

Méiose et Gamétogenèse

Dr Elsa Labrune, MD PhD
Hôpital Femme Mère Enfant
Service de Médecine de la Reproduction
2024-2025

Un peu d'histoire...

Van Beneden, 1883



ADULT ASCARID

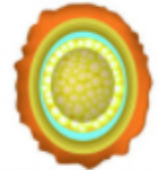
1 cellule =
4 chromosomes

♀

1 cellule =
2 chromosomes

♂

1 cellule =
2 chromosomes



EGG OF ASCARID
FERTILIZED

1 cellule =
4 chromosomes

Méiose, du grec *meiosis* = réduction

INTRODUCTION

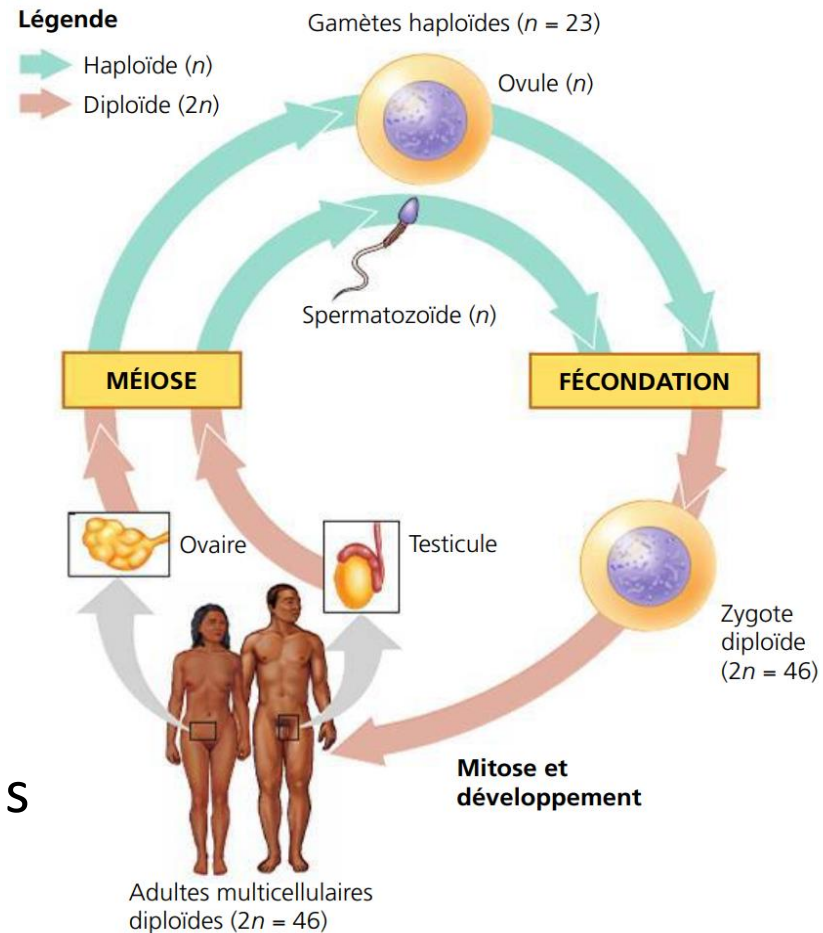


Cycle de la reproduction sexuée :

- Méiose
- Fécondation

Chaque individu =
UNIQUE

Assure le maintien du nombre de chromosomes au cours des générations successives



RAPPELS

Cellule eucaryote

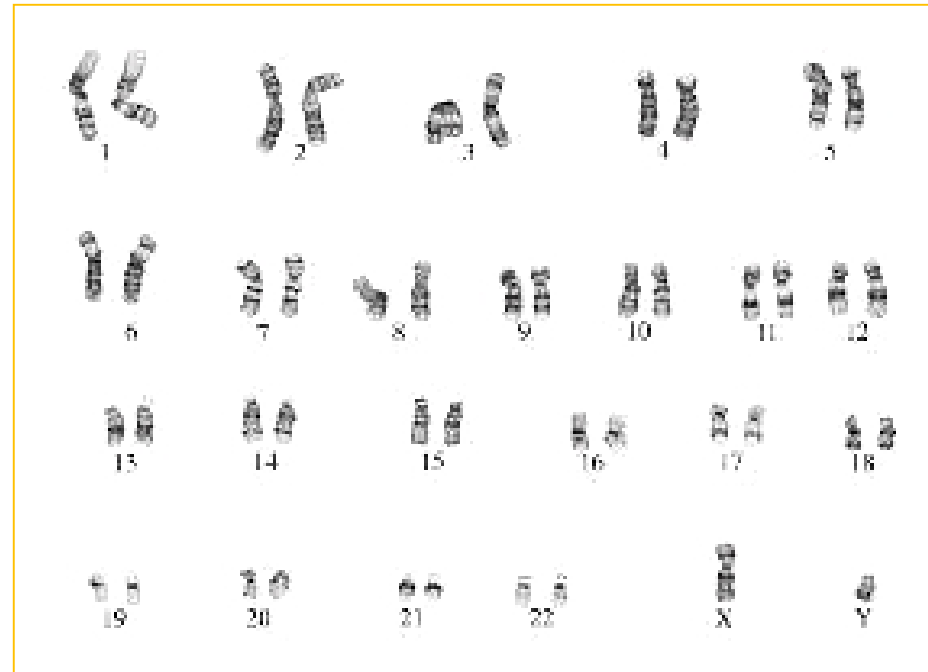
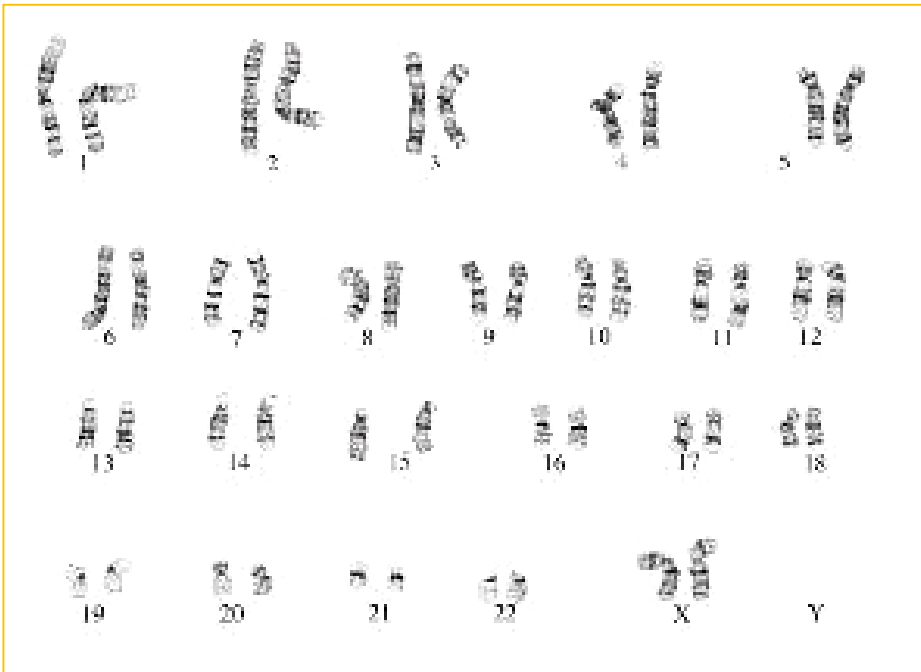
Diploïdie / Haploïdie

Chromatide

RAPPELS (1)

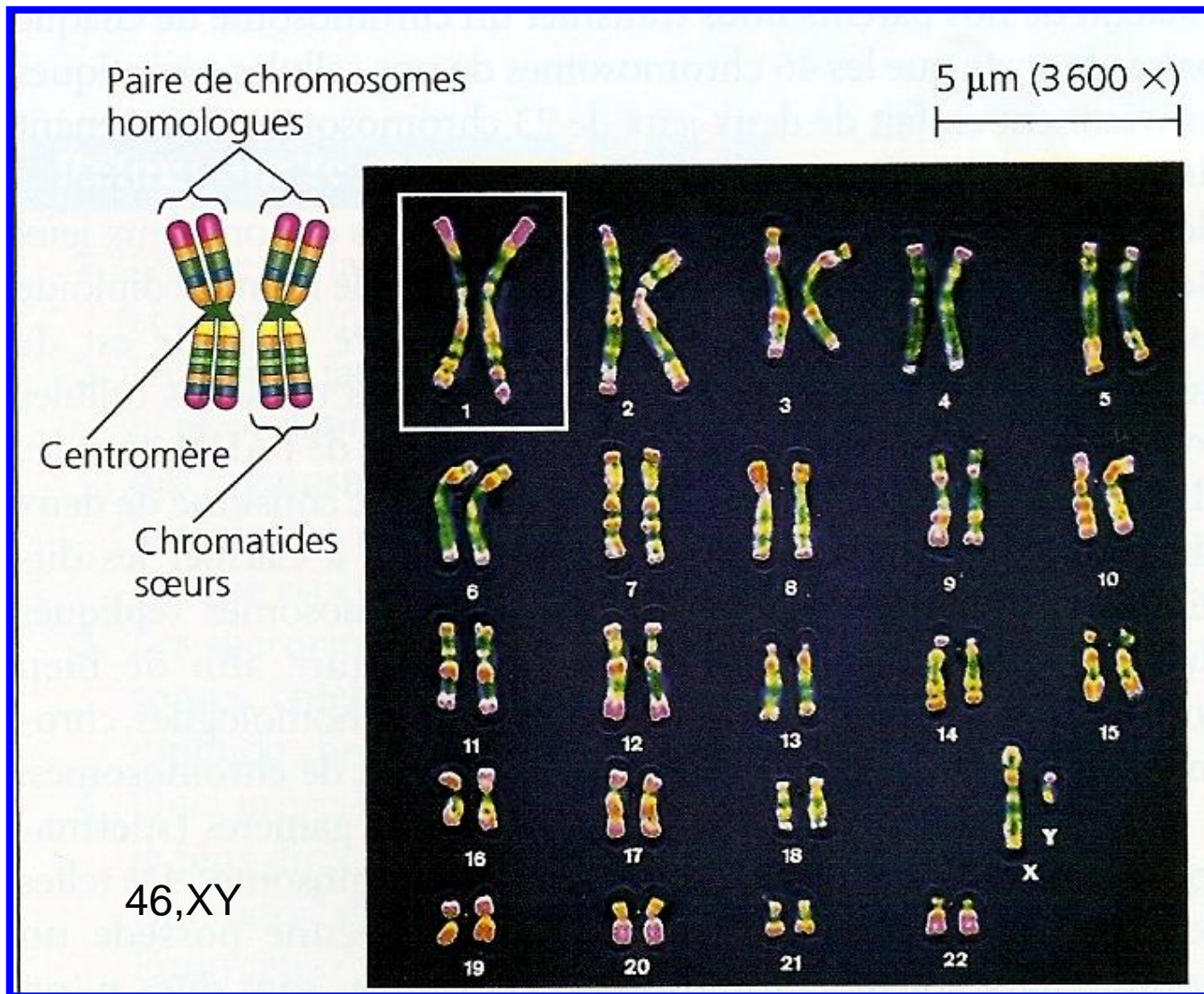
- Cellule eucaryote = somatique :
 - cellule **DIPLOIDE**, $2n$ chromosomes
 - chaque paire de chromosomes est constituée d'un chromosome d'origine **maternelle** d'un chromosome d'origine **paternelle**
- **n** : spécifique d'espèce,
 - **n** : nombre **HAPLOIDE** de chromosomes
 - $n = 23$ dans l'espèce humaine

RAPPELS (1)



Caryotype humain de cellules
somatiques

2n soit 46 chromosomes





Espèce humaine : caryotype **46,XY** ou **46,XX**
 22 paires d'autosomes et 1 paire de gonosomes

RAPPELS (2)

- Après la **réplication d'ADN**, les chromosomes sont constitués de **2 chromatides sœurs** réunies entre elles par le **centromère**.
- **C** : quantité d'ADN
C : nombre de chromatides

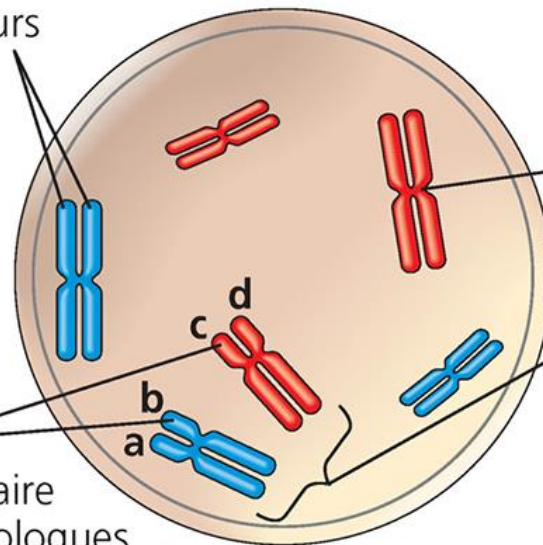


RAPPELS (2)

$2n = 6$ {  Jeu maternel de chromosomes ($n = 3$)
 Jeu paternel de chromosomes ($n = 3$)

Deux chromatides soeurs d'un chromosome répliqué

Deux chromatides non soeurs dans une paire de chromosomes homologues



Centromère

Paire de chromosomes homologues (un chromosome de chaque jeu)

▲ Figure 13.4 La description de chromosomes.

GAMÉTOGENÈSE



GAMETOGENESE

Ensemble des mécanismes qui aboutissent à la formation des **gamètes**

Concerne uniquement les cellules germinales

Lieu : gonades

3 étapes Multiplication

Méiose

Maturation des gamètes

TESTICULE

SPERMATOGENESE

SPERMATOGONIES

SPERMATOZOIDES

OVAIRE

OVOGENESE

OVOGONIES

OVOCYTES II

PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

II- LA SPERMATOGENESE

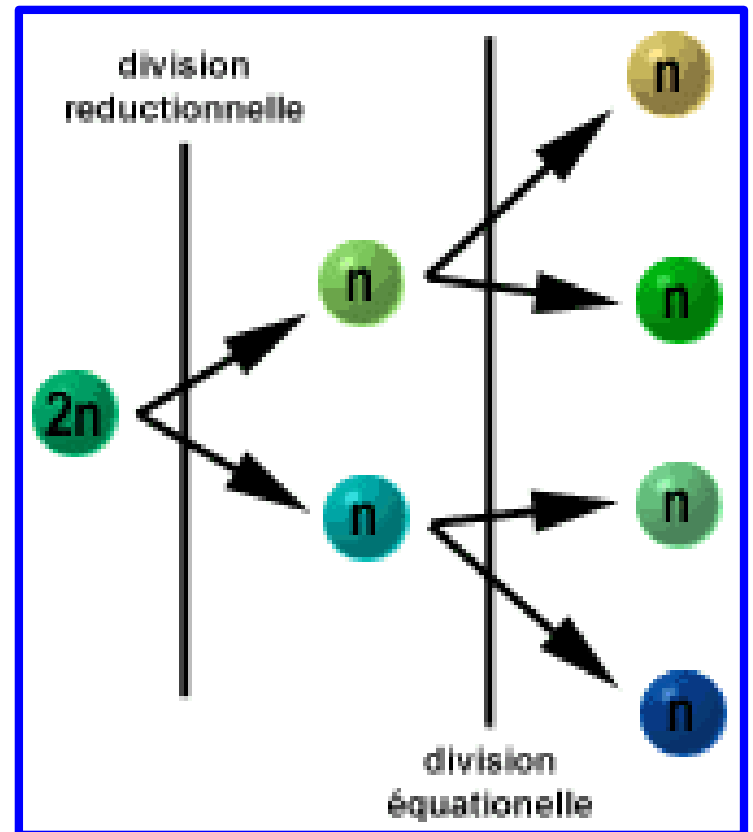
III- L'OVOGENESE

I- LA MEIOSE

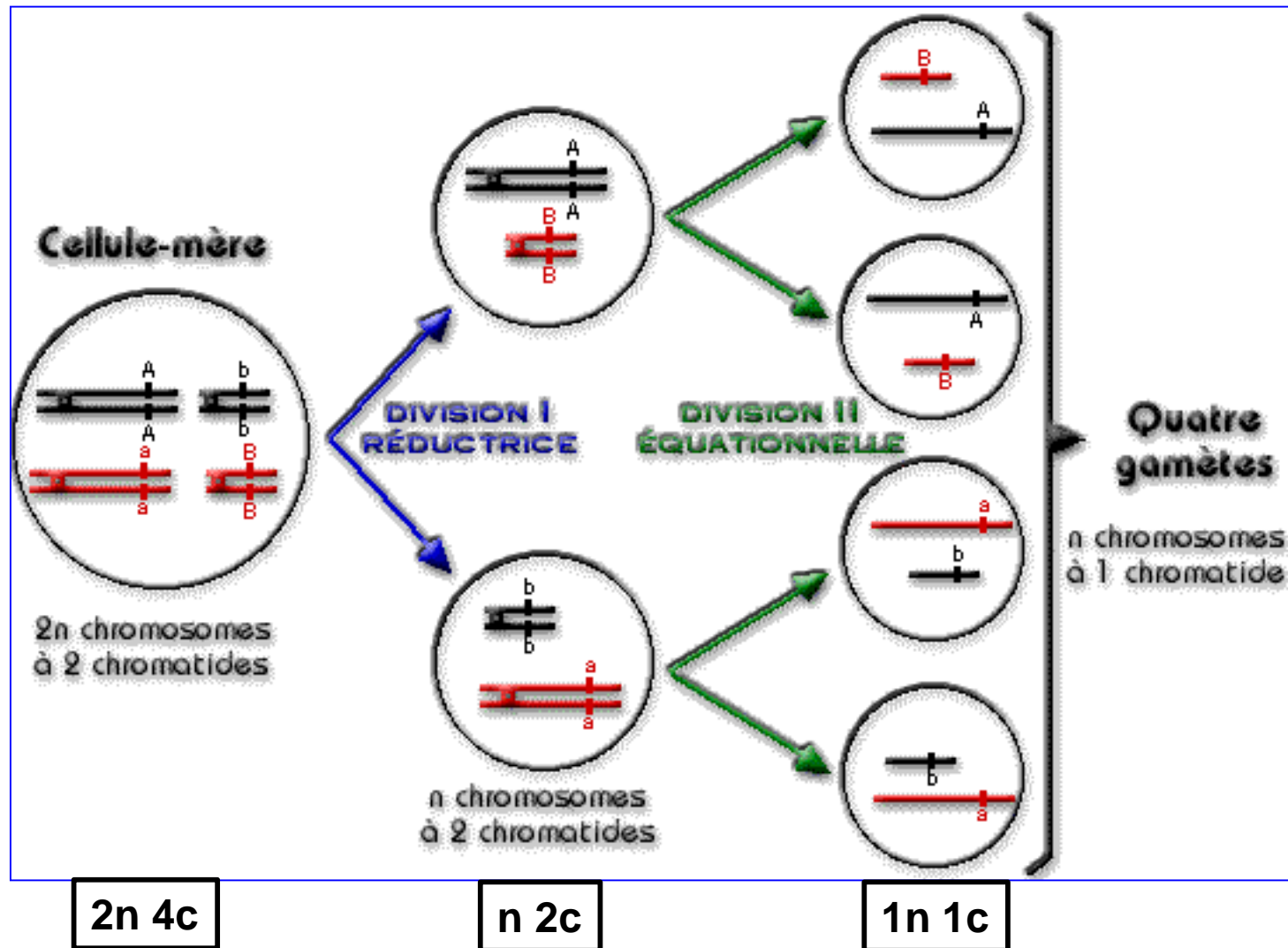
I- 1- Définition

Ensemble de 2 divisions cellulaires successives précédées d'une **seule** réplication d'ADN qui aboutissent à la formation de 4 cellules filles **HAPLOIDES** (N) à partir d'une cellule mère DIPLOÏDE (2N)

