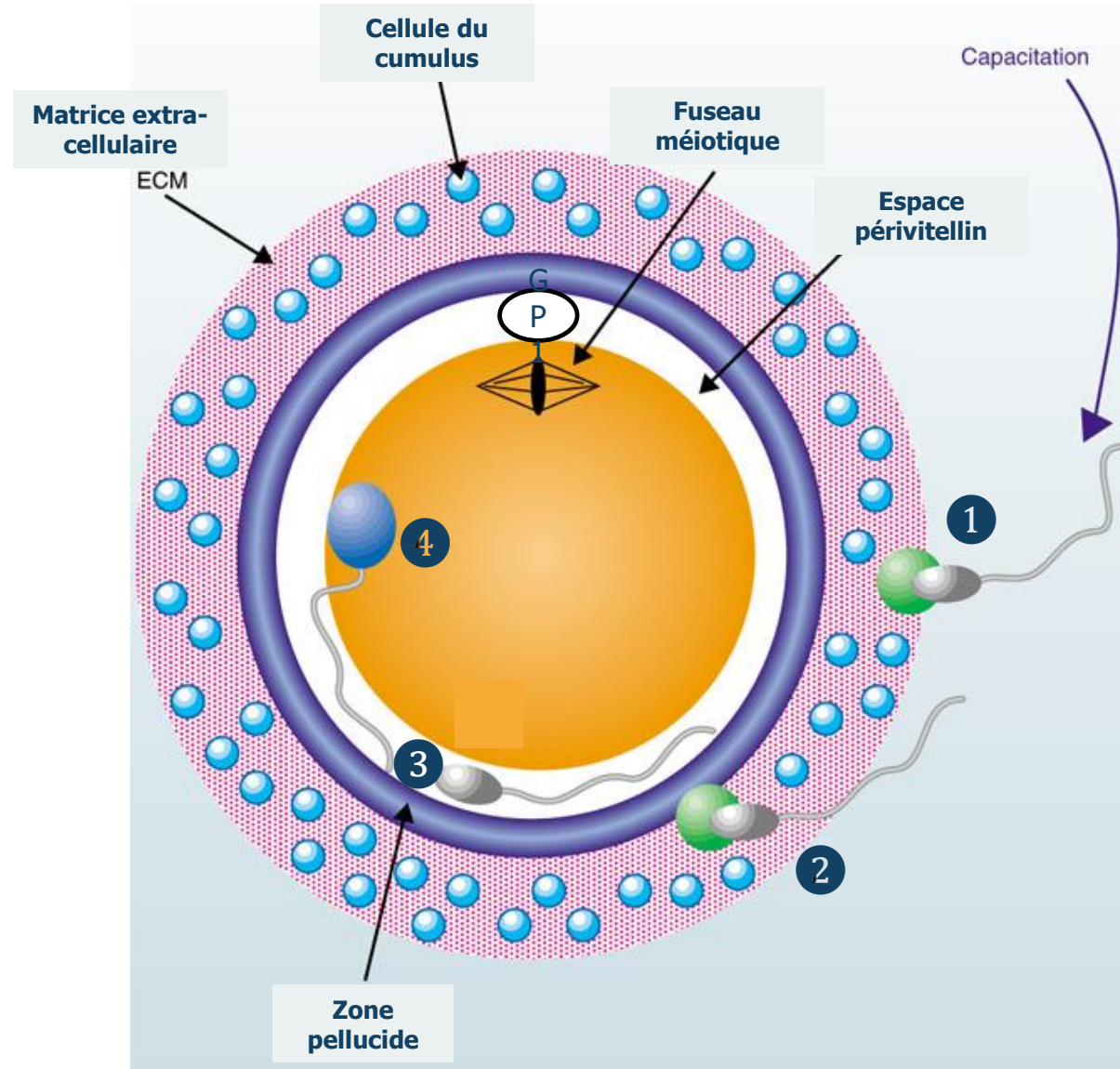


Rôles physiologiques de la trompe

Pour la Procréation

- Captation
- Transport de l'ovocyte
- Transport des spermatozoïdes
- Fécondation
- Segmentation
- Transport de l'embryon

LA FECONDATION: les grandes étapes

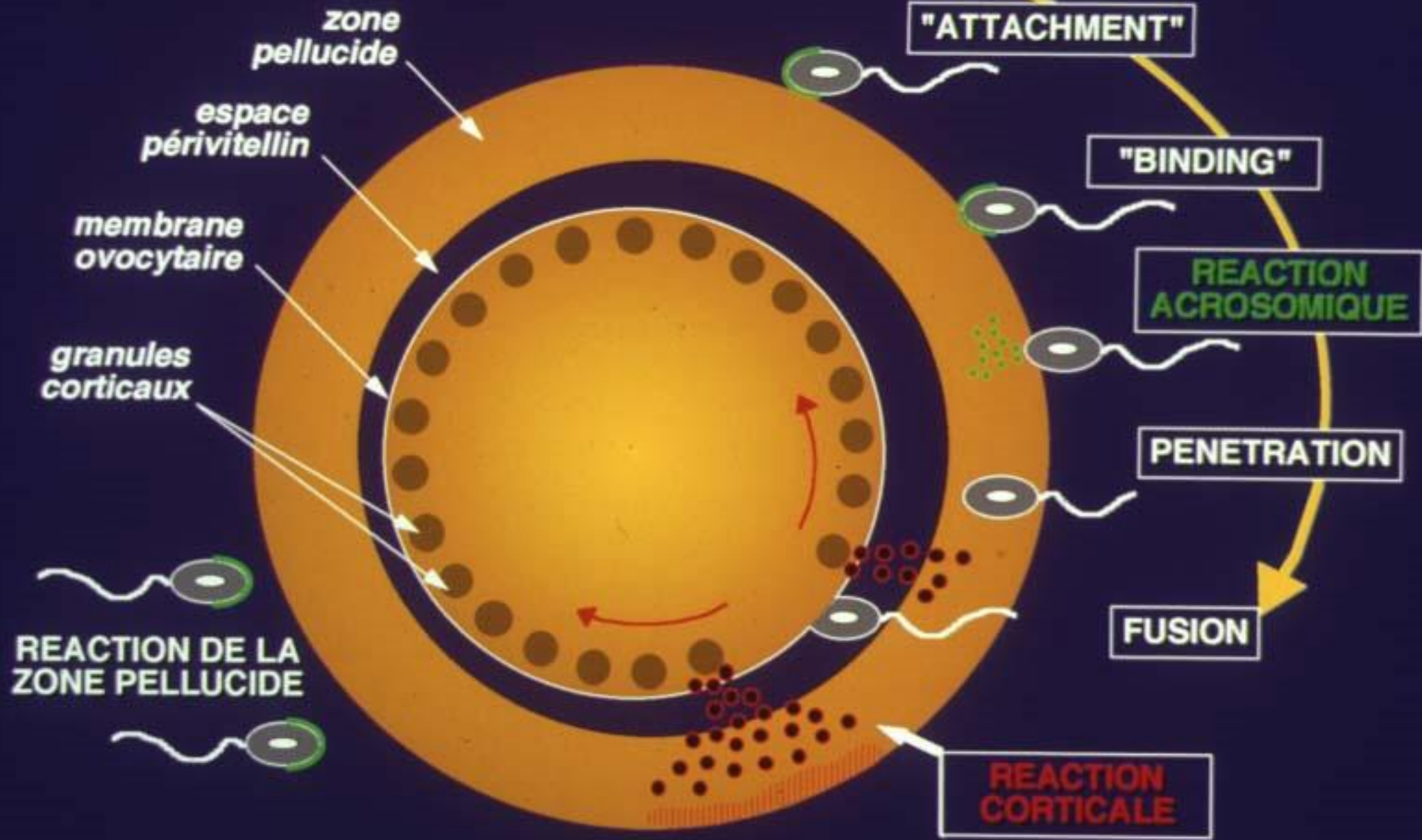


1) La traversée du cumulus oophorus

2) La réaction acrosomique

3) La traversée de la zone pellucide

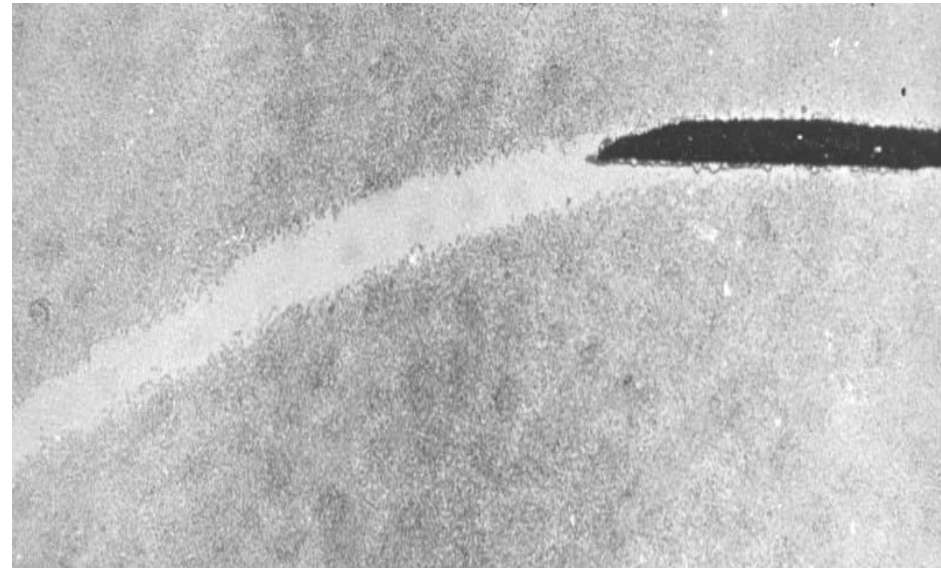
4) La fusion à la membrane ovocytaire



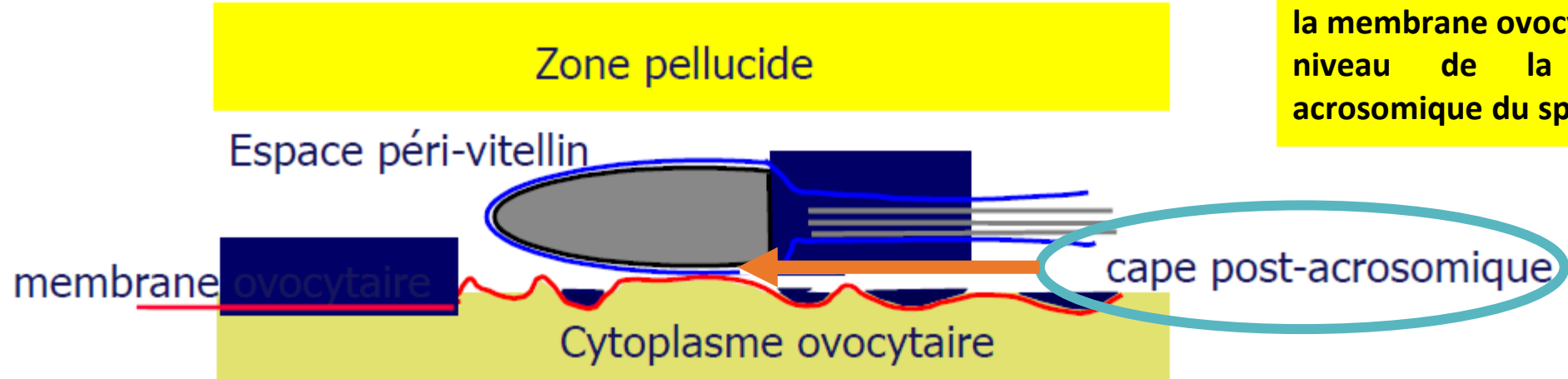


Traversée de la zone pellucide

- Récepteurs pour ZP3 sur membrane plasmique (tête) du spermatozoïde
- Liaison spermatozoïde-zone pellucide :
 - nécessite acrosome intact
 - induit la **réaction acrosomique**
 - traversée de la zone pellucide $\Rightarrow$ espace péri-vitellin

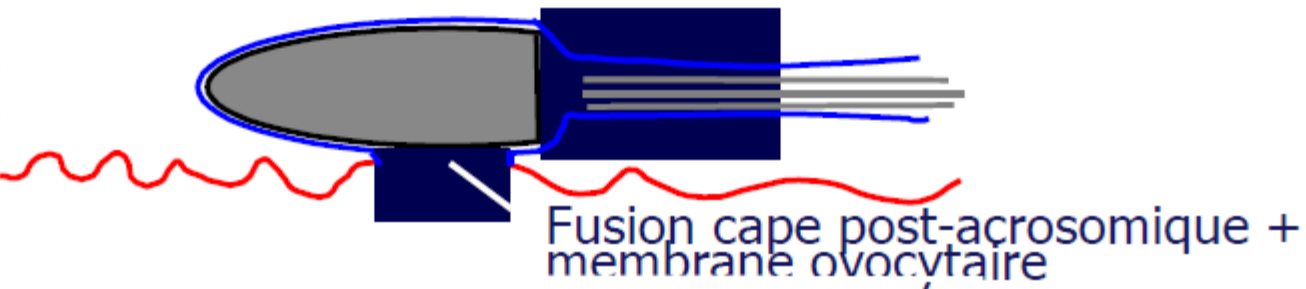


Interaction gamétique

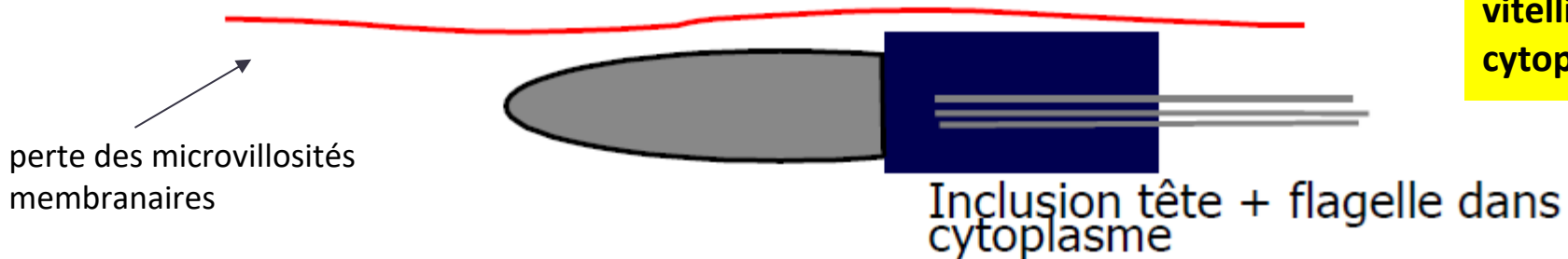


La fusion du spermatozoïde avec la membrane ovocytaire a lieu au niveau de la cape post acrosomique du spermatozoïde