4 cellules filles haploïdes
= cellules germinales



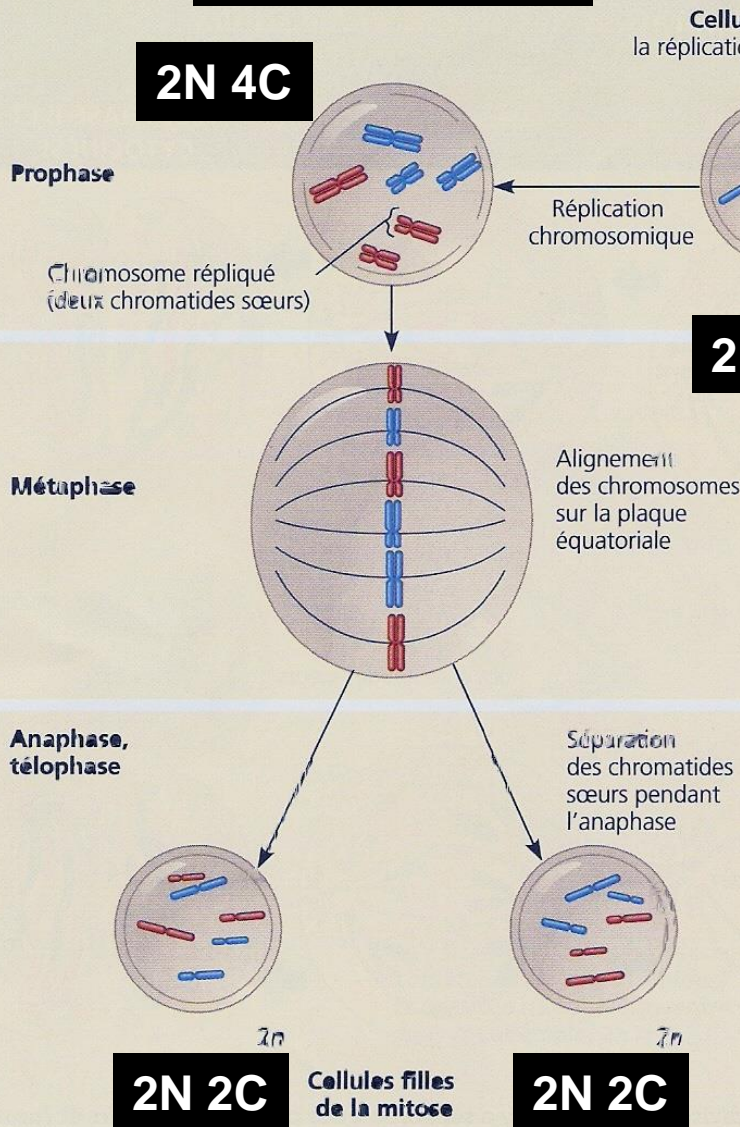
I- 1- Définition



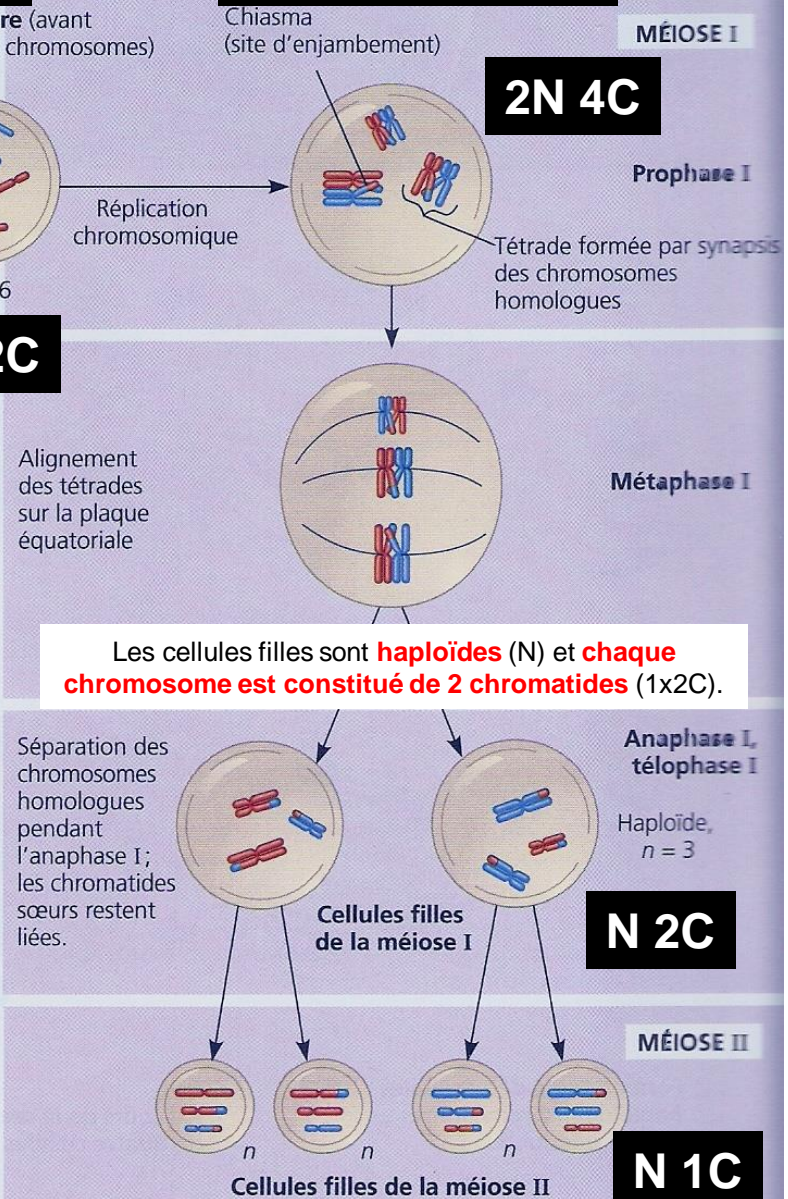
MITOSE

≠

MEIOSE



Les cellules filles sont **diploïdes (2N)** et **chaque chromosome est constitué d'une chromatide (2x1C)**.



C. filles haploïdes (N) : 1 chromosome = 1 chromatide
Les chromatides sœurs se séparent pendant l'anaphase II.

PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

I- 2- Première division de méiose

Réductionnelle

- 4 étapes
 - Prophase I
 - Métaphase I
 - Anaphase I
 - Télophase I
- Prophase I LONGUE +++++ : 5 étapes
 - Appariement des chromosomes homologues
 - Brassage du matériel génétique = recombinaison génétique

I- 2- Première division de méiose

INTERPHASE

MÉIOSE I: séparation des chromosomes homologues

PROPHASE I

MÉTAPHASE I

ANAPHASE I

TÉLOPHASE I ET
CYTOCINÈSE

Centrosomes
(avec paires de centrioles)

Chromatides
sœurs

Chiasmats

Fuseau
de division

Centromère
(avec kinétochore)

Chromatides sœurs
encore liés

Chromatine

Enveloppe
nucléaire

Tétrade

Microtubule fixé
au kinétochore

Plaque
équatoriale

Séparation
des chromosomes
homologues

Réplication des chromosomes

Appariement des chromosomes homologues (rouges et bleus) et échange de segments entre eux ; dans cet exemple, $2n = 6$

Alignement des tétrades

Migration des paires de chromosomes homologues vers les pôles opposés

Formation de deux haploïdes ; chrom encore dédoublés

5 étapes

PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

I-2-I- PROPHASE 1

I-2-I- PROPHASE 1

5 étapes

»LEPTOTENE

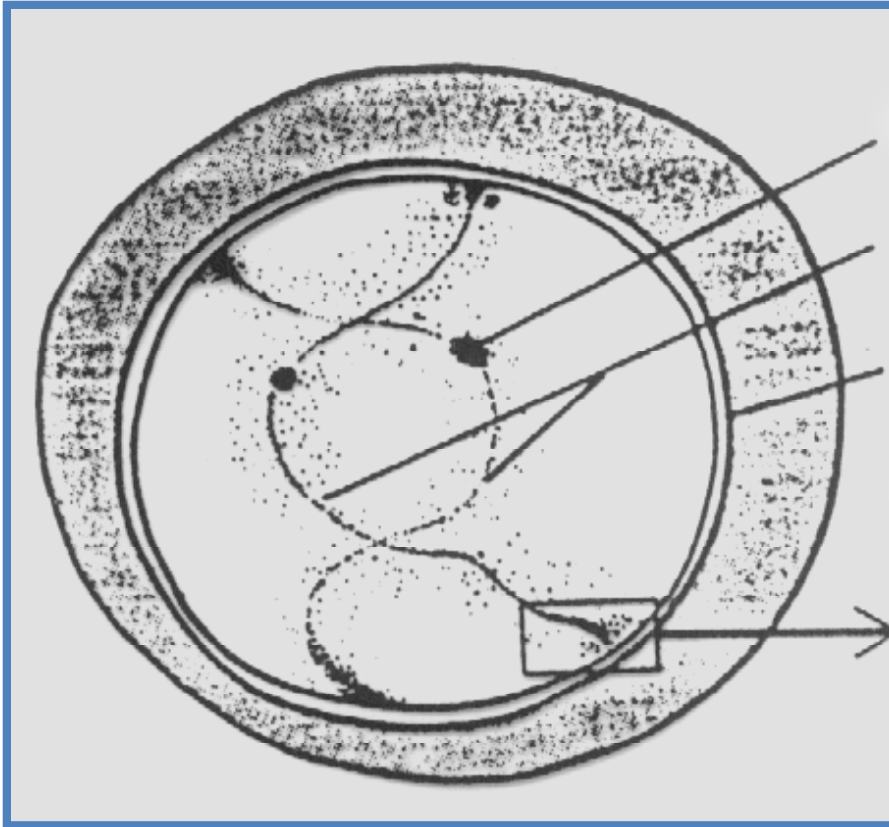
»ZYGOTENE

»PACHYTENE

»DIPLLOTENE

»DIACINESE

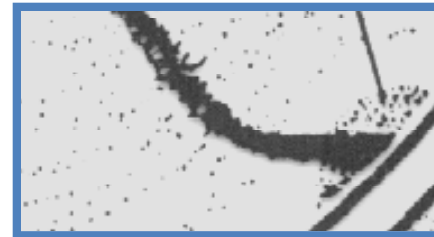
Leptotène : chromosomes sous forme de longs filaments fins (Leptos: mince)



Centromère

Paire de chromosomes homologues

Enveloppe nucléaire



Plaque d'attachement
au niveau des **téломères**

- Chromosomes : filaments fins
- Migration des centrioles

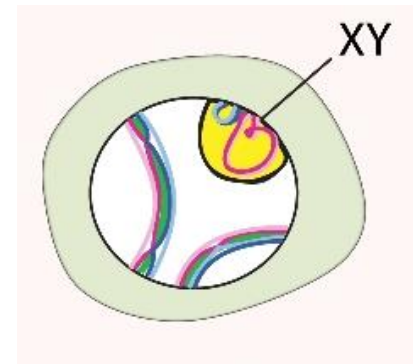
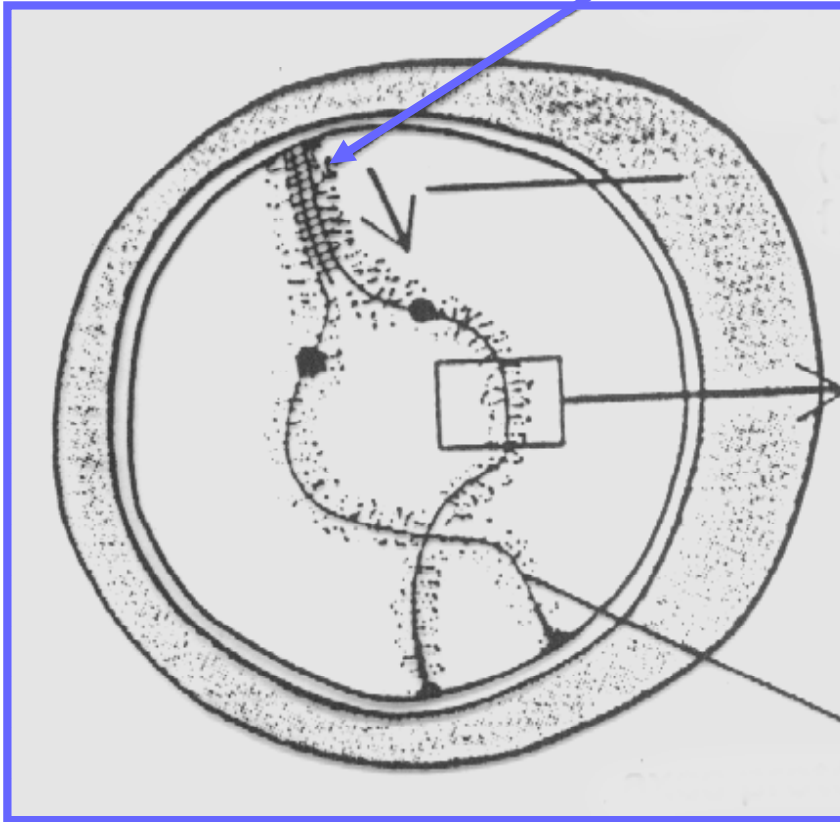
Zygotène: appariement étroit entre les deux chromosomes homologues (Zygos: couple)

Début de la **formation du complexe synaptonémal**

Synapsis : début d'appariement des bivalents

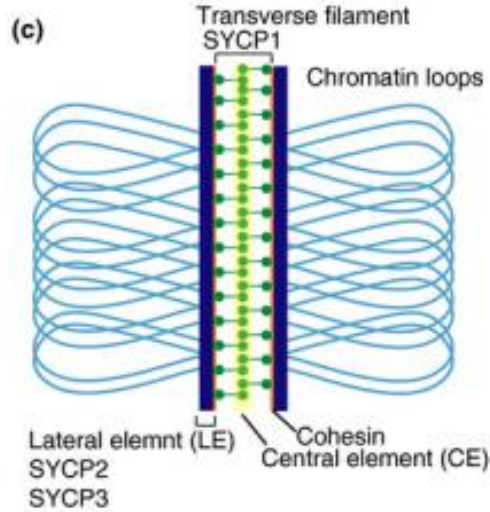
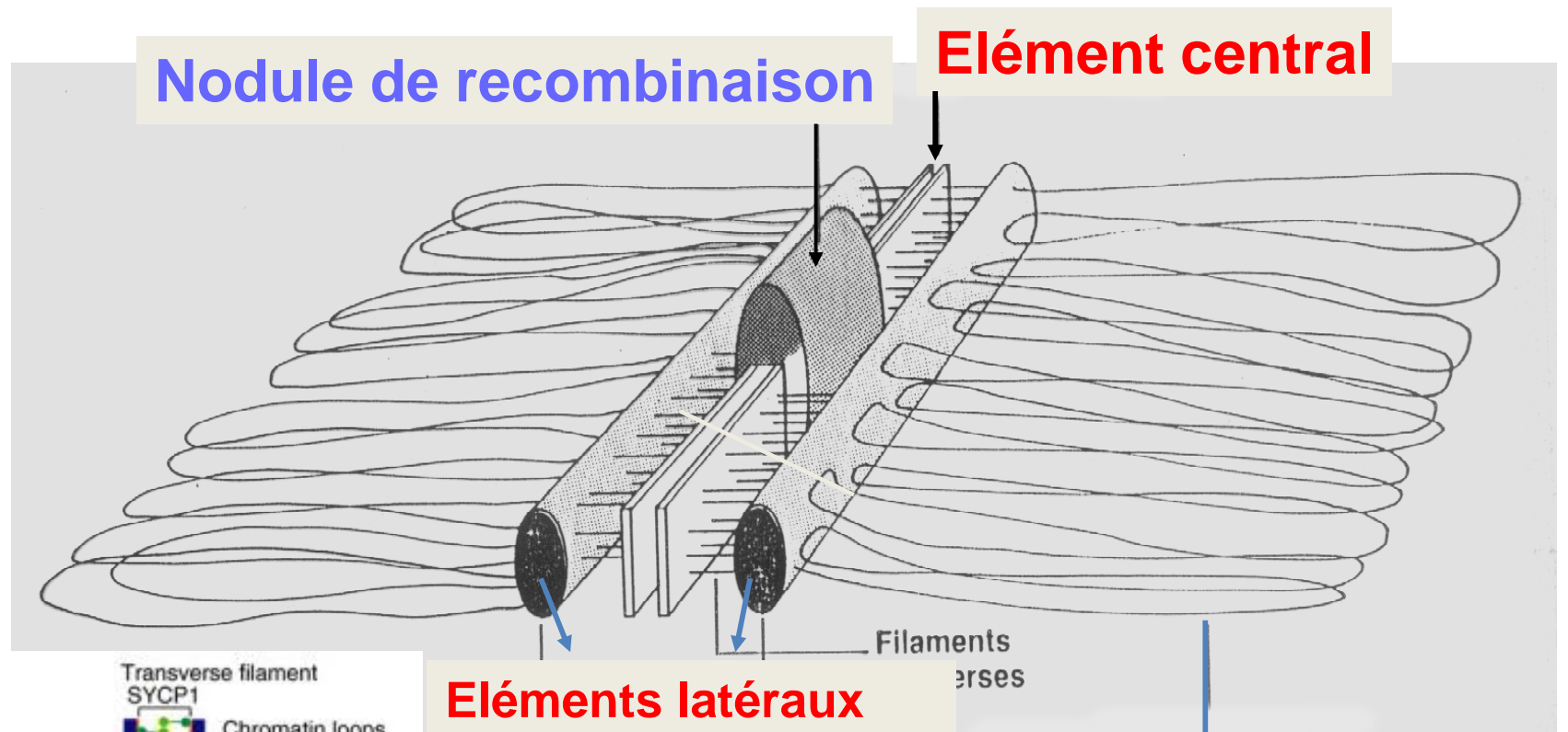
Direction de l'appariement : comme une fermeture éclair