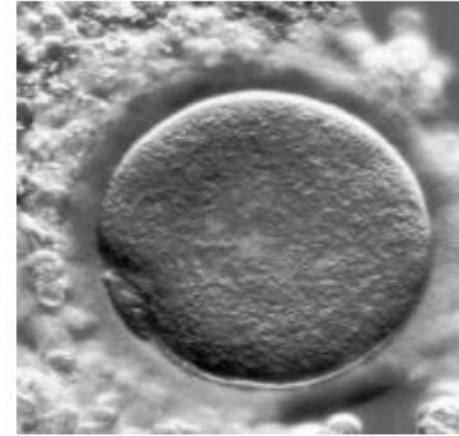
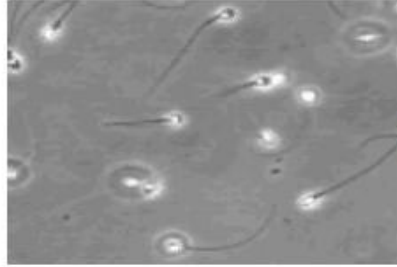
La fusion des membranes gamétiques est facilitée par les microvillosités membranaires de l'ovocyte



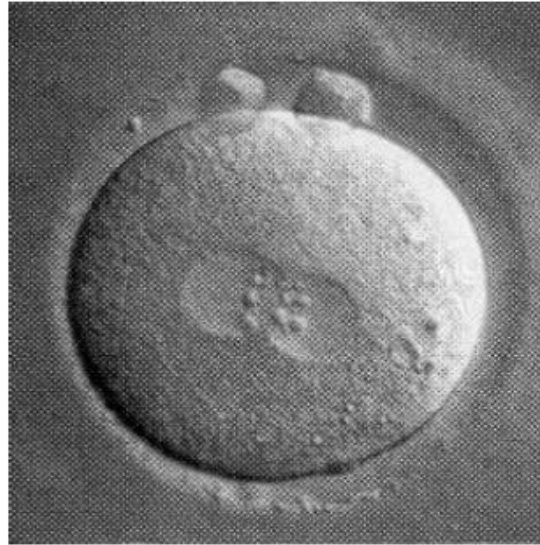
Le flagelle du spermatozoïde pénètre dans l'espace péri-vitellin ainsi que dans le cytoplasme de l'ovocyte



La fécondation



Fécondation



2 pronoyaux (2PN)
1 noyau ♂ et 1 noyau ♀

PN :

- taille identique
- présence de nucléoles : nombre et position peut être décrite

Fécondation anormale

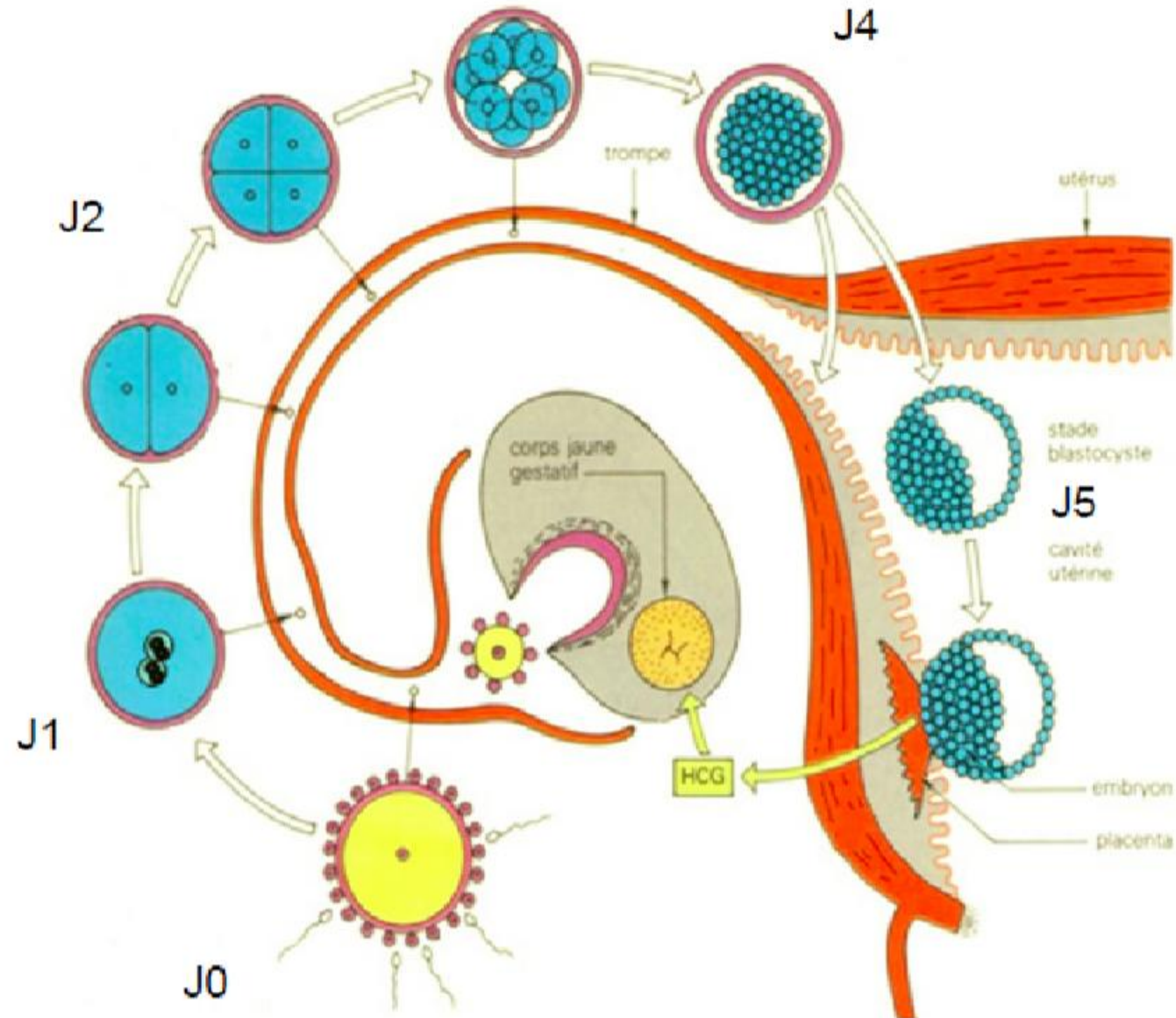
Triploïdie



Ovocyte fécondé = zygote

Organisation spatio-temporelle du développement embryonnaire précoce

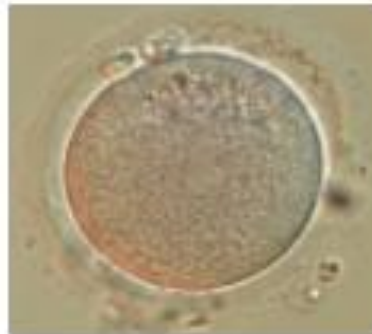
- Fécondation : tiers externe de la trompe
- Morula : tiers interne de la trompe
- Blastocyste : entrée de la cavité utérine



Chronologie post fécondation



Zygote



Effacement
des
pronoyaux



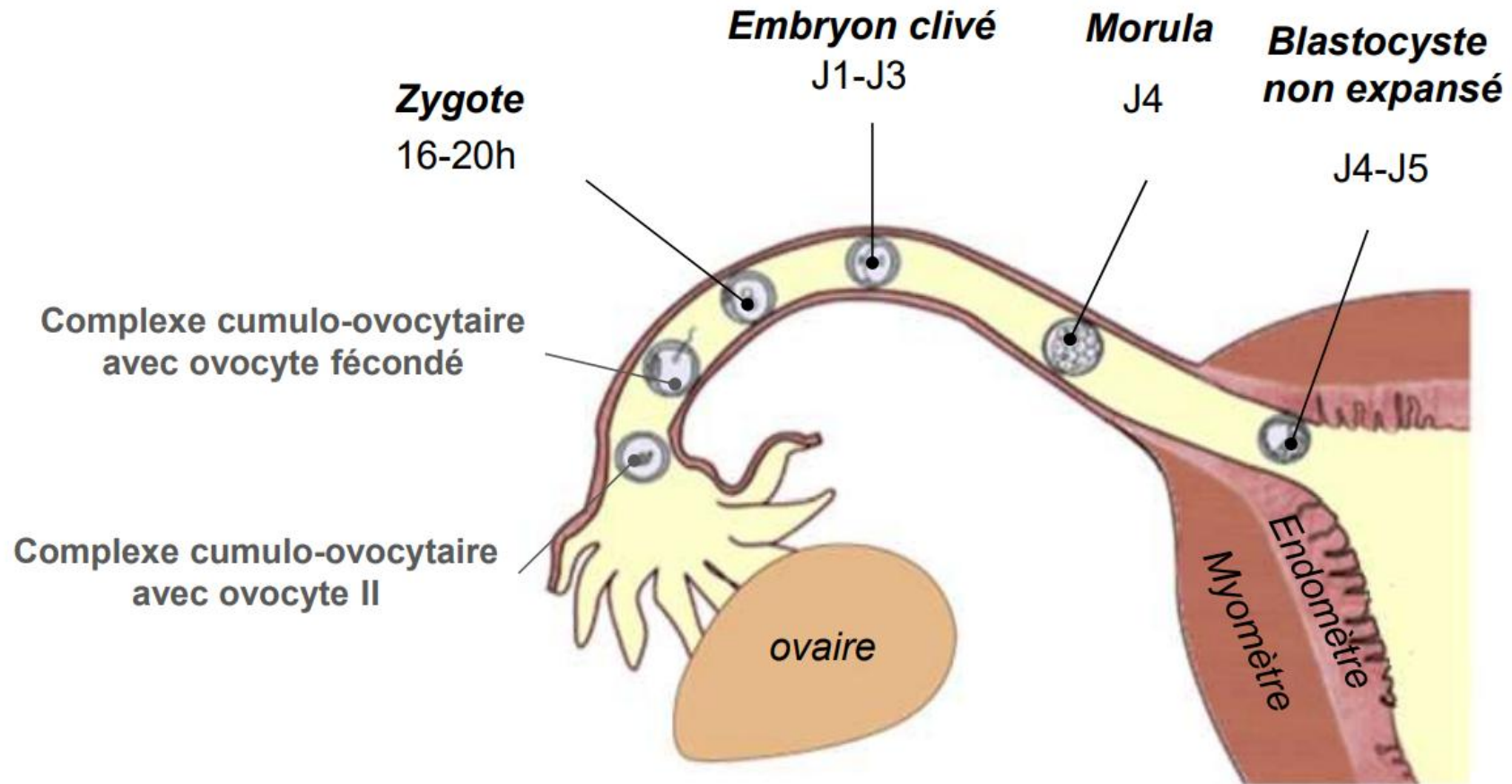
Cellules en
cours de
division



Deux
blastomères

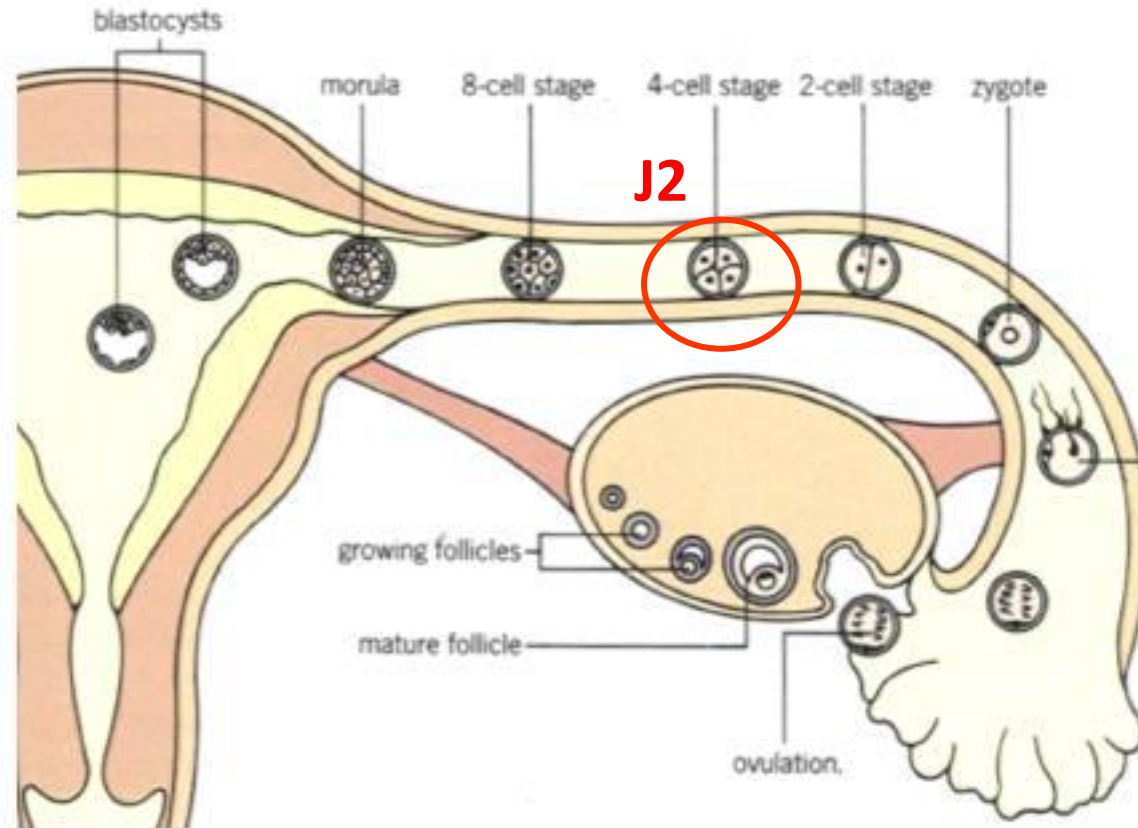
Syngamie

Siège du développement embryonnaire préimplantatoire



taille similaire du zygote au stade morula

Morphologie de l'embryon clivé



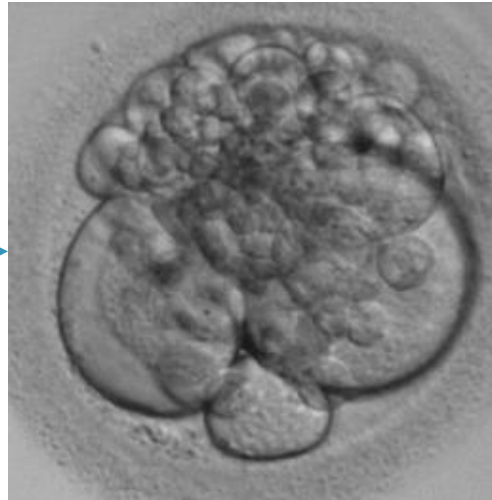