Chromosome dupliqué, répliqué



Vésicule sexuelle

Le complexe synaptonémal

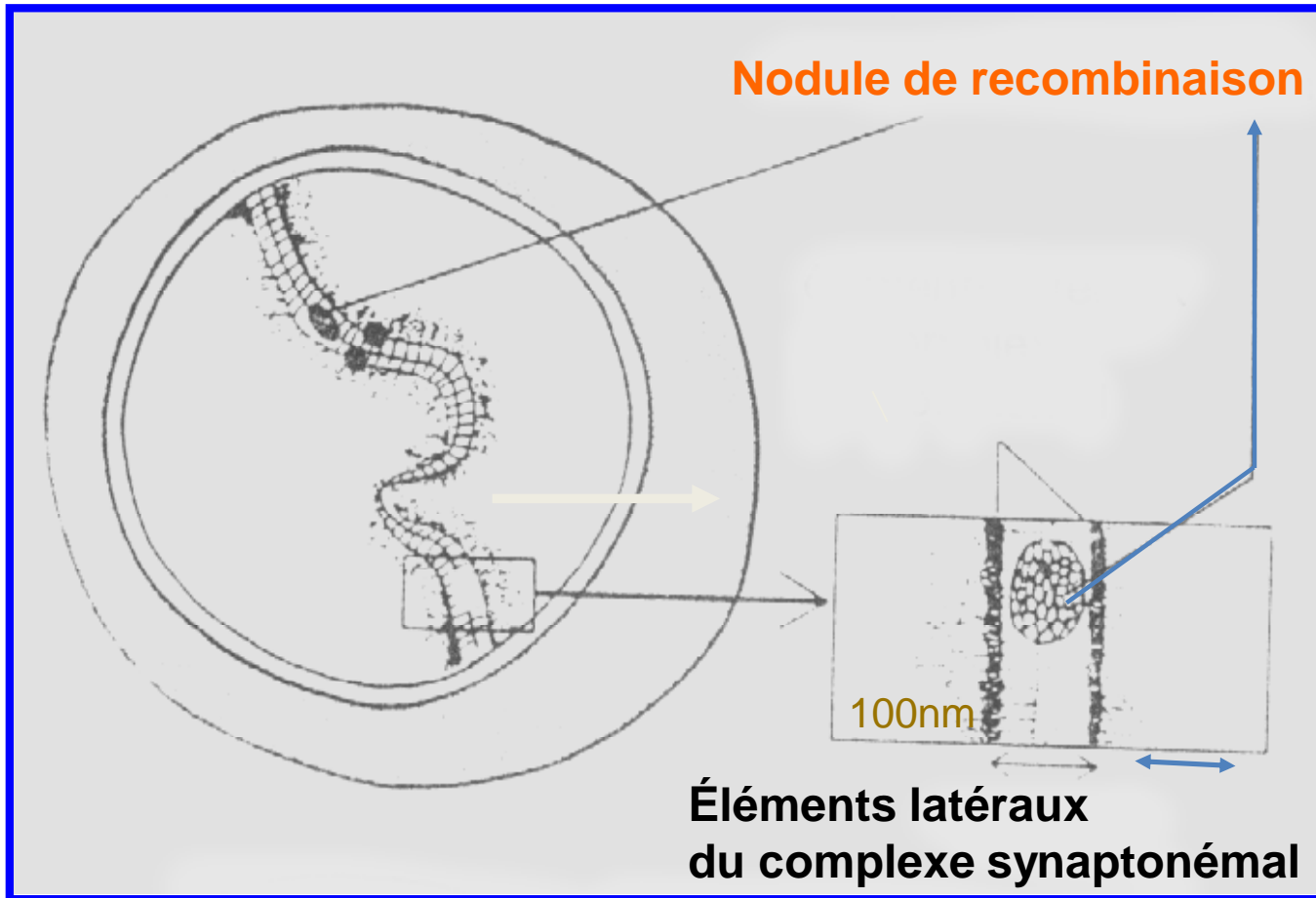


Eléments latéraux

Boucles d'ADN
des chromosomes appariés

Pachytène : condensation des chromosomes homologues appariés (Pachus: épais)

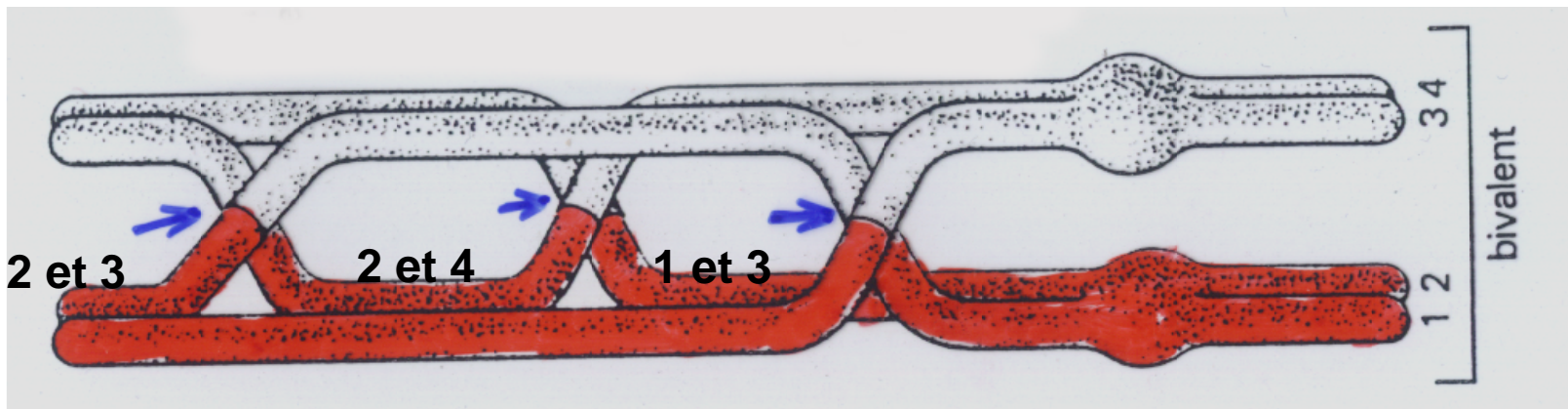
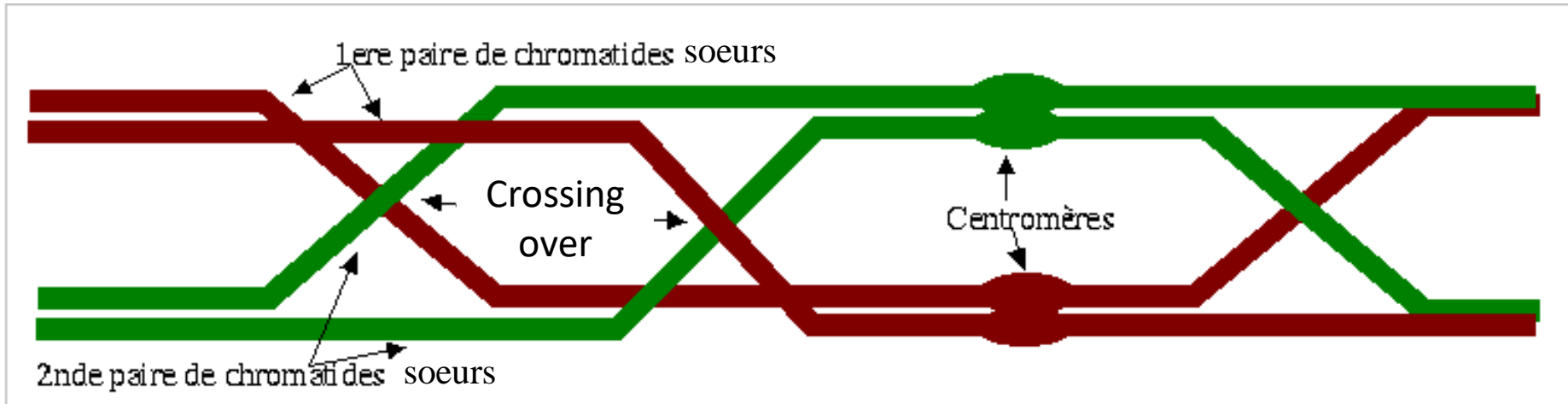
16 JOURS



- crossing-over
- condensation chromatine
- synapsis complet

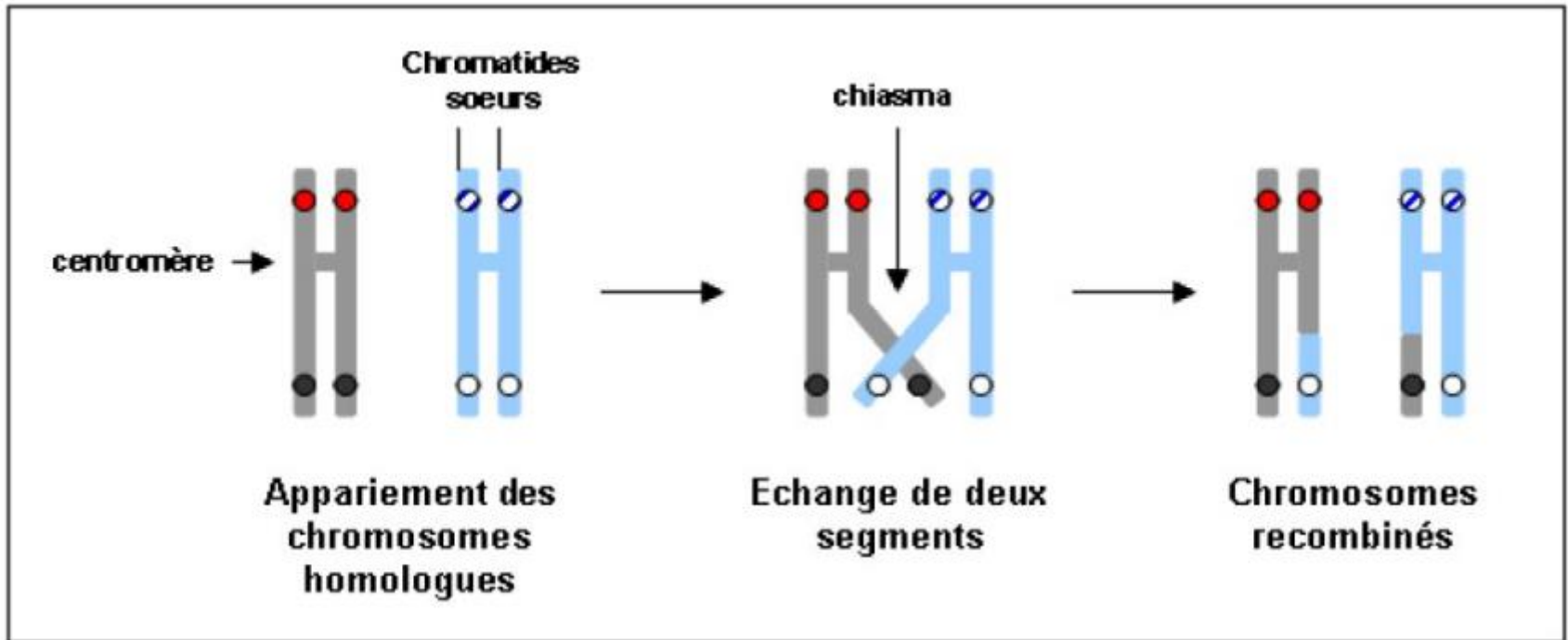
Fin de l'appariement des chromosomes homologues

Bivalents : paire de chromosomes homologues, tétrade de chromatides



Echange de segments chromosomiques strictement homologues entre les chromatides non sœurs des chromosomes homologues

Bivalents : chromosomes homologues, tétrade de chromatides

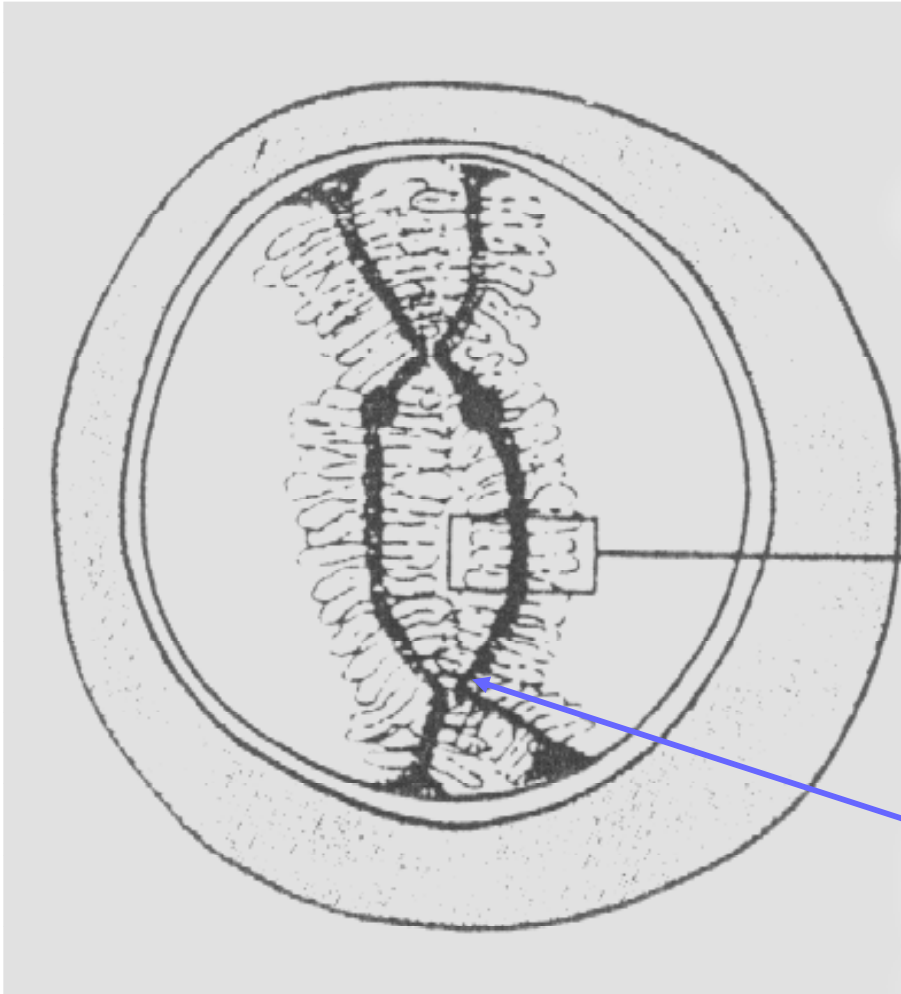


Echange de matériel génétique entre les chromatides non sœurs des chromosomes homologues : **brassage intrachromosomique**

1-3 échanges par bivalent

50 échanges/cellule germinale

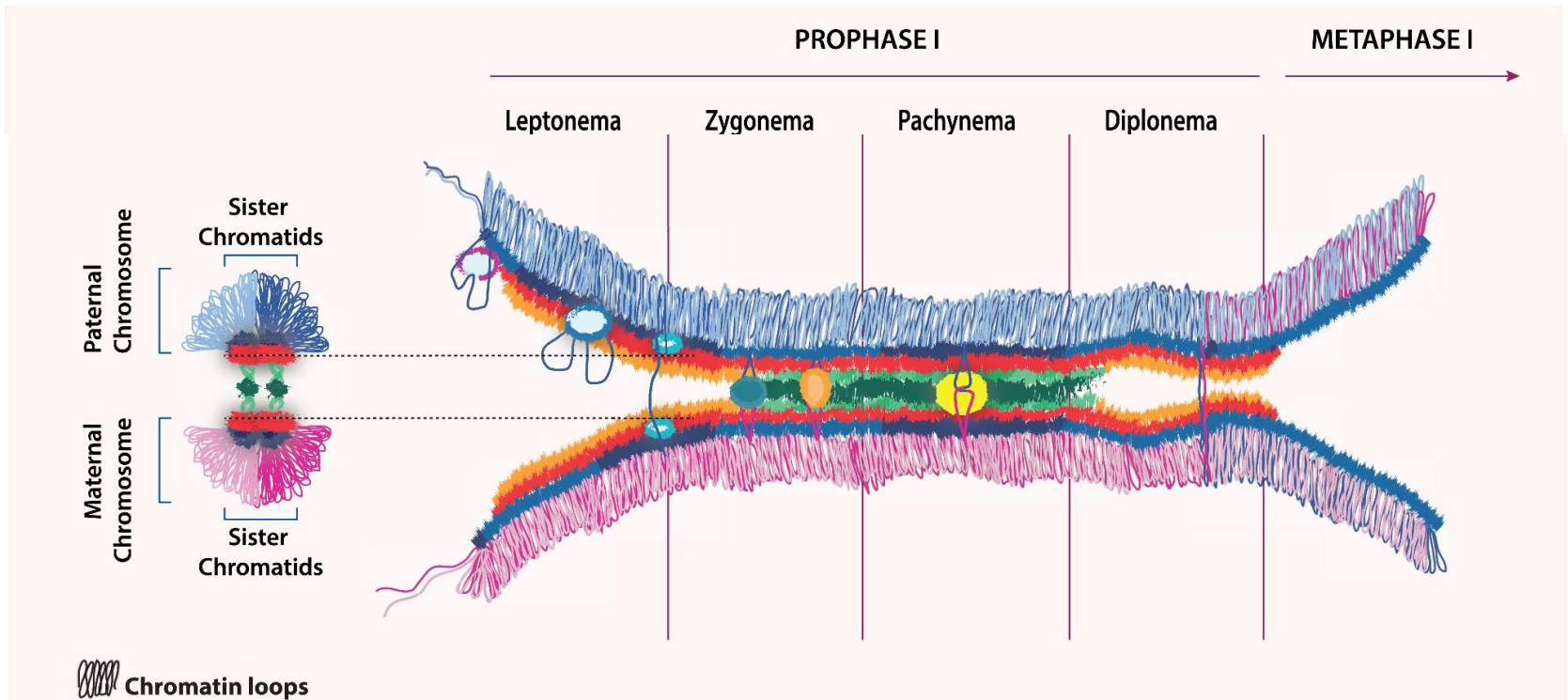
Diploène : séparation des bivalents au niveau des centromères (diplos : double)



- **Séparation des chromosomes**
- **Décondensation de la chromatine**
- **Synthèse d'ARN**

chiasma

L'ovocyte I reste bloqué à ce stade pendant plusieurs années.