- Nombre de cellules

- Fragmentation

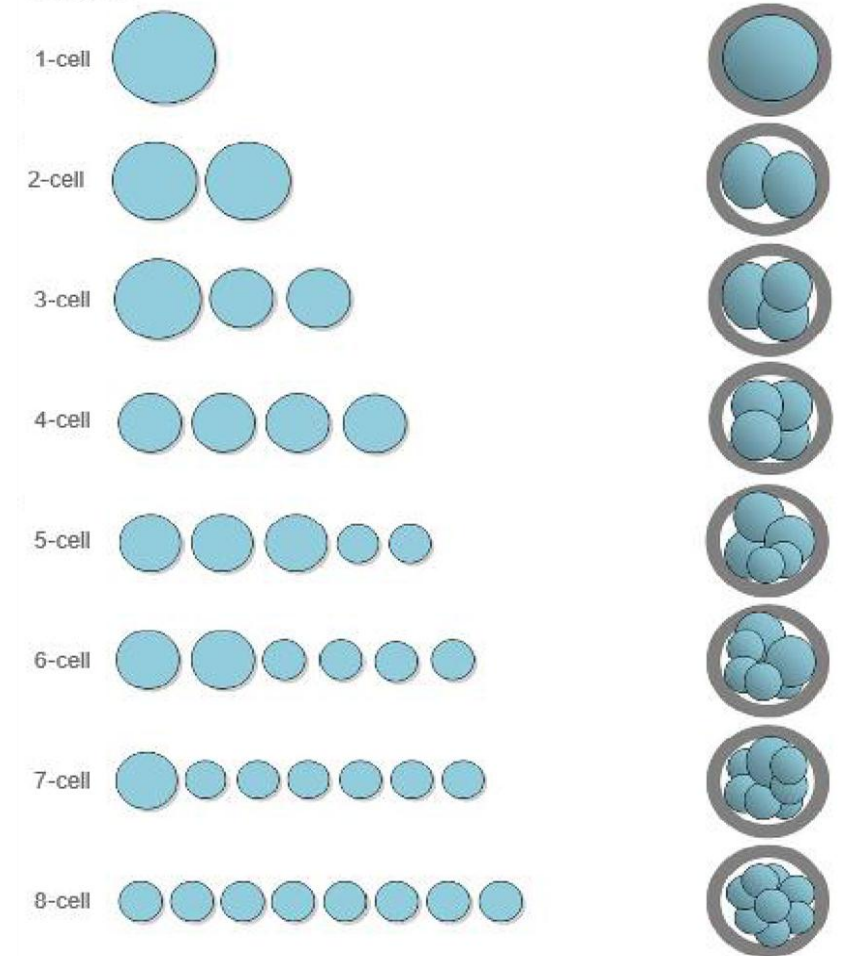
Fragment = structure cytoplasmique extracellulaire
anucléée, entourée d'une membrane
s'exprime en % du volume embryonnaire

- Typicité du clivage

- Multinucléation

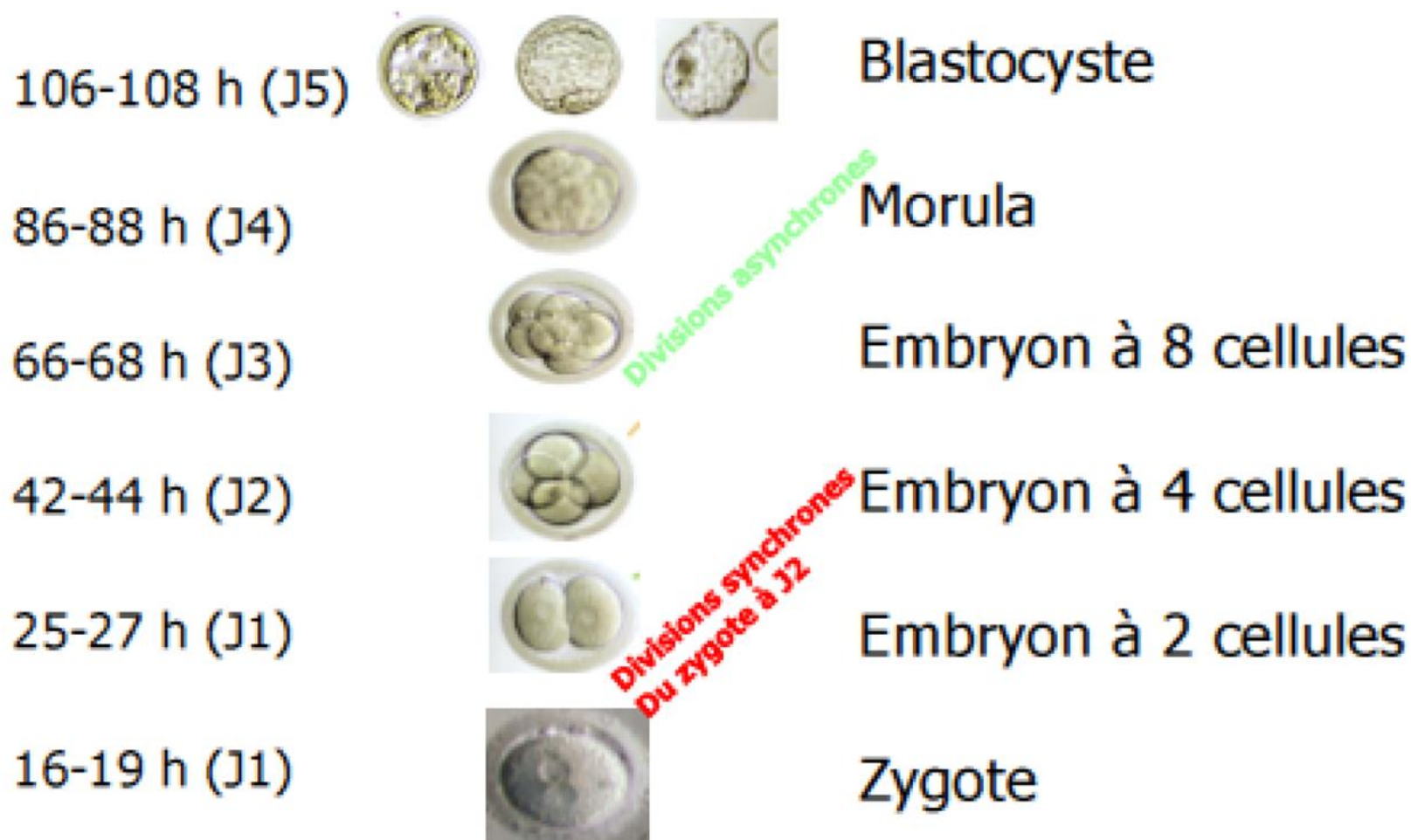


The diagram below gives an illustration of the cell sizes in idealised embryos.



Divisions cellulaires : indicateur majeur de viabilité embryonnaire et de chances de G en FIV
Relation avec aneuploïdie

Chronologie du développement embryonnaire précoce chez l'homme



Développement embryonnaire précoce chez l'homme

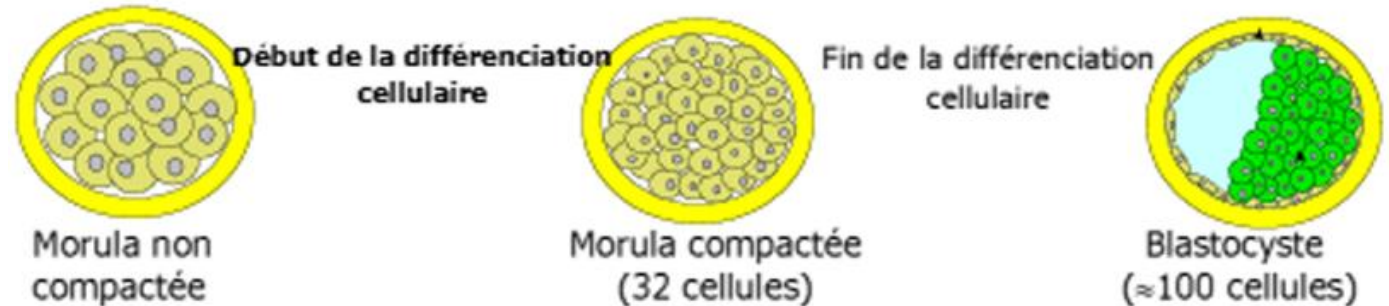
Compaction (J4)



Disparition des limites cellulaires

**Augmentation des contacts
intercellulaires**

**Changements cellulaires
de surface**



Cavitation de la morula et formation du blastocyste

1- Apparition du blastocèle (J5)



150-200 μm

Mécanismes :

Gradient osmotique pompes Na^+/K^+ ATPase

Influx actif d'ions Na^+ vers l'intérieur de la morula

Flux passif H_2O vers l'intérieur de la morula aquaporines (mécanisme osmotique)

Jonctions serrées : Imperméabilité intercellulaire (accumulation de liquide)

Cavitation de la morula et formation du blastocyste

2- Expansion du blastocèle (J5-J6)

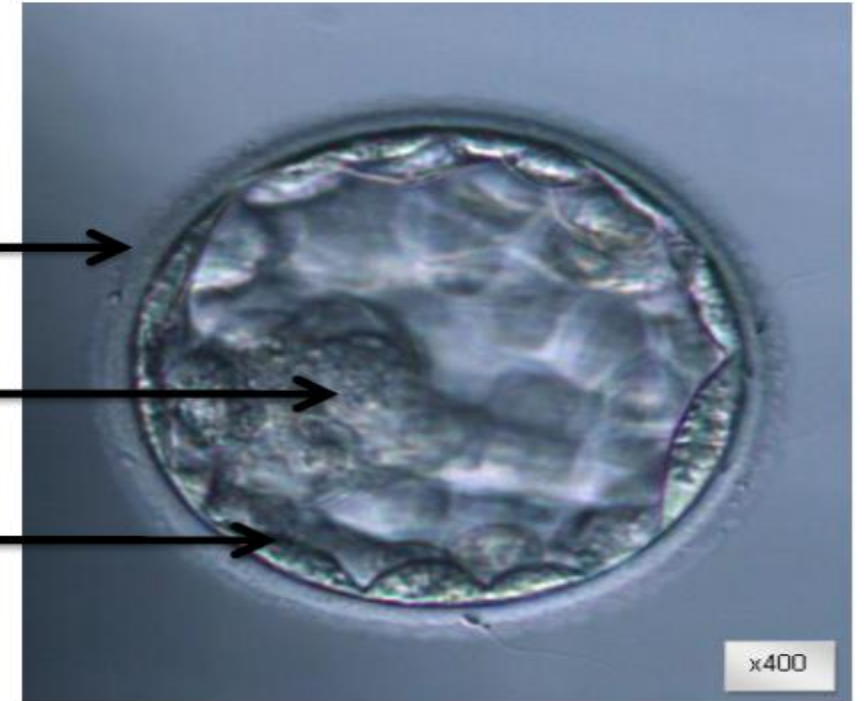
- Aplatissement des cellules du trophoctoderme
- Individualisation du bouton embryonnaire
- Amincissement de la zone pellucide



Zone pellucide

Masse cellulaire
interne (MCI)

Trophoctoderme



200-300 μm

Eclosion ou hatching

L'éclosion se produit à **J6-J7** grâce :

- sécrétion de **protéases** par le trophoctoderme -> érosion de la ZP
- **contractions et ré-expansion en séries** du blastocyste.

Elle a lieu dans l'utérus et est suivie par les 1ères étapes de l'implantation.



→ Libéré de sa zone pellucide, le blastocyste peut interagir directement avec les cellules de l'endomètre pour s'implanter

- Fenêtre d'implantation du 21 au 24^{ème} jour

Blastocyste (5^{ème} jour)

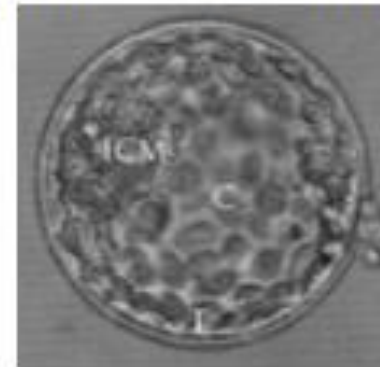


120 μ m

Augmentation de taille

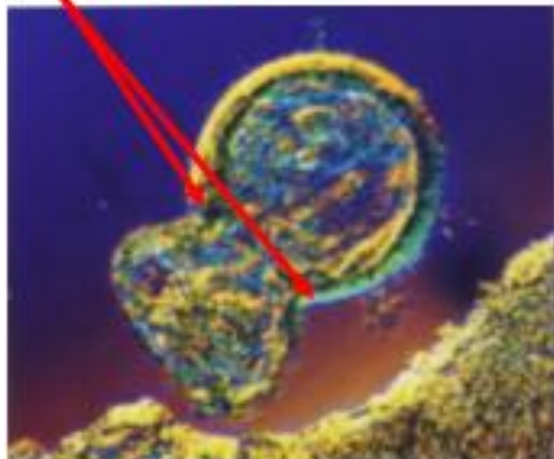
Amincissement zone pellucide

Blastocyste (5^{ème} jour)