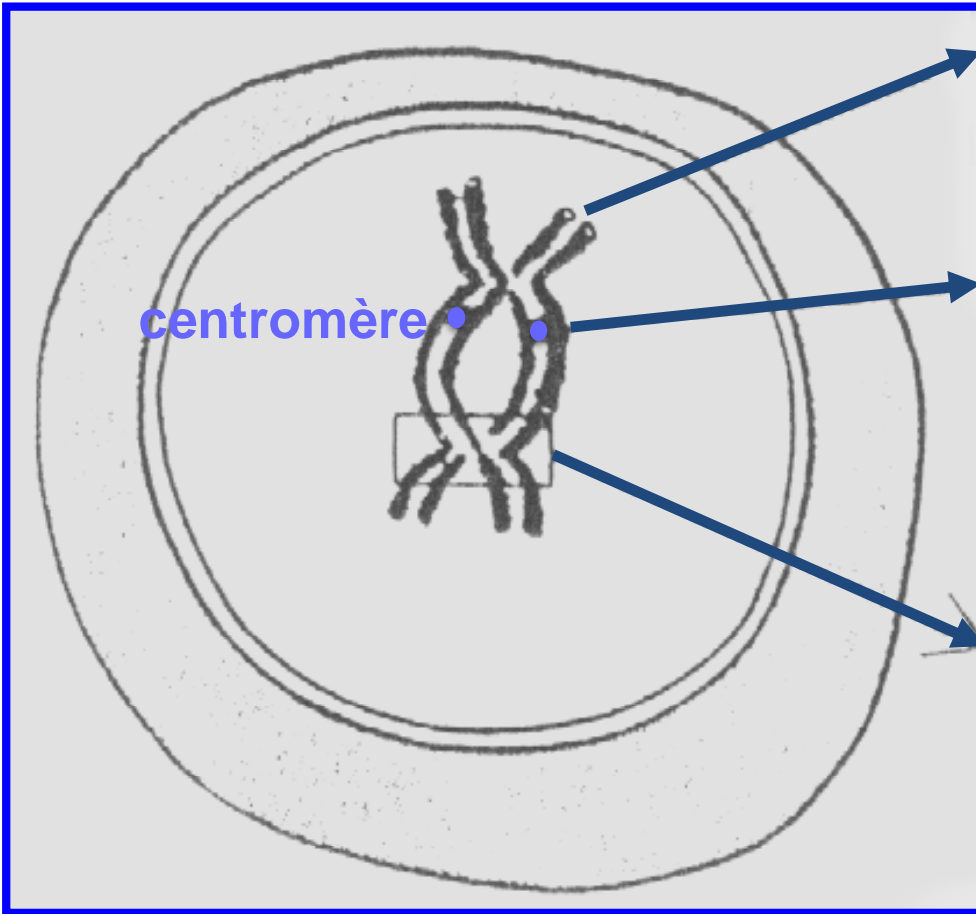


● Nodule de recombinaison

DEFINITIONS

- **CHIASMA** : enjambement
croisement de 2 chromatides non sœurs de 2 chromosomes homologues, visibles en microscopie, au niveau d'un nodule de recombinaison
- **NODULE de RECOMBINAISON**
condensation protéique du complexe synaptonémal
- **CROSSING OVER (inter-échange)**
échange réciproque d'une portion de chromatides non sœurs entre 2 chromosomes homologues

Diacinèse :



- Détachement des extrémités chromosomiques de l'enveloppe nucléaire

- Recondensation de la chromatine :
4 chromatides visibles

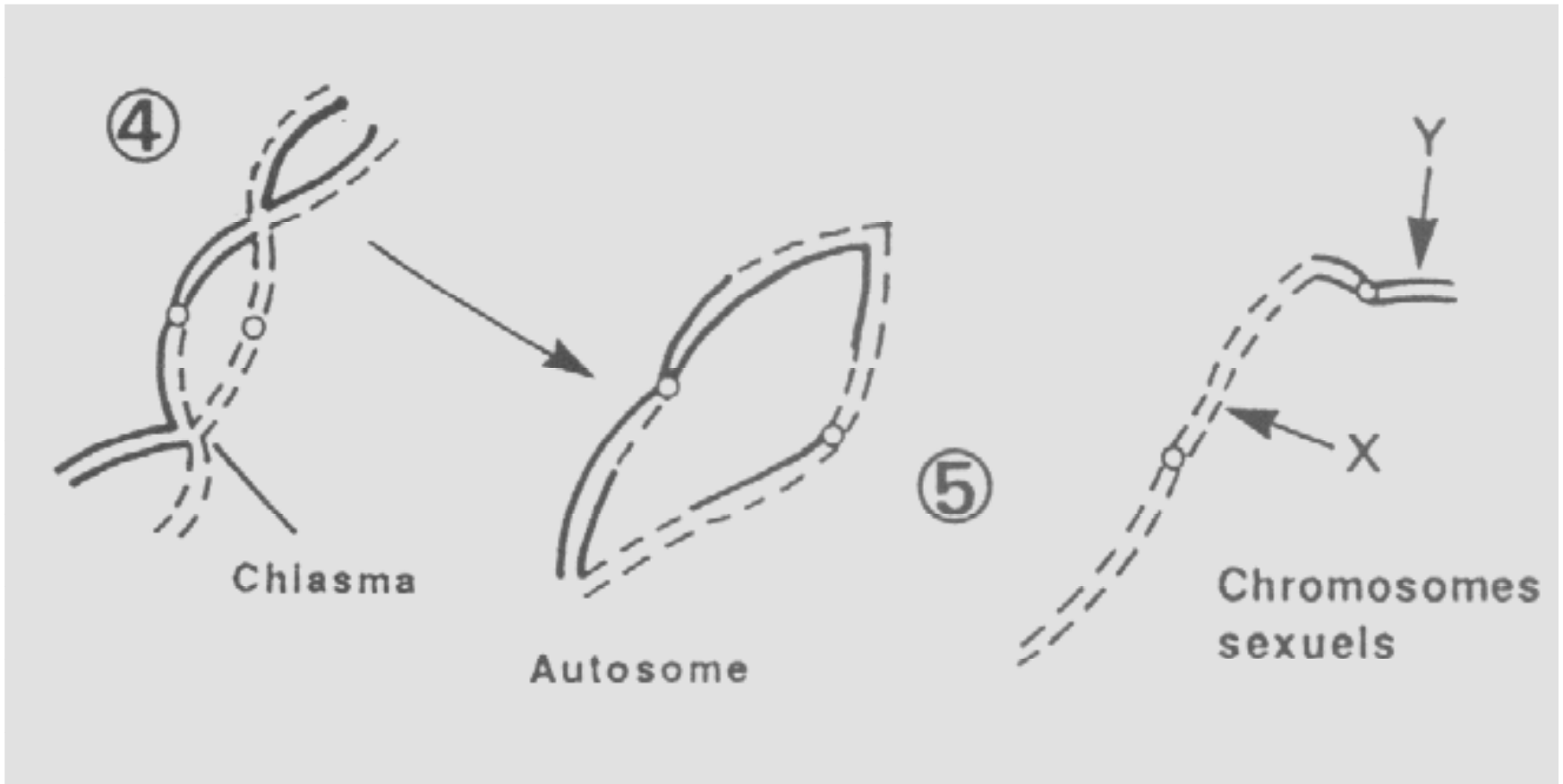


chiasma

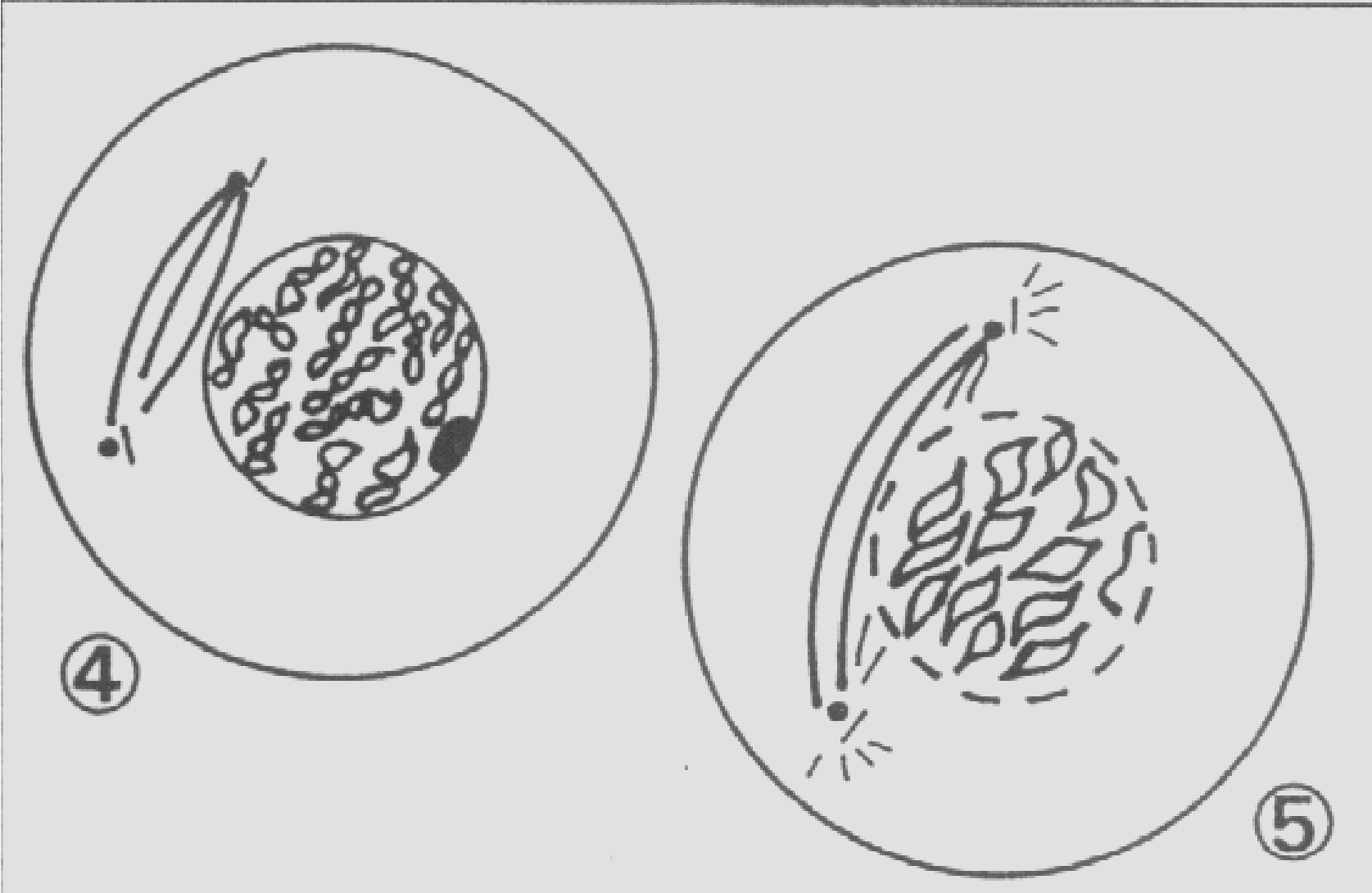
- Arrêt de la synthèse d'ARN
- Disparition de la vésicule sexuelle

Fin de diacinèse :

disparition de l'enveloppe nucléaire

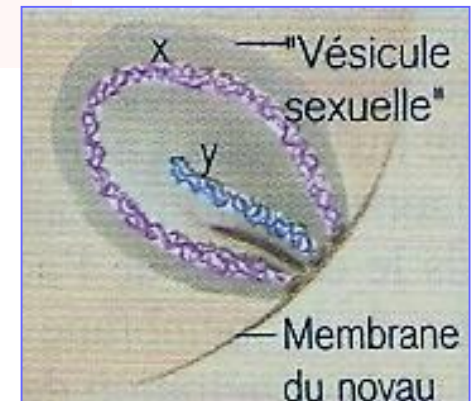
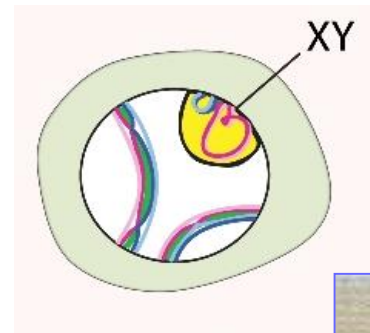


Fin de diacinèse

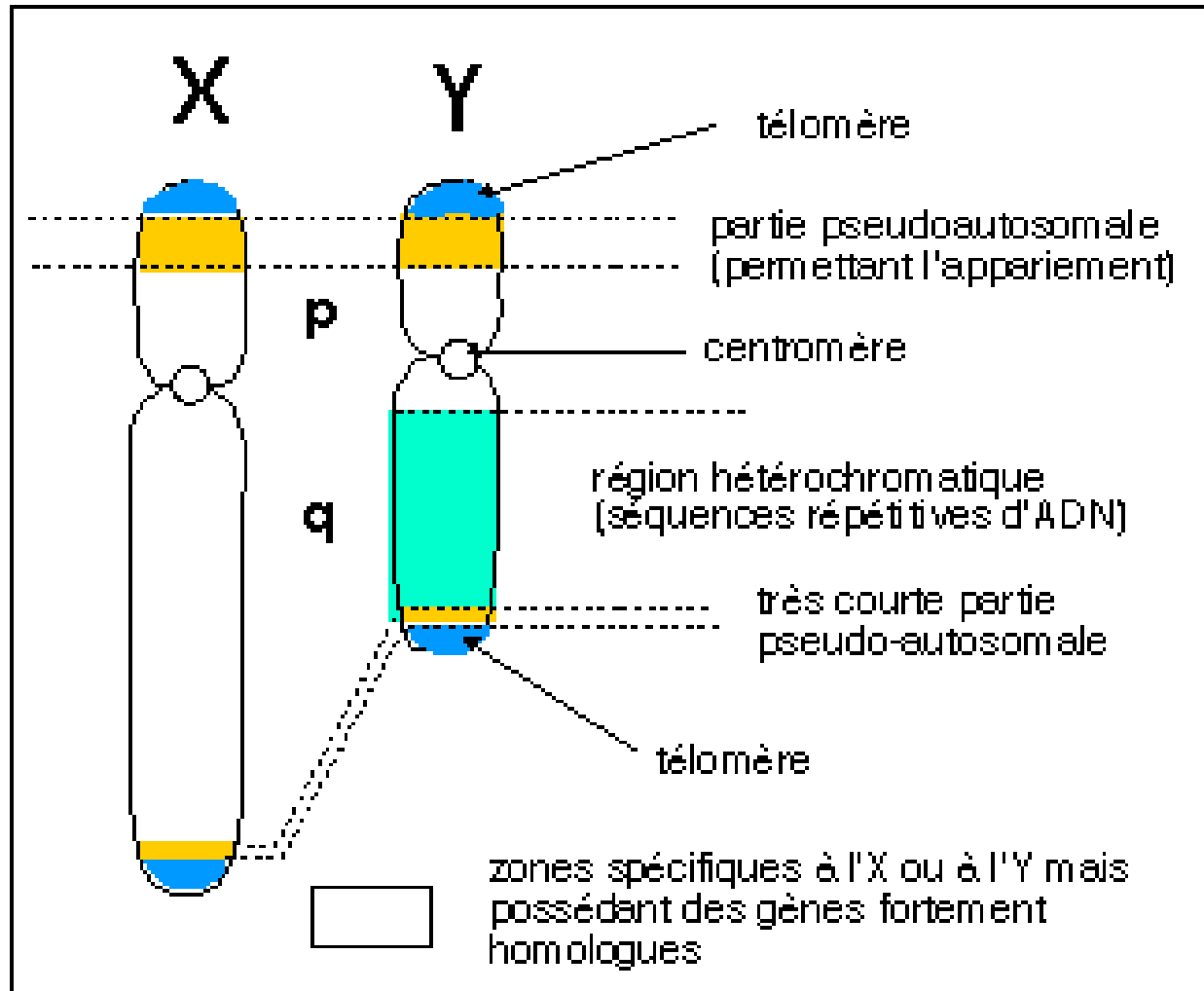


Particularités des chromosomes sexuels chez le garçon

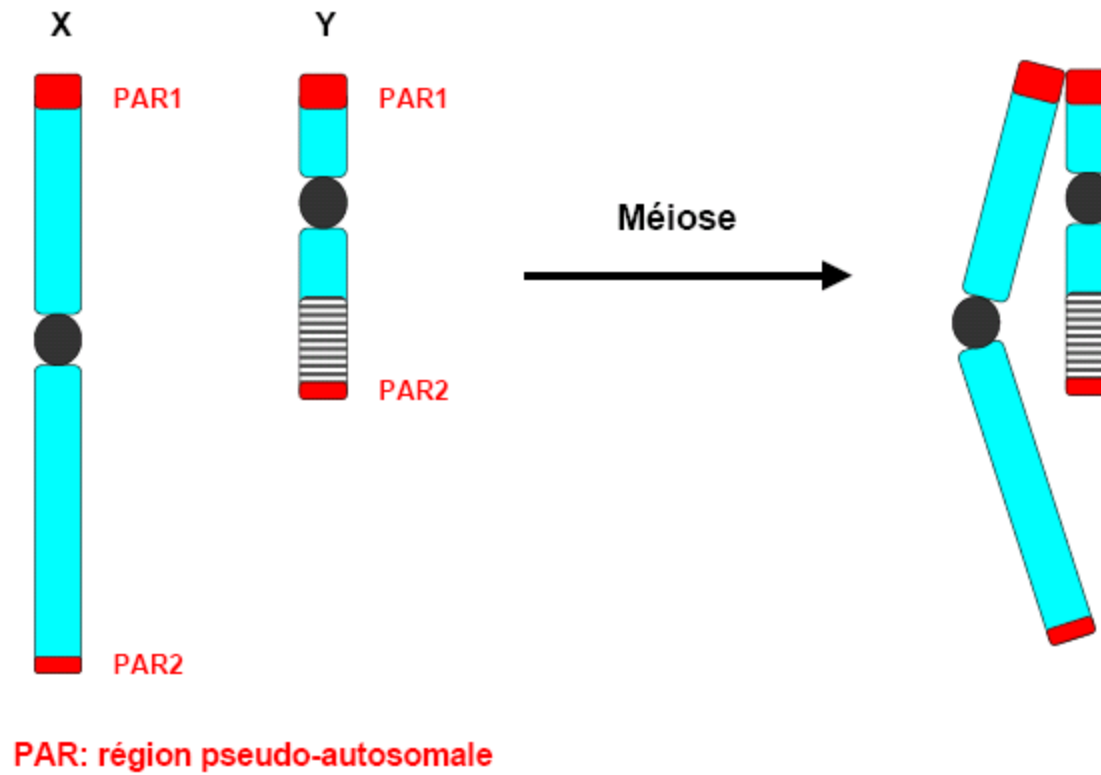
- L'appariement de l'X et de l'Y se fait au niveau des régions PAR (régions pseudo-autosomales)
à l'intérieur d'une structure où leur génome est inactivé :
la **vésicule sexuelle** (prophase I : zygotène-diplotène)
- Chiasma dans la région pseudo-autosomale (bras court)
- En fin de prophase : les chromosomes sexuels sont liés par la région pseudo-autosomale des bras courts



CHROMOSOMES SEXUELS



Le bivalent XY



LEPTOTENE	ZYGOTENE	PACHYTENE	DIPLOTENE	DIACINESE
<ul style="list-style-type: none"> - Chromosomes filaments fins : chromatine décondensée - Chromosomes attachés à la membrane nucléaire par les télomères (plaques d'attachement) 	<ul style="list-style-type: none"> - Début de l'appariement des chromosomes - Complexe synaptonémal - Vésicule sexuelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Chromatine condensée - Appariement complet des chromosomes (bivalents, tétrades) - Complexe synaptonémal : complet - Nodules de recombinaison - Echanges intrachromosomiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Décondensation de la chromatine - Séparation des chromosomes homologues - Chiasmas - Synthèse ARN 	<ul style="list-style-type: none"> -Recondensation de la chromatine - Détachement des chromosomes de la membrane nucléaire - Chiasmas - Disparition enveloppe nucléaire - Disparition de la vésicule sexuelle

PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

I-2-I- PROPHASE 1

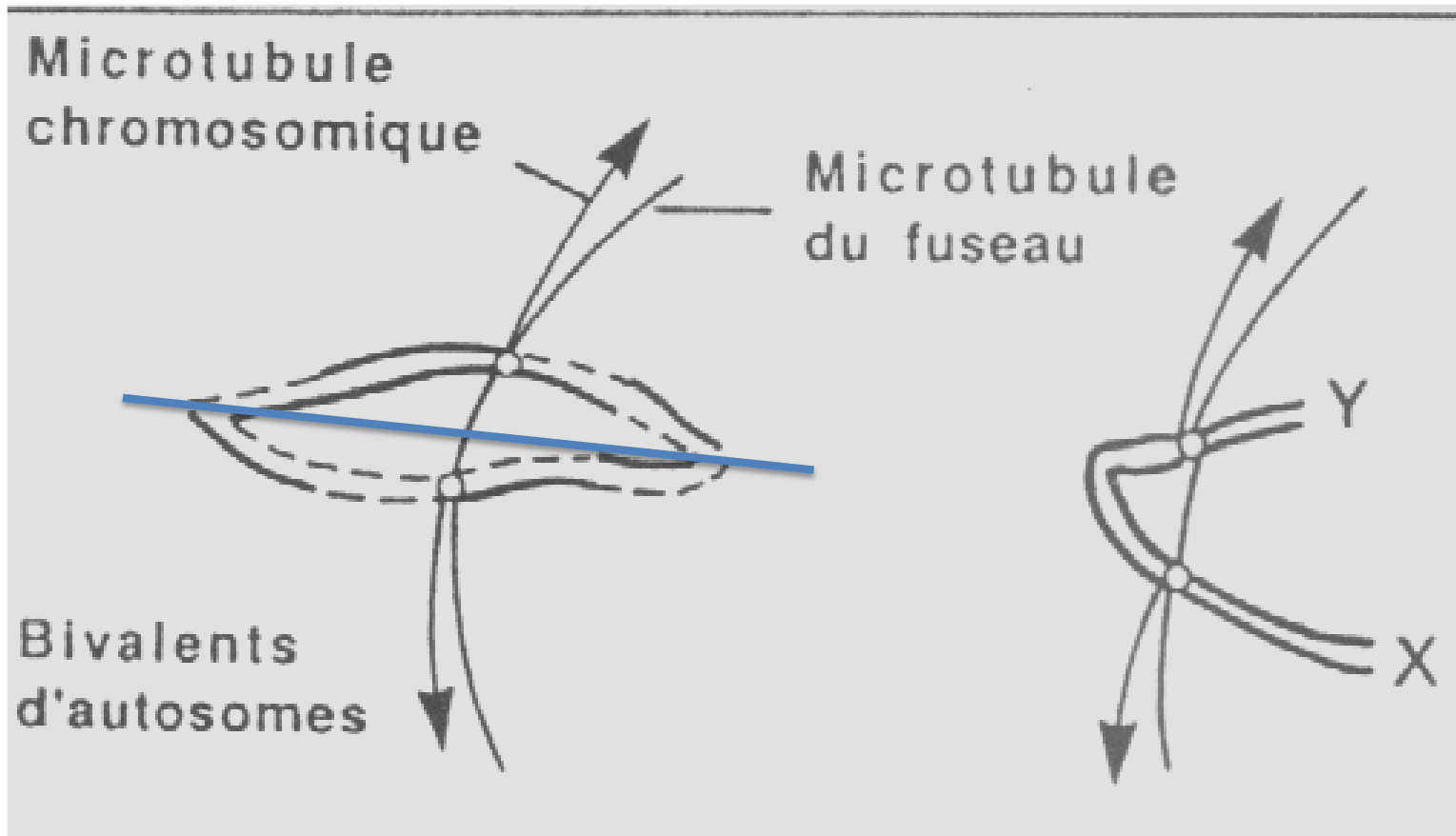
I-2-I- METAPHASE 1

I-2-I- ANAPHASE 1

I-2-I- TELOPHASE 1

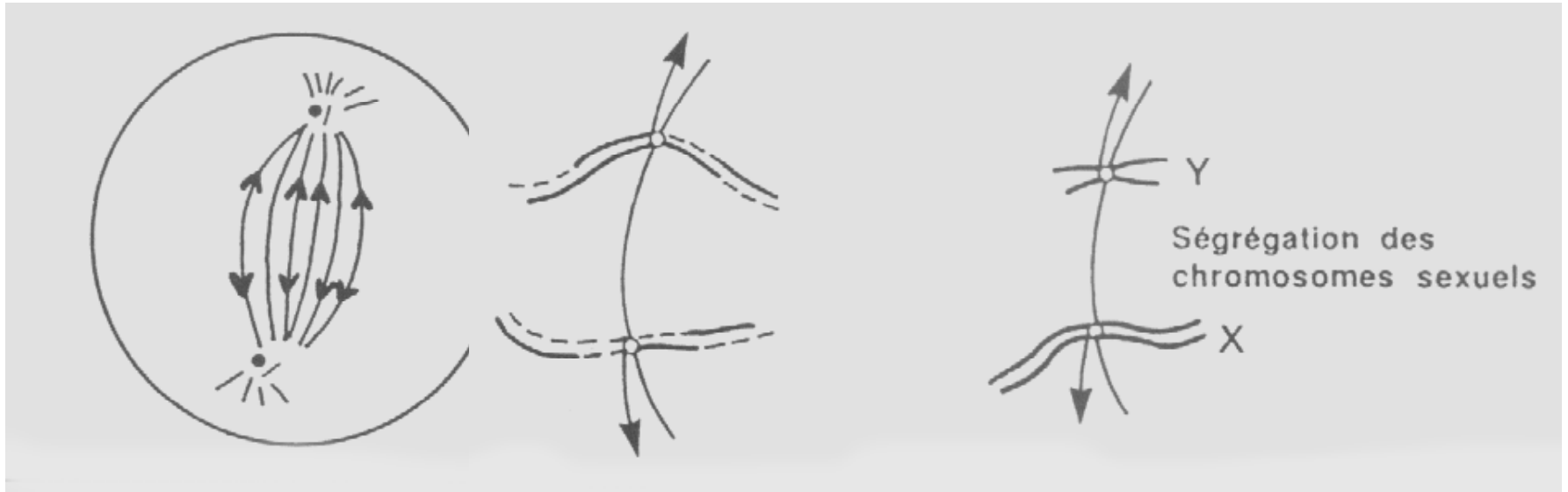
Métaphase I

- Plaque équatoriale ou métaphasique mais pas classique (différence avec la mitose)
- Centromères : de part et d'autre de la plaque métaphasique
- Alignement des tétrades unis par les chiasmats
- **Ségrégation aléatoire : Brassage interchromosomique**



Anaphase I :

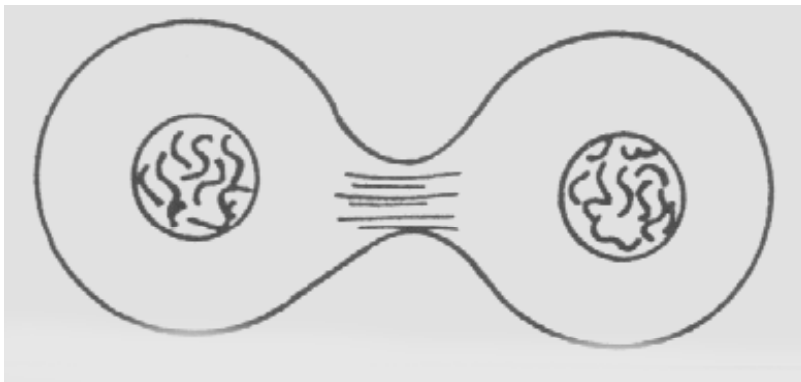
séparation des chromosomes



- Le remaniement des chromatides, conséquence des crossing overs (CO), est visible à ce stade.
- Ségrégation des chromosomes dont les chromosomes sexuels X et Y (cellules germinales mâles)

Télophase I : cytotédiérèse

2 cellules à N chromosomes, chaque chromosome constitué de 2 chromatides (= 2C molécules d'ADN).

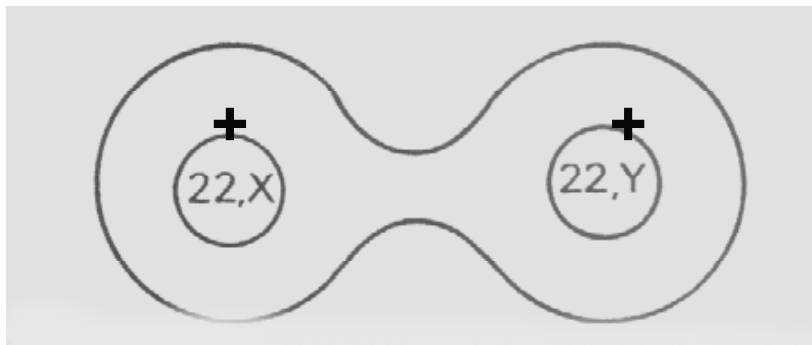


Réduction du nb de chromosomes

$2N\ 4C \rightarrow N\ 2C$

2 cellules haploïdes

- reconstitution des enveloppes nucléaires
- disparition du fuseau de division



Ségrégation des chromosomes sexuels X et Y dans la cellule germinale mâle

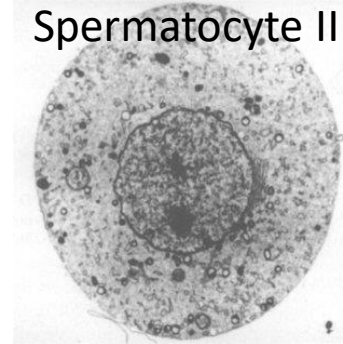
Les gamètes sont haploïdes

→ Ils contiennent 23 chromosomes - n

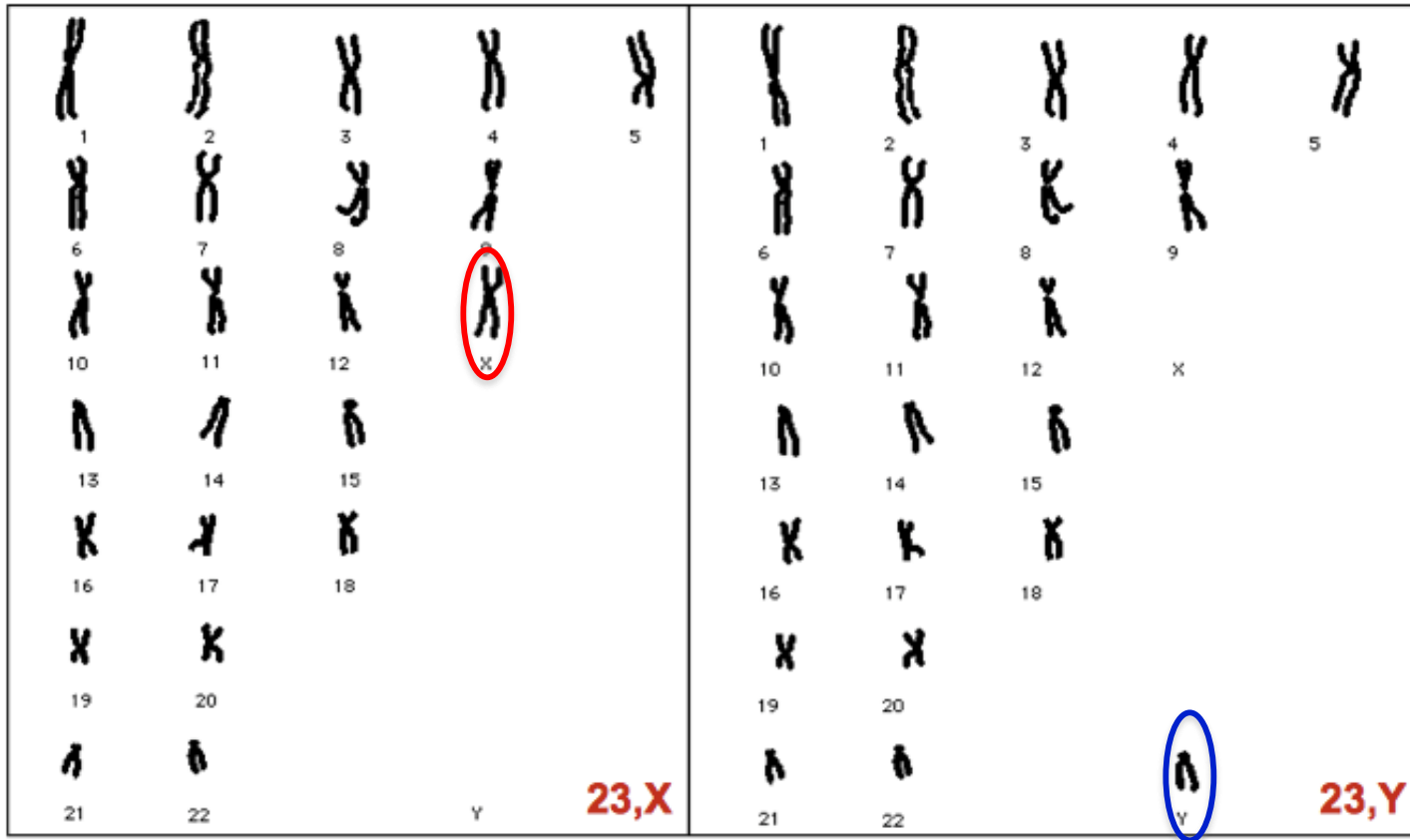
23,X



Spermatocyte II



23,X
ou
23,Y



PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

I-3- 2^{ème} division de méiose : équationnelle

Prophase II non précédée d'une réplication de l'ADN

Métaphase II

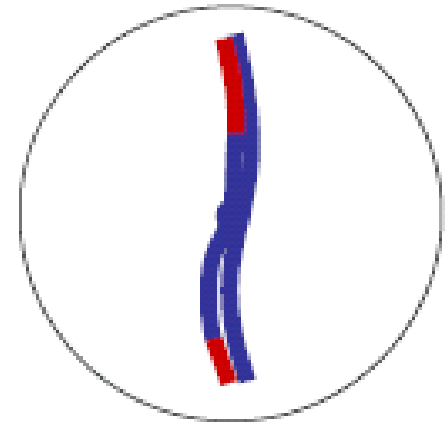
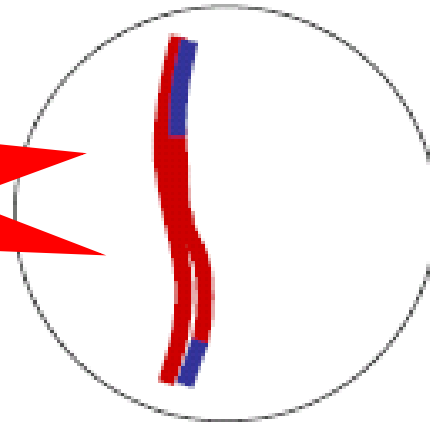
Anaphase II

Télophase II

I-3- 2^{ème} division de méiose : équationnelle

**PAS DE
REPLICATION
D'ADN**

Prophase II

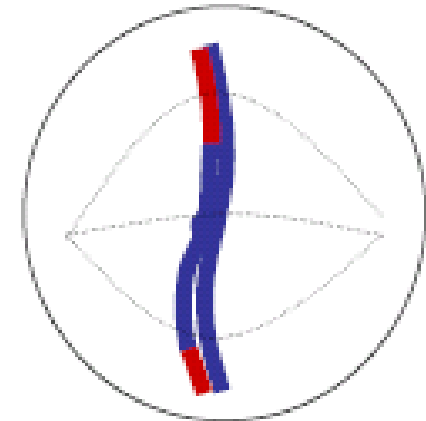
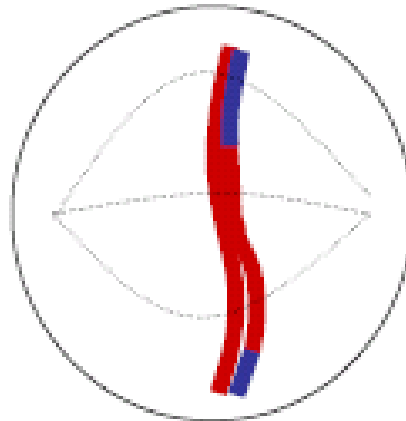


Brève

La chromatine reste compactée

Chromatides remaniés pendant la prophase I

Métaphase II

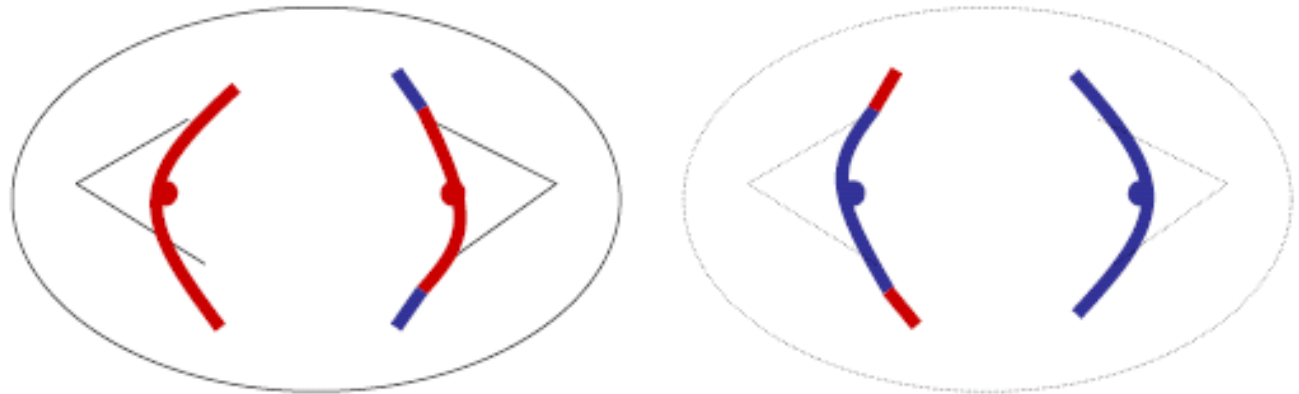


Centromères sur la plaque équatoriale

Dédoublement des centromères sur le fuseau de division

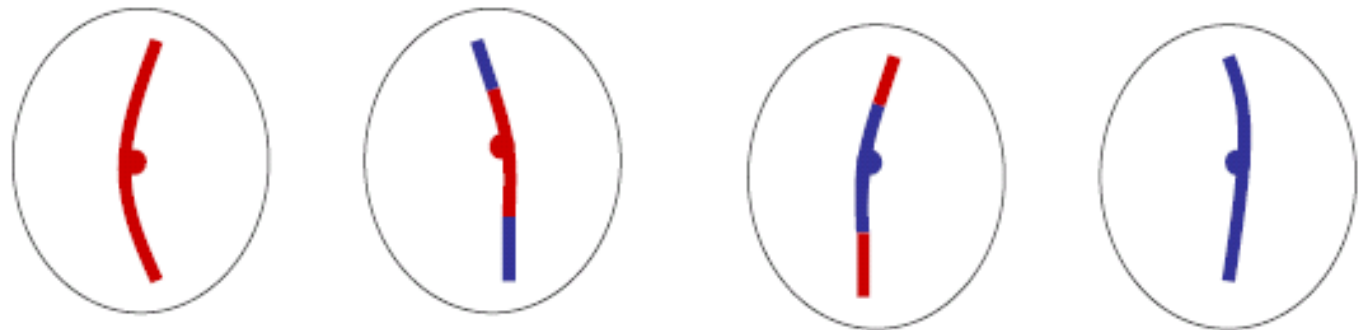
I-3- 2^{ème} division de méiose : équationnelle