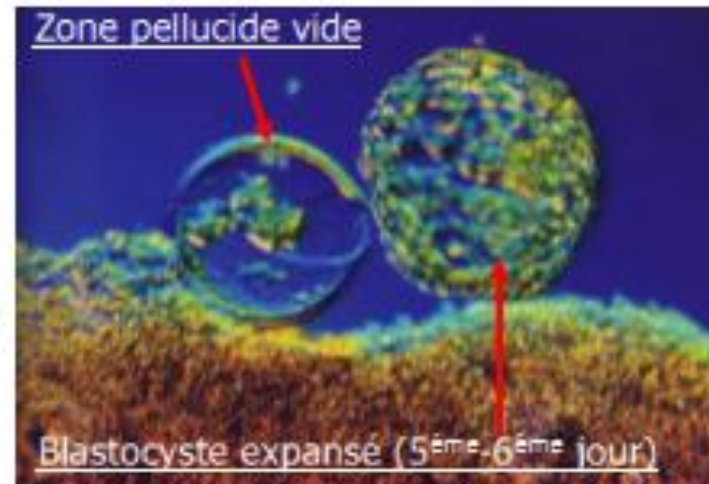
250 μ m

Rupture de la zone pellucide



Éclosion du
blastocyste

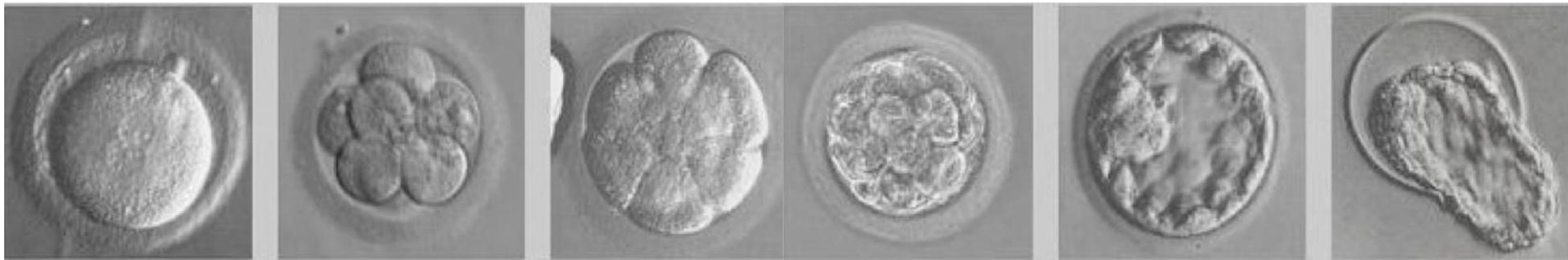
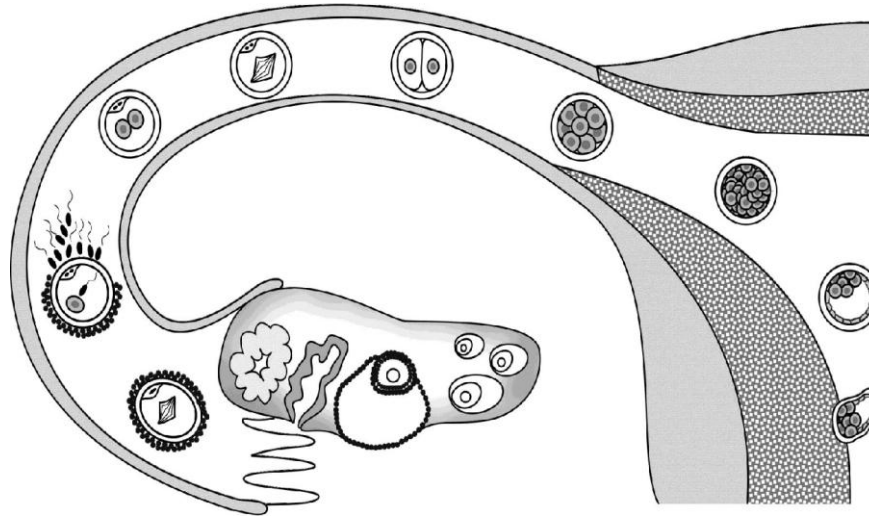
Zone pellucide vide



Blastocyste expansé (5^{ème}-6^{ème} jour)

Métabolisme énergétique de l'embryon

Les nutriments disponibles dans le tractus génital féminin sont en miroir des besoins métaboliques évolutifs de l'embryon :

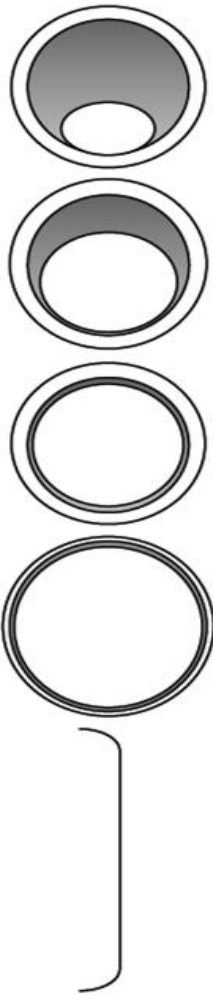
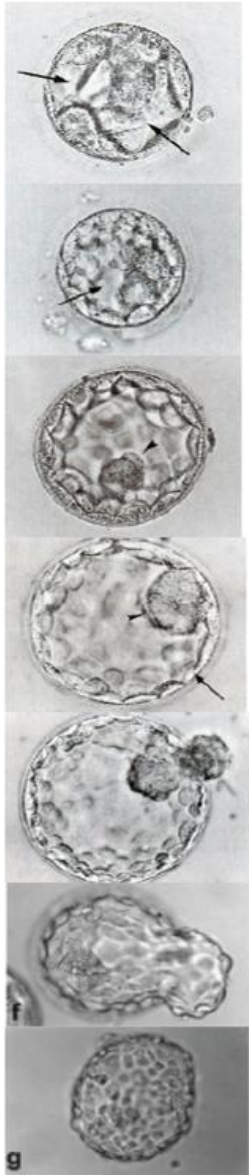


Trompes :

Lactate et Pyruvate +++
Glucose +

Utérus :

Lactate et Pyruvate +
Glucose +++



B1 < 50% du vol

B2 > 50% du vol

B3 Totalité du vol

B4 Expansion: vol > emb
+ ZP amincie

B5 En voie d'éclosion
(hernie du TE à travers ZP)

B6 Eclosion totale

Classification de Gardner et Schoolcraft (1999)

The Istanbul consensus update: a revised ESHRE/ALPHA consensus on oocyte and embryo static and dynamic morphological assessment^{†,‡}

2025

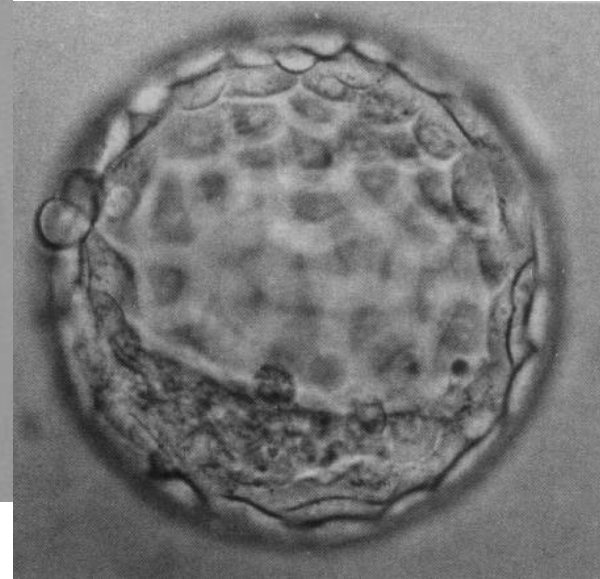
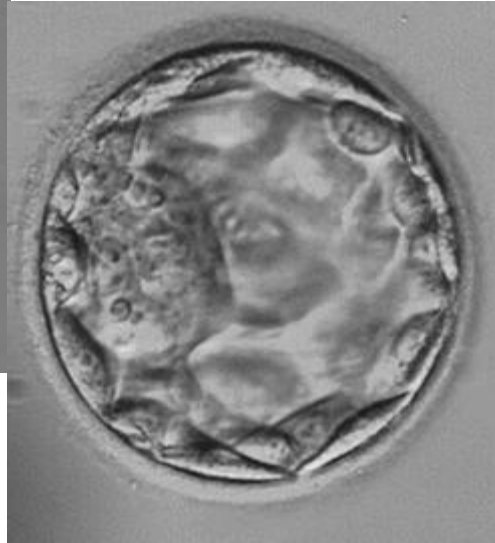
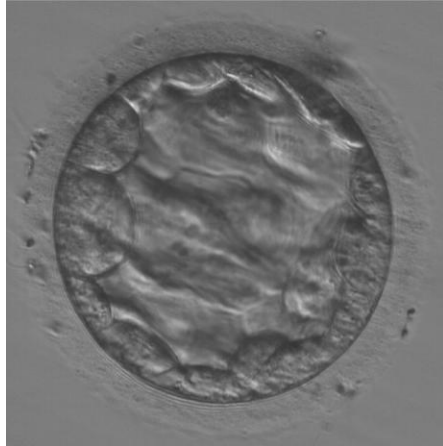
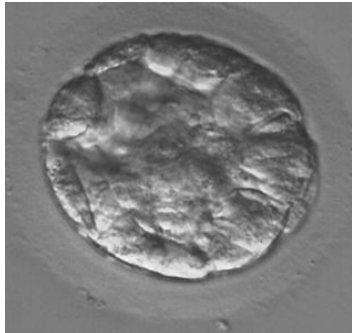
• Pour les grades 3 à 6, appréciation de l'ICM et du trophectoderme

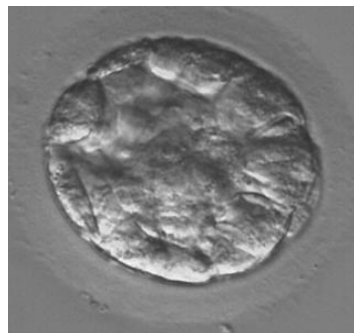
	ICM	Trophectoderme
A	Compacte, nbreuses Cell	Nbreuses cell, épith. structuré
B	Lâche	intermédiaire
C	Très peu de cellules	Très peu de cellules, épith. lache
D	Pas de cellules ou cellules lysées	Pas de cellules ou cellules lysées

Variabilité inter
et
intraopérateur

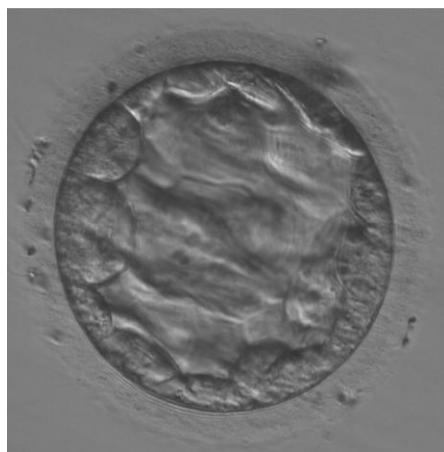
Day-7 blastocysts can be viable and could be considered for clinical use.

QUIZZ



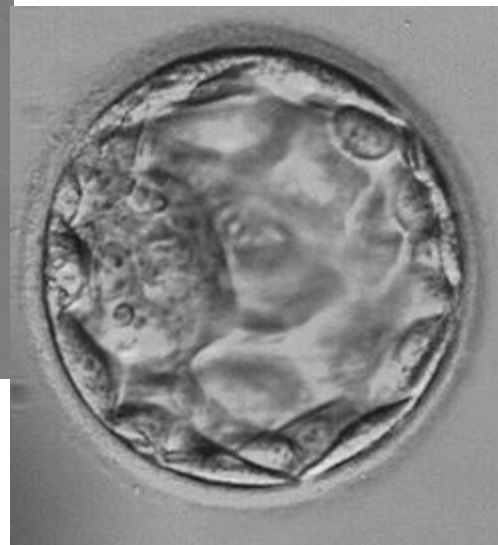


Stade B1-B2



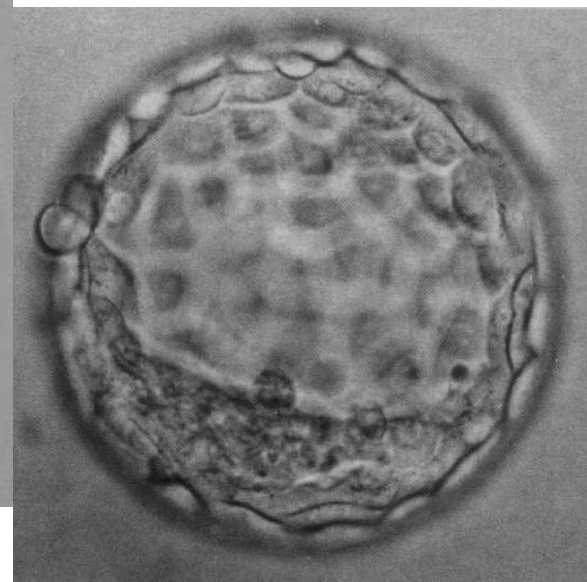
Stade B3

MCI B
TE A



Stade B4

MCI A
TE A



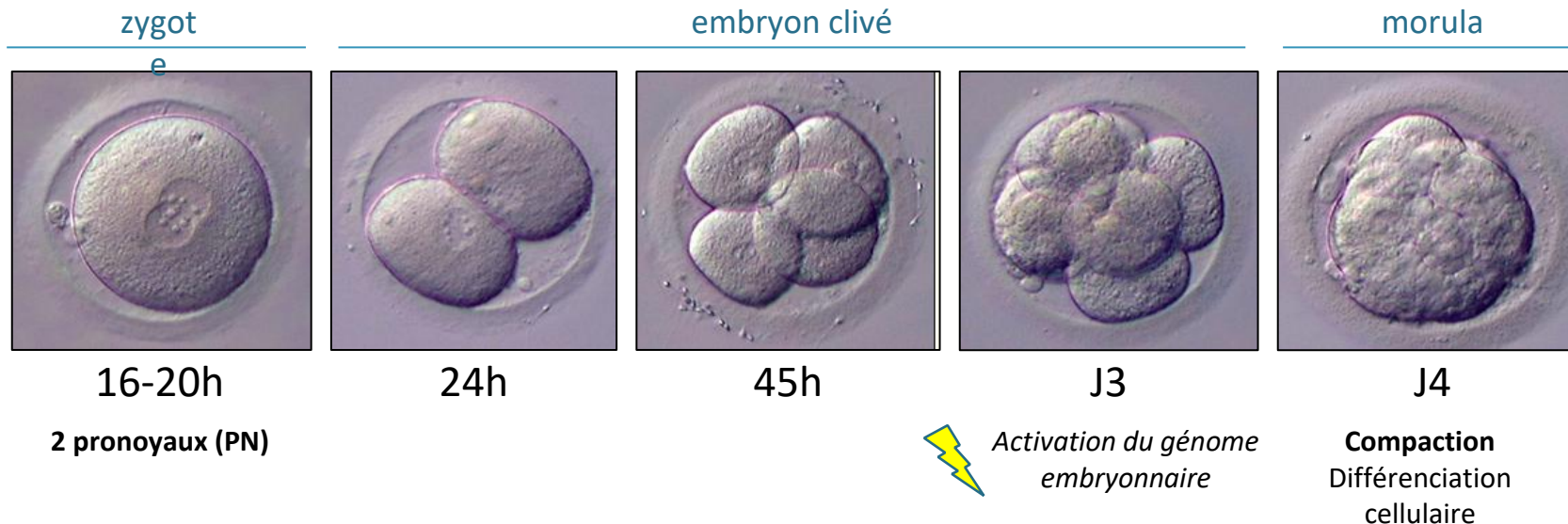
Stade B5

MCI B
TE A

**A retenir sur le développement
embryonnaire
pré-implantatoire**

Le développement embryonnaire pré-implantatoire

- L'embryon migre **dans la trompe** du stade zygote (J0) au stade morula (J4)
- Il est **entouré de la zone pellucide** et sa taille reste identique
- L'embryon contient des **cellules souches totipotentes** (jusqu'à la compaction au stade morula)
- L'activation du génome embryonnaire a lieu à J3



Le développement embryonnaire pré-implantatoire

- L'embryon arrive **dans l'utérus** à partir du stade blastocyste (J4-J5)
- **La taille de l'embryon augmente**
- rupture de la zone pellucide = c'est **l'éclosion**
- L'embryon contient des **cellules souches pluripotentes** au niveau de la masse cellulaire interne
- L'embryon s'implante dans l'utérus vers J6