Anaphase II



Ascension polaire d'1 chromatide remaniée en prophase I à chaque pôle

Télophase II



4 cellules haploïdes : N chromosomes constitués d'1C chromatide

MÉIOSE II: Séparation des chromatides sœurs

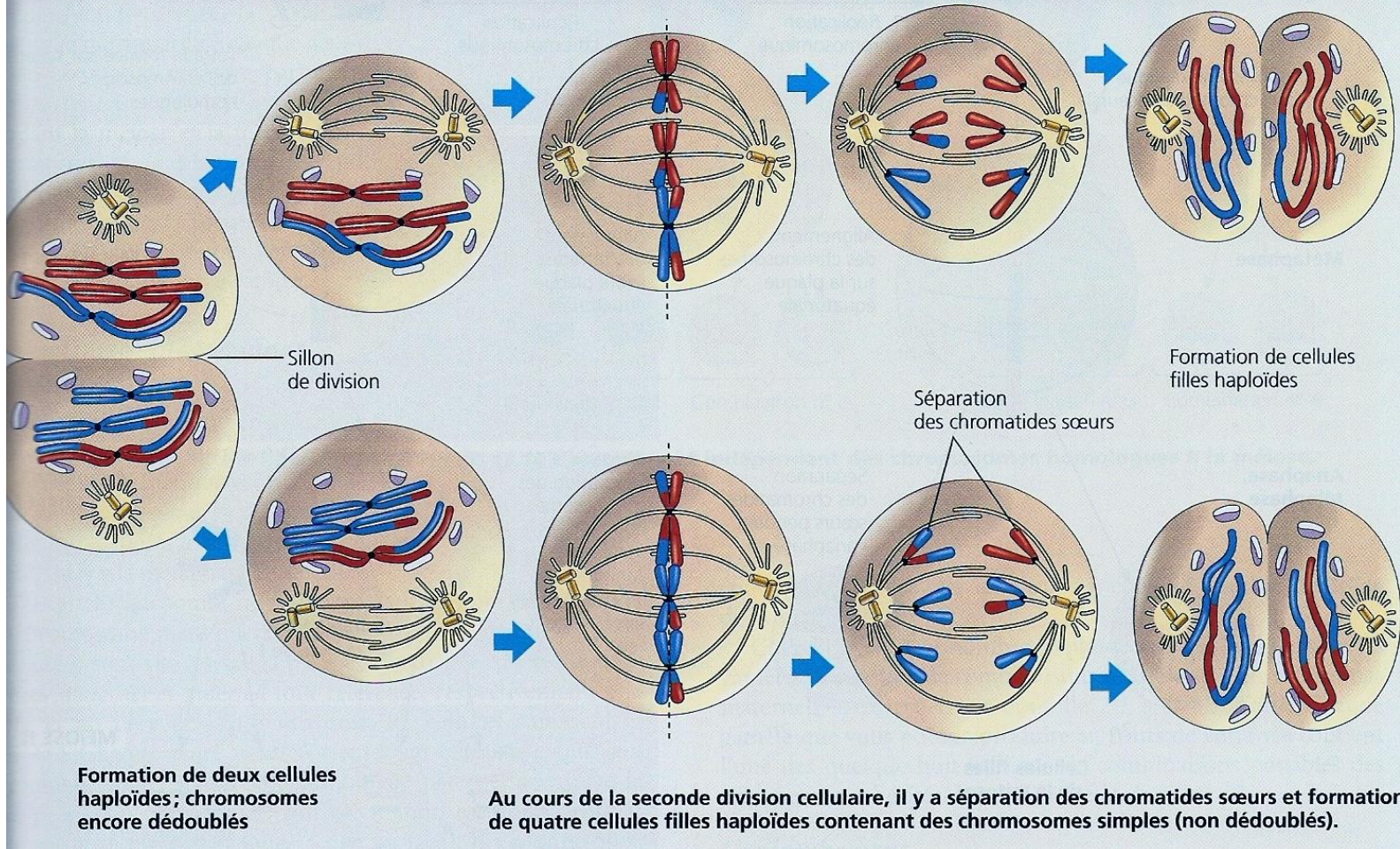
TÉLOPHASE I ET
CYTOCINÈSE

PROPHASE II

MÉTAPHASE II

ANAPHASE II

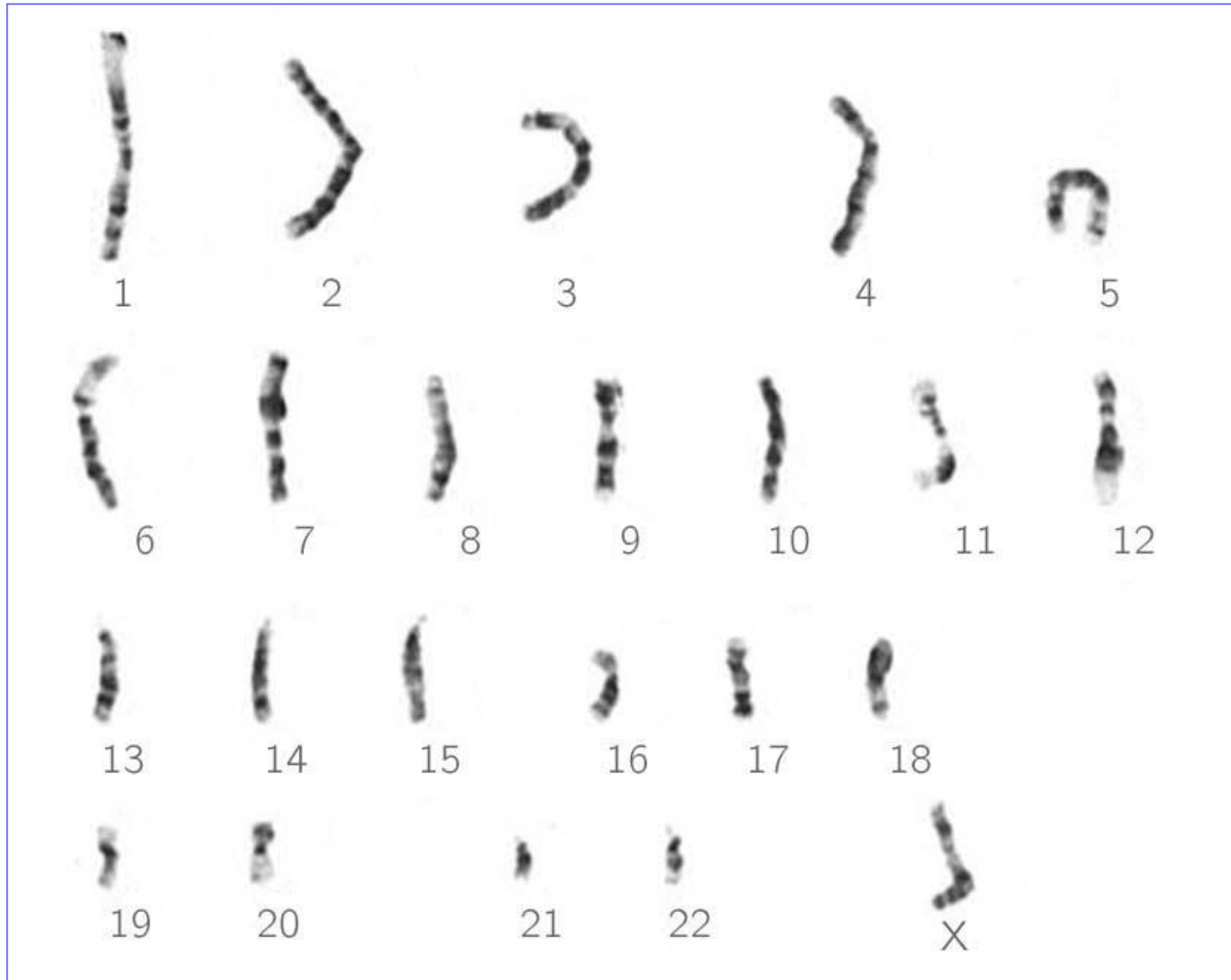
TÉLOPHASE II ET
CYTOCINÈSE



Méiose II « équationnelle »

Gamètes haploïdes

23 n, 1 c



PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

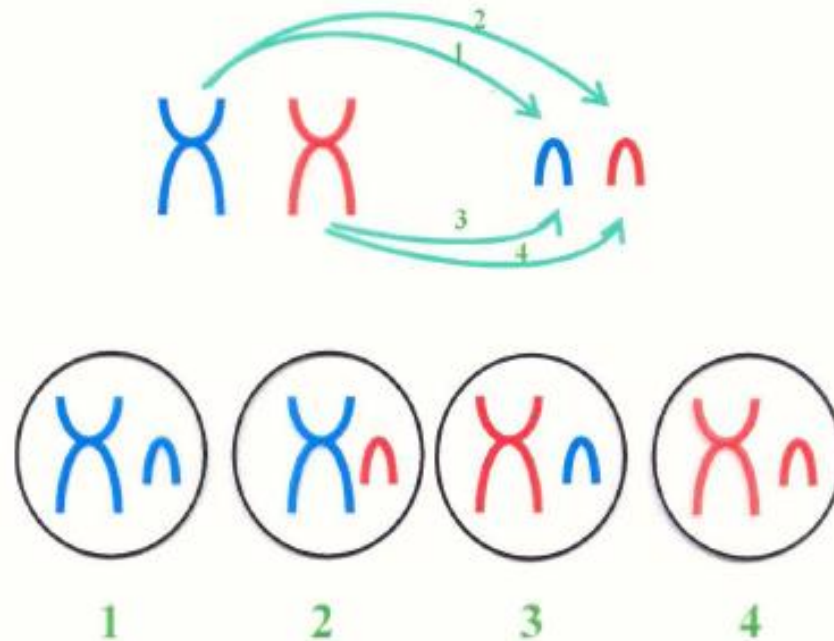
I-3- 2^{ème} division de méiose : équationnelle

I-4- Conséquences de la méiose :
la diversité génétique

I-4- Méiose = diversité génétique

- Brassage génétique : diversité des individus
 - Brassage **intra**chromosomique : recombinaisons génétiques (prophase I pachytène et diplotène)
 - Échanges de matériel génétique entre les chromatides non sœurs des bivalents : chromatides remaniées (crossing over)
 - Brassage **inter**chromosomique (métaphase I) : ségrégation au hasard
 - dû à la position au hasard des chromosomes homologues d'origine paternelle et maternelle au sein des bivalents
 - Brassage **inter**chromosomique (métaphase II)
 - des chromatides sœurs recombinaisons en prophase I

Ségrégation au hasard des chromosomes



4 possibilités = 2^2 donc 2^n (nombre de paires)

Homme: $2^{23} = 8,4 \cdot 10^6$

PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

I-3- 2^{ème} division de méiose : équationnelle

I-4- Conséquences de la méiose

I-5- Anomalies de la méiose

I-5-1- Erreurs de réplication de l'ADN

I-5-2- Anomalies de nombre ou de ségrégation

I-5- Anomalies de la méiose

I-5-1- Erreurs de réplication de l'ADN

⇒ Mutations

I-5-2- Anomalies de nombre ou de ségrégation :

non disjonction des chromosomes au cours de la 1^{ère} division de méiose ou des chromatides sœurs au cours de la 2^{ème} division de méiose

⇒ Aneuploïdie

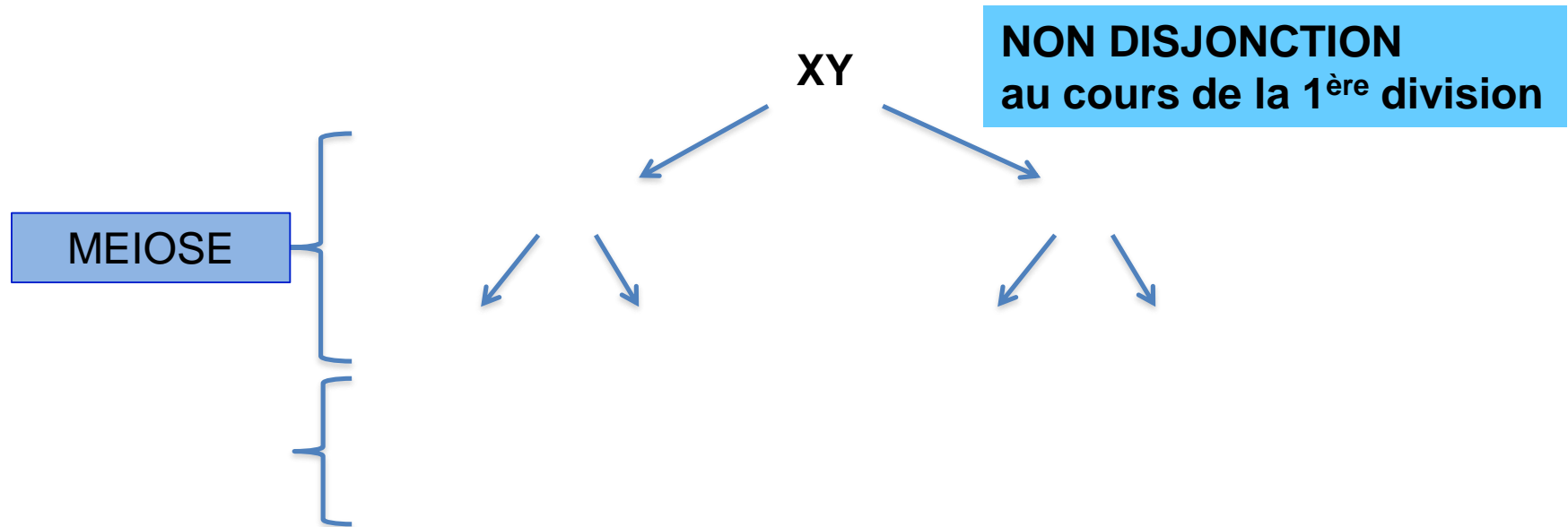
chromosome **disomique** => embryon trisomique

chromosome **nullosomique** => embryon monosomique

I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des **chromosomes sexuels**

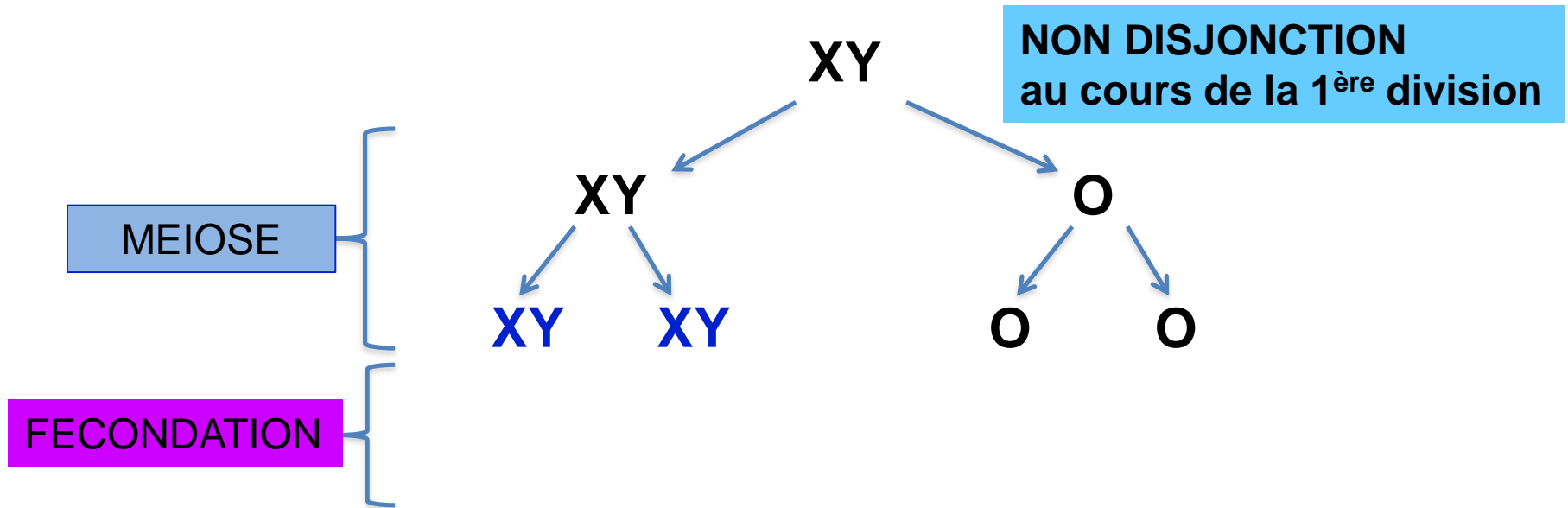
→ **chez l'HOMME**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des **chromosomes sexuels**

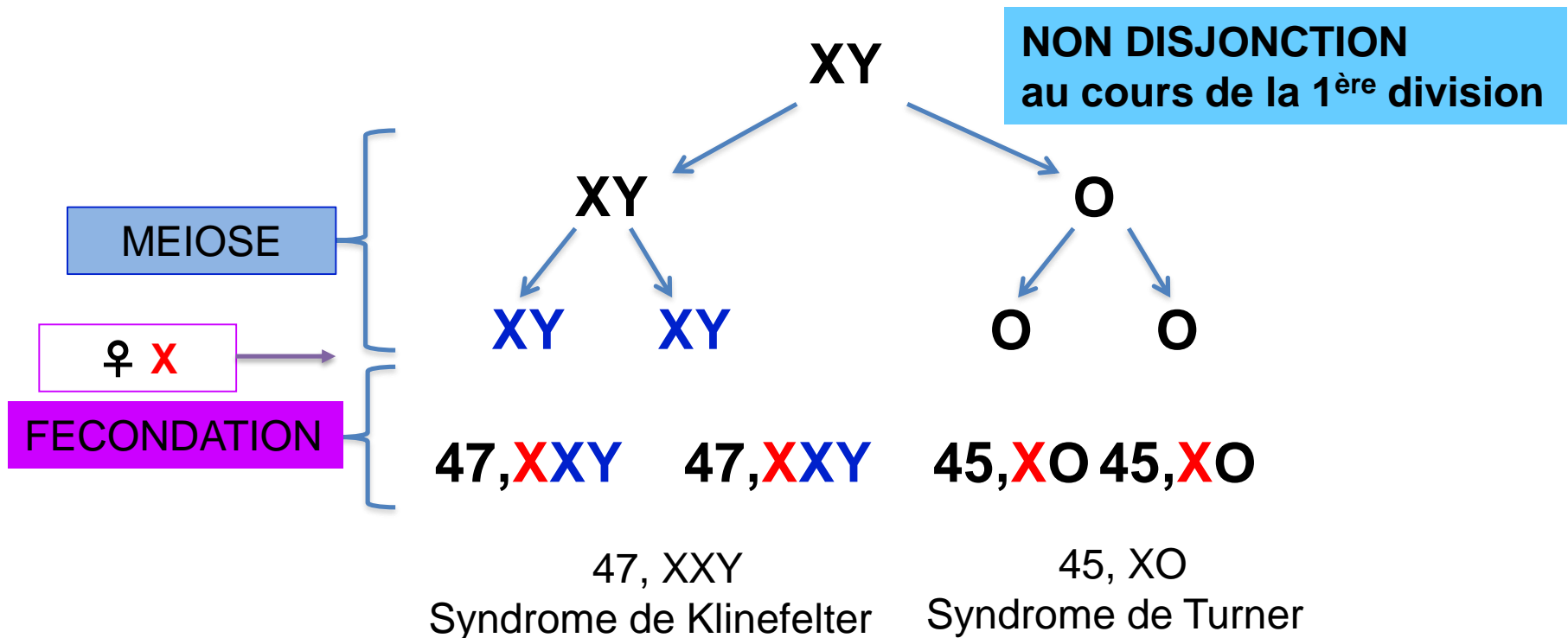
→ **chez l'HOMME**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des **chromosomes sexuels**

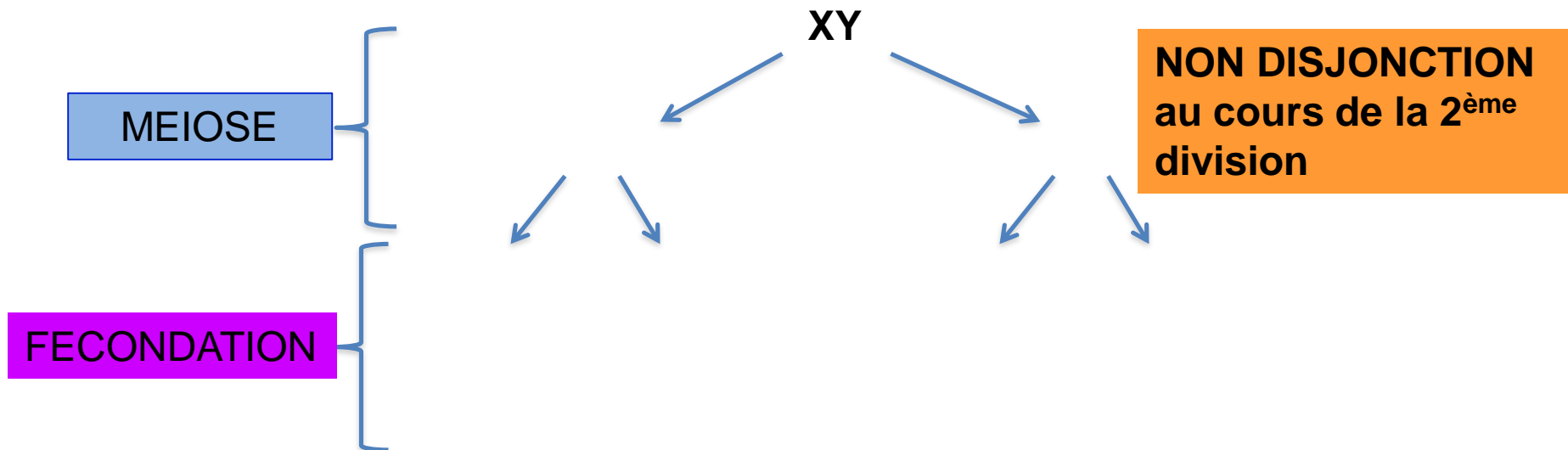
→ **chez l'HOMME**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des **chromosomes sexuels**

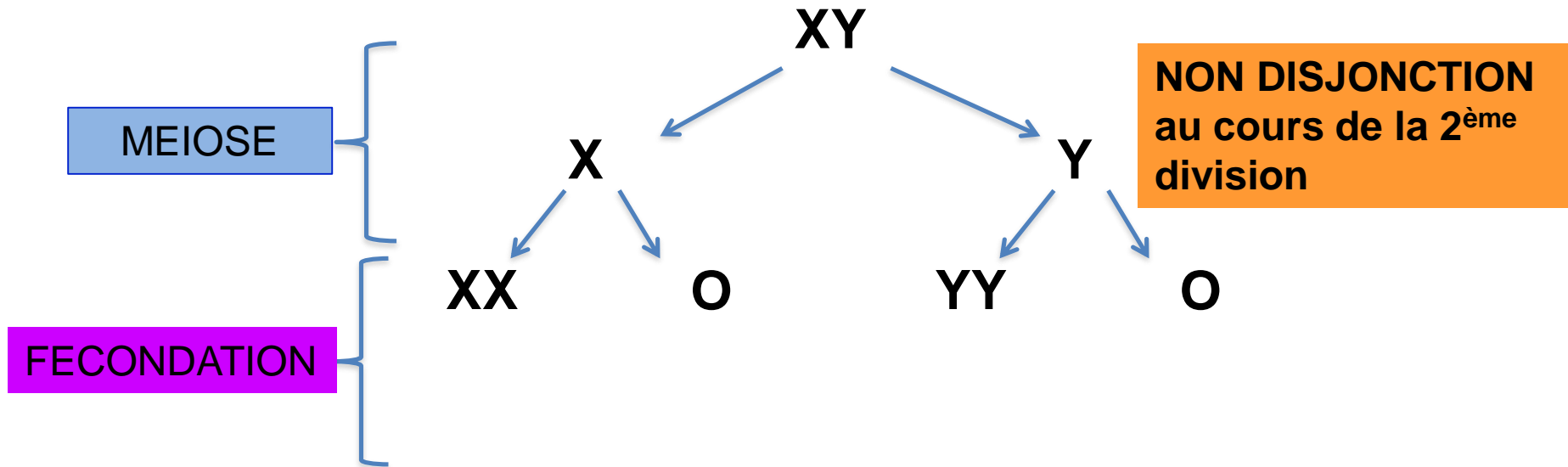
→ **chez l'HOMME**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des **chromosomes sexuels**

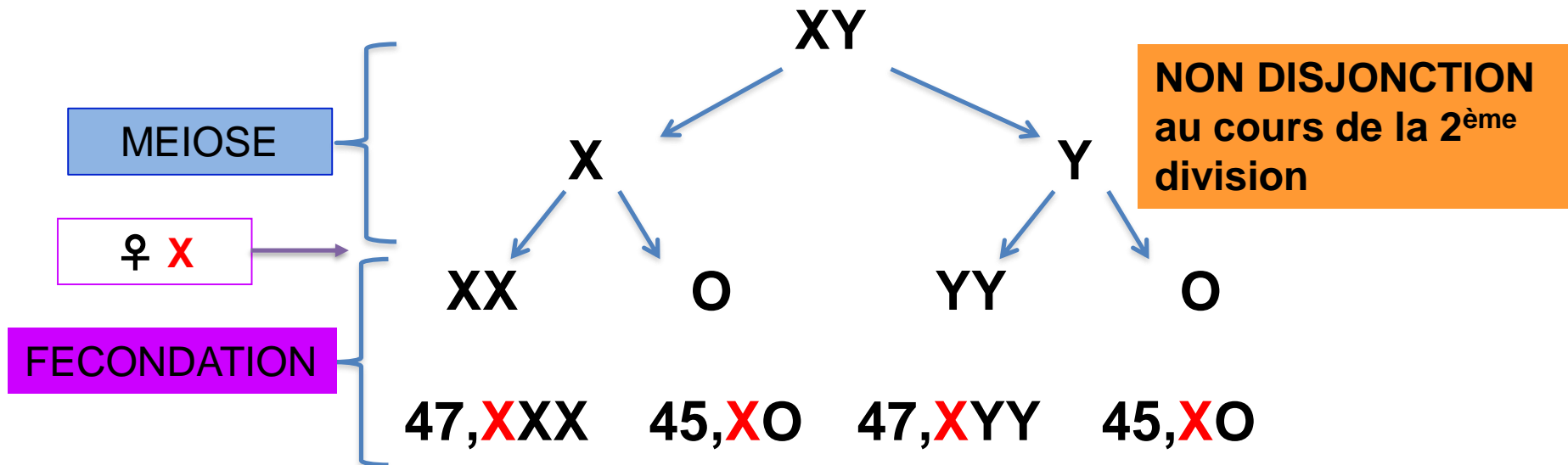
→ **chez l'HOMME**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des chromosomes sexuels

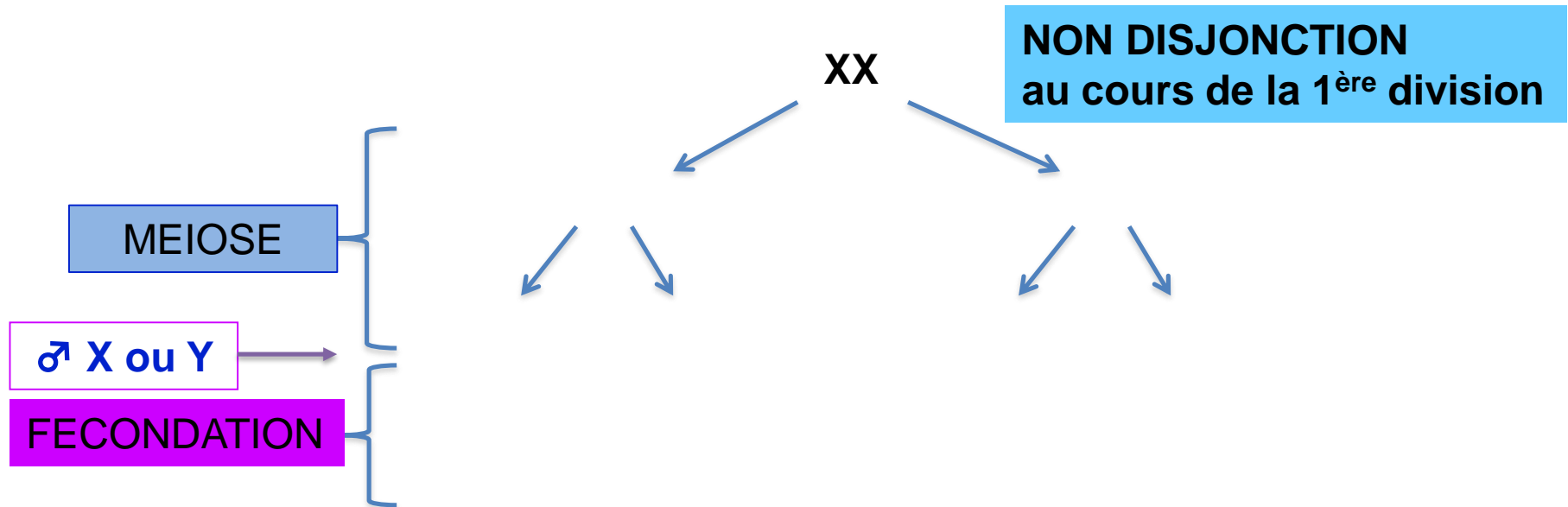
→ chez l'HOMME



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des **chromosomes sexuels**

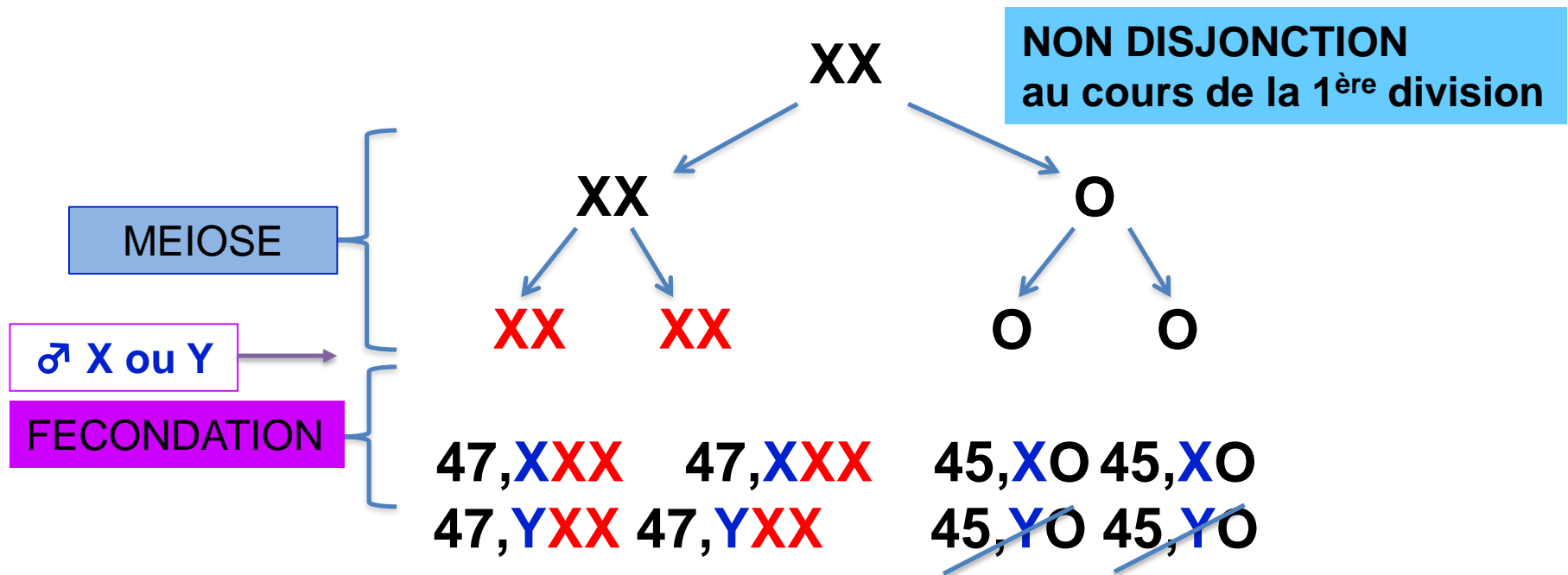
→ **chez la FEMME**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

non disjonction des chromosomes sexuels

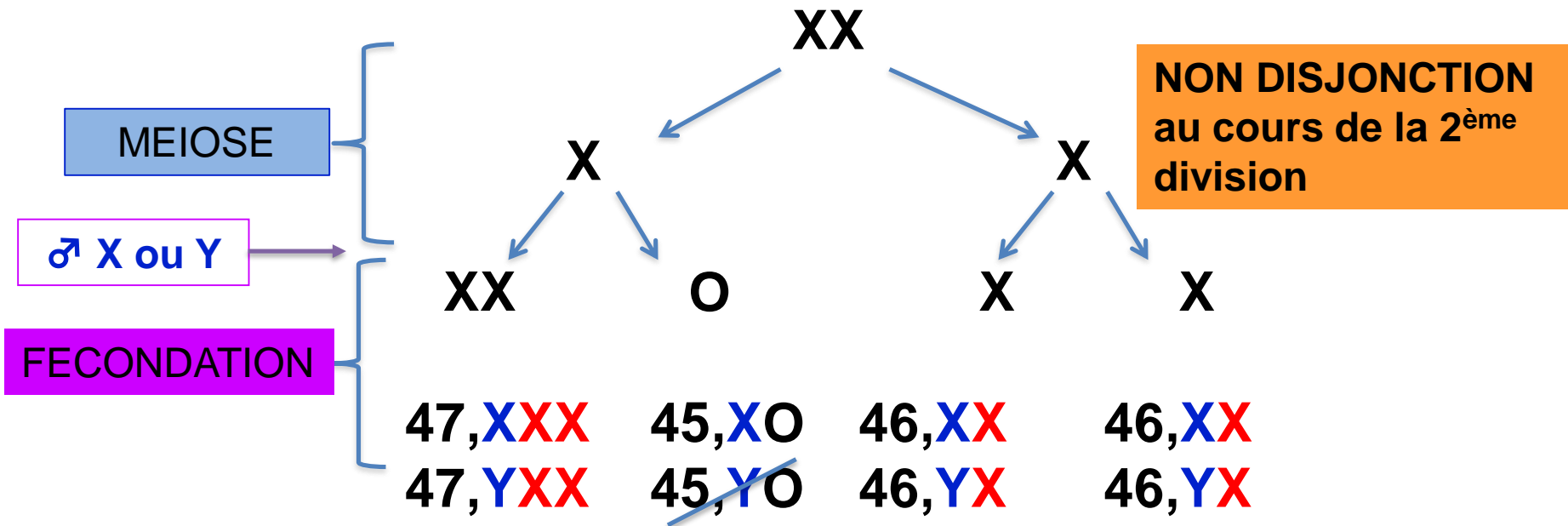
→ chez la FEMME



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

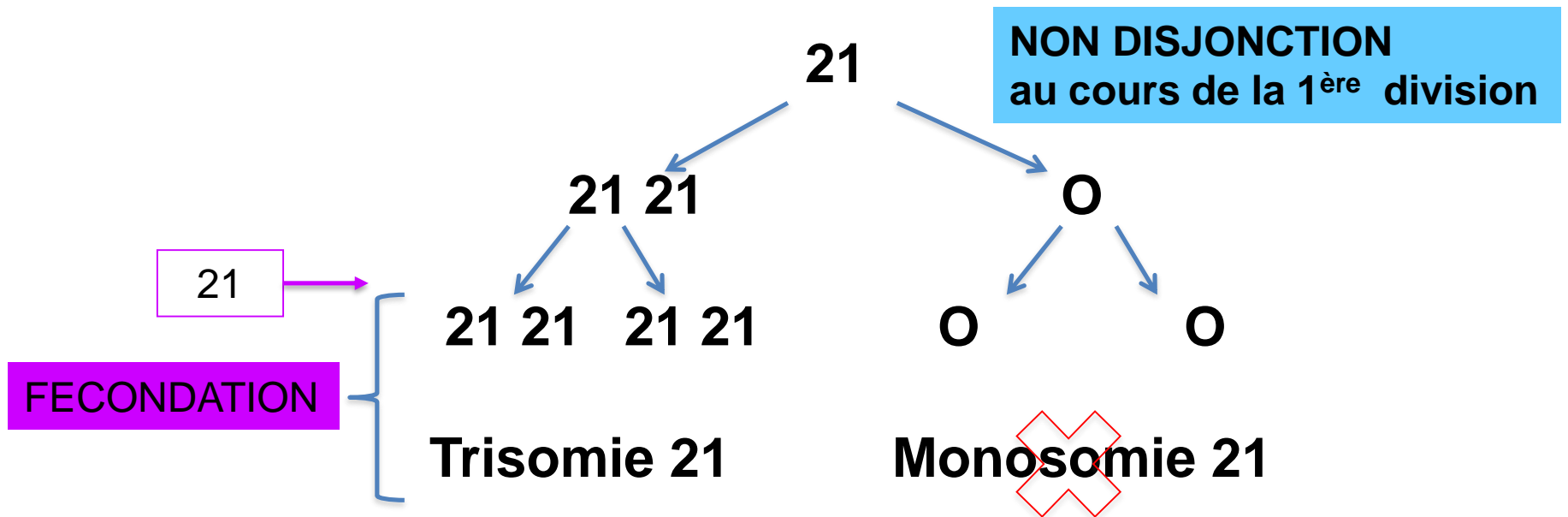
non disjonction des chromosomes sexuels

→ chez la FEMME



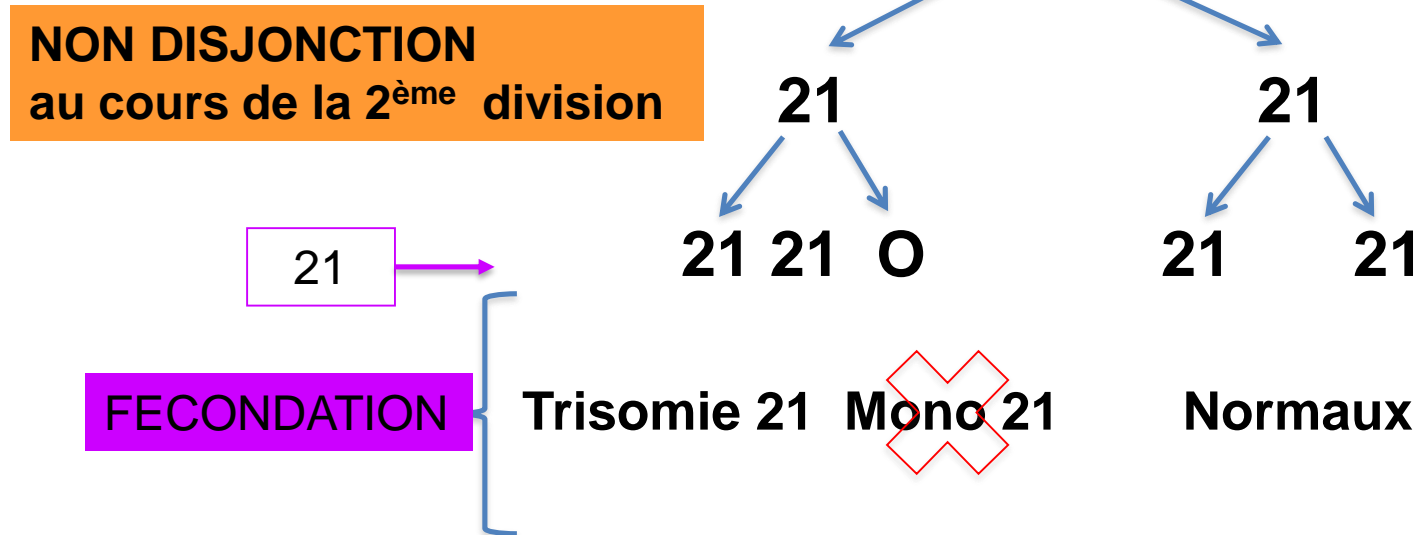
I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

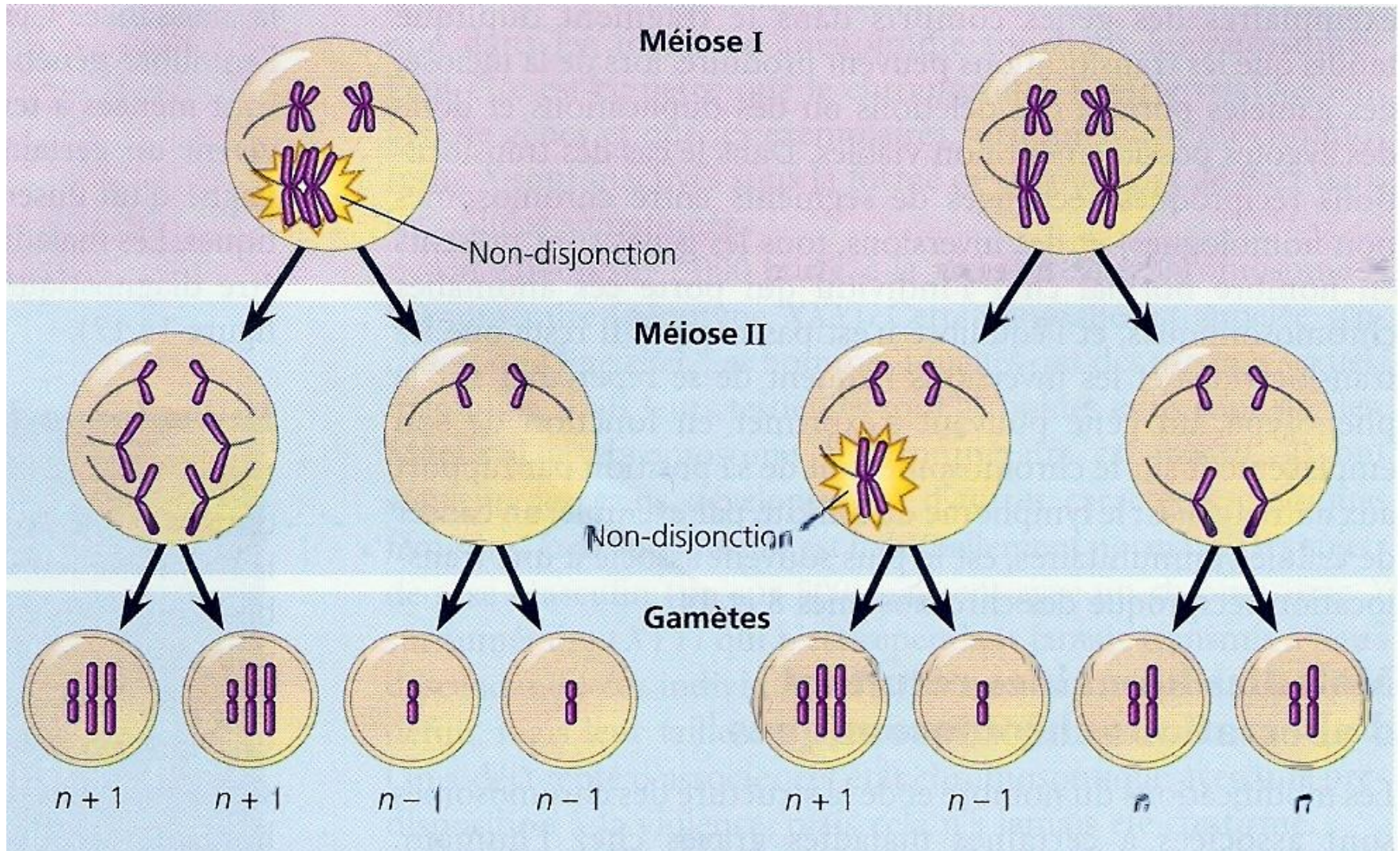
non disjonction des **autosomes**



I-5-2- Anomalies de ségrégation chromosomique

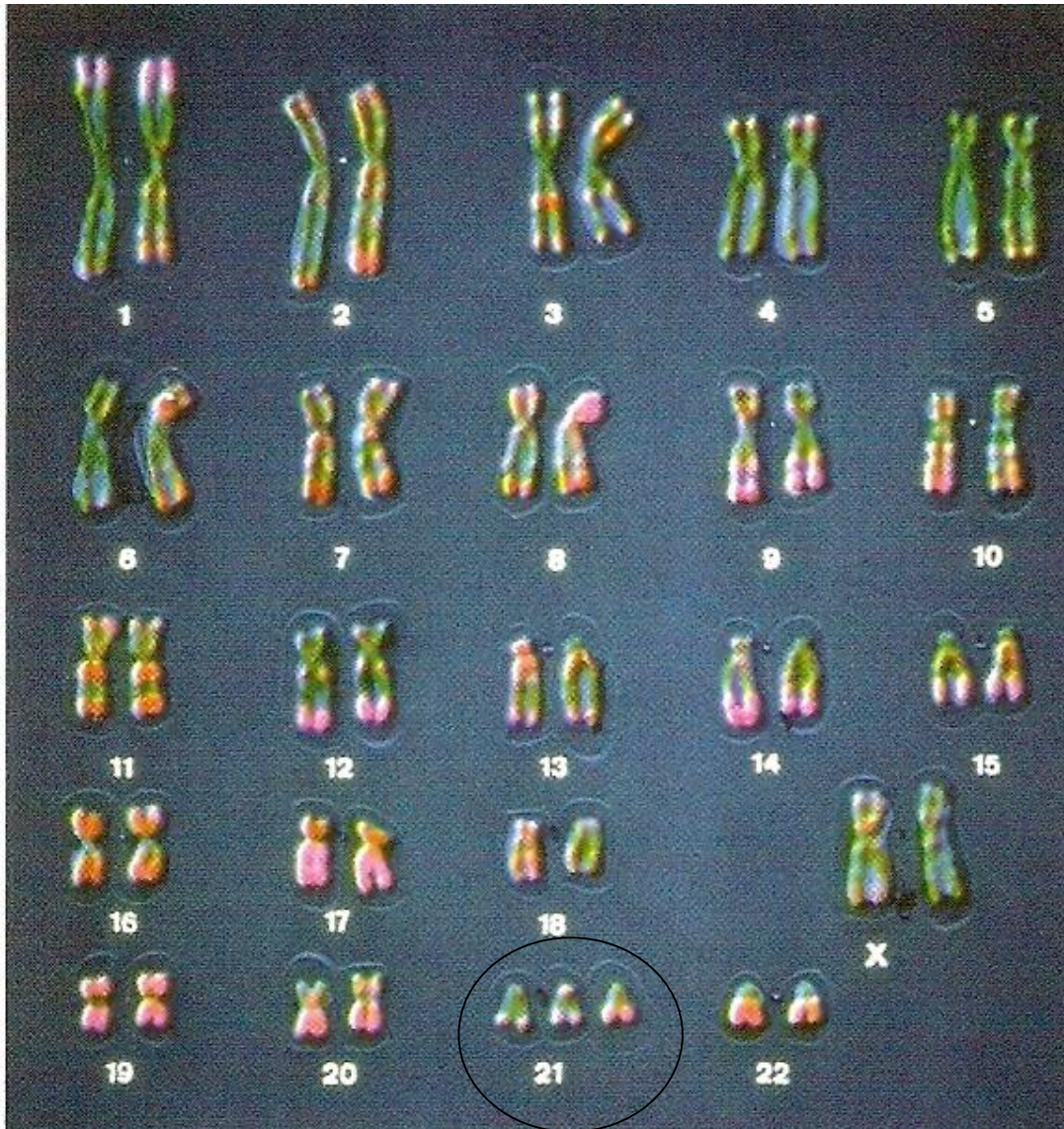
non disjonction des **autosomes**





Non disjonction des chromosomes homologues pendant la méiose I

Non disjonction des chromatides homologues pendant la méiose II



**Exemple après
fécondation**

**Syndrome de DOWN
Trisomie 21**

PLAN

I- LA MEIOSE

I-1- Définition

I-2- 1^{ère} division de méiose : réductionnelle

I-3- 2^{ème} division de méiose : équationnelle

I-4- Conséquences de la méiose

I-5- Anomalies de la méiose

I-5-1- Erreurs de réplication de l'ADN

I-5-2- Anomalies de nombre ou de ségrégation

I-5-3- Anomalies de recombinaison génétique

I-5-3 Anomalies de recombinaison génétique

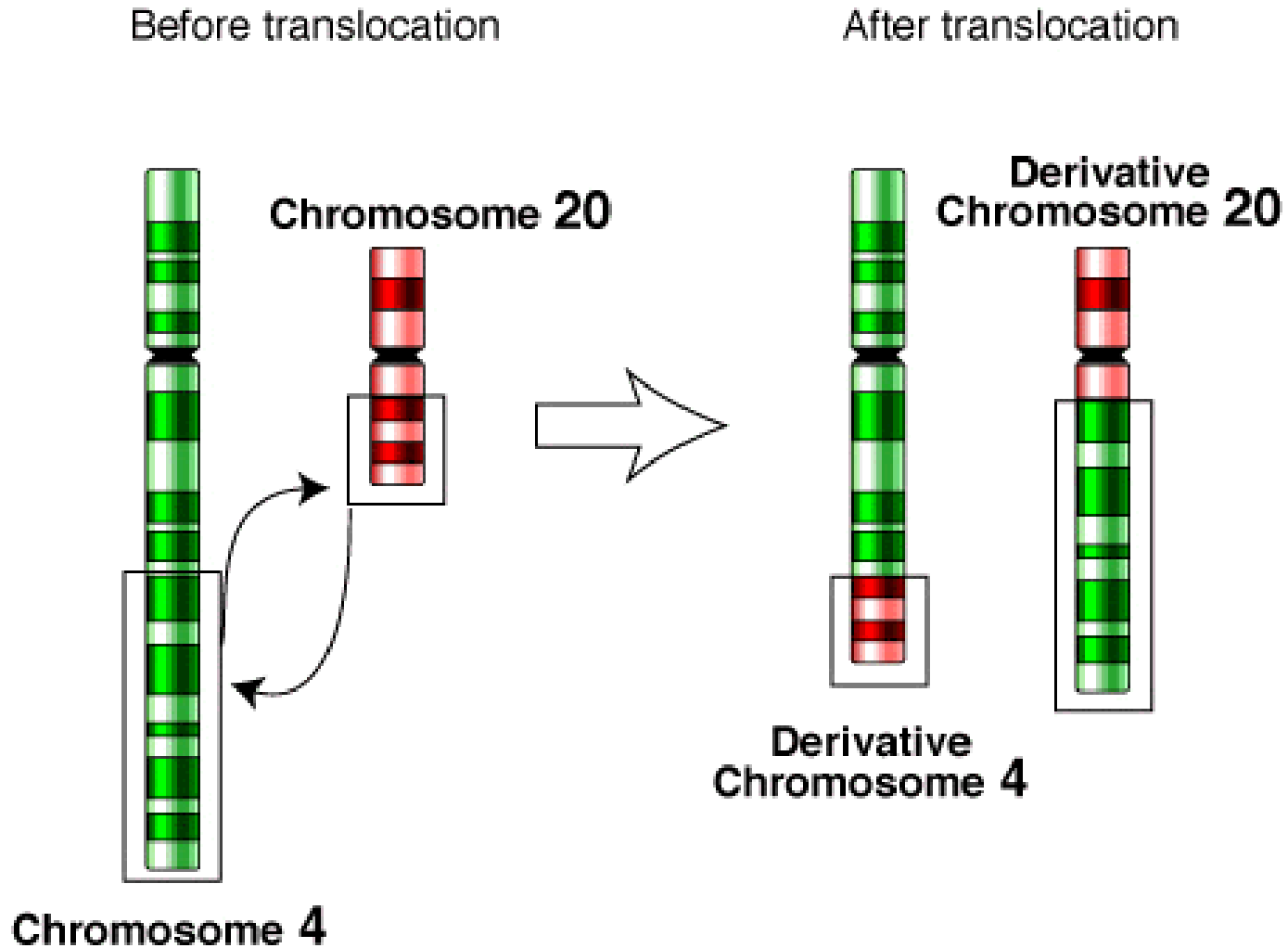
conséquence de « crossing over » inégaux entre chromosomes homologues ou non homologues

ex : les **translocations équilibrées**

sans perte ou gain de matériel génétique

pas de conséquence en général pour l'individu, MAIS conséquence pour la descendance car risque de transmission sur le mode déséquilibré

Translocation équilibrée : exemple



PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

II-1- Définition et siège

II-1- Définition

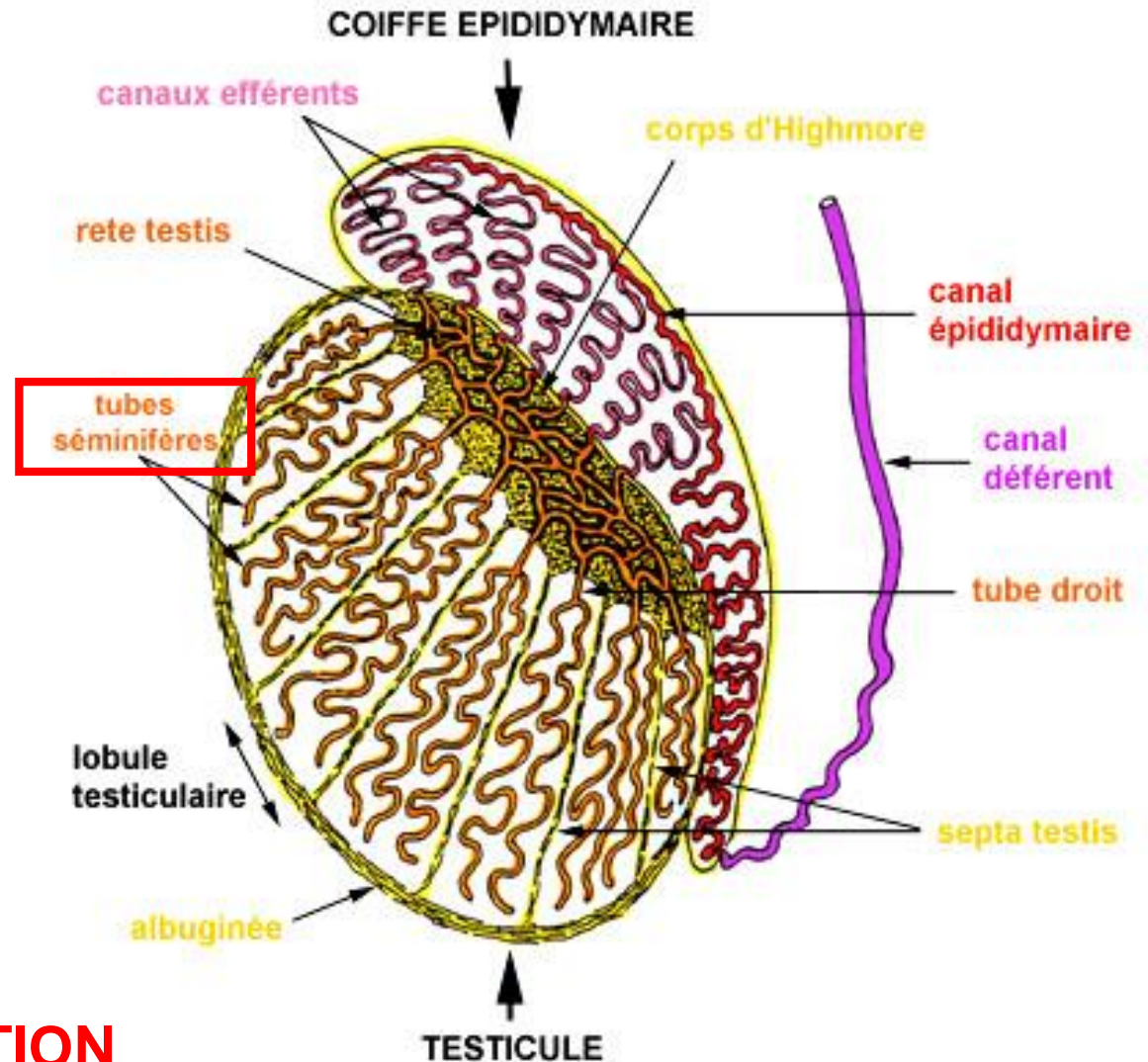
- Ensemble des phénomènes qui, à partir des cellules souches, les **spermatogonies**, aboutit à la formation des **spermatozoïdes**

MITOSES + MEIOSE + CYTODIFFERENCIATION

- Production continue depuis la puberté jusqu'à ? la sénescence
 - Diminution avec l'âge

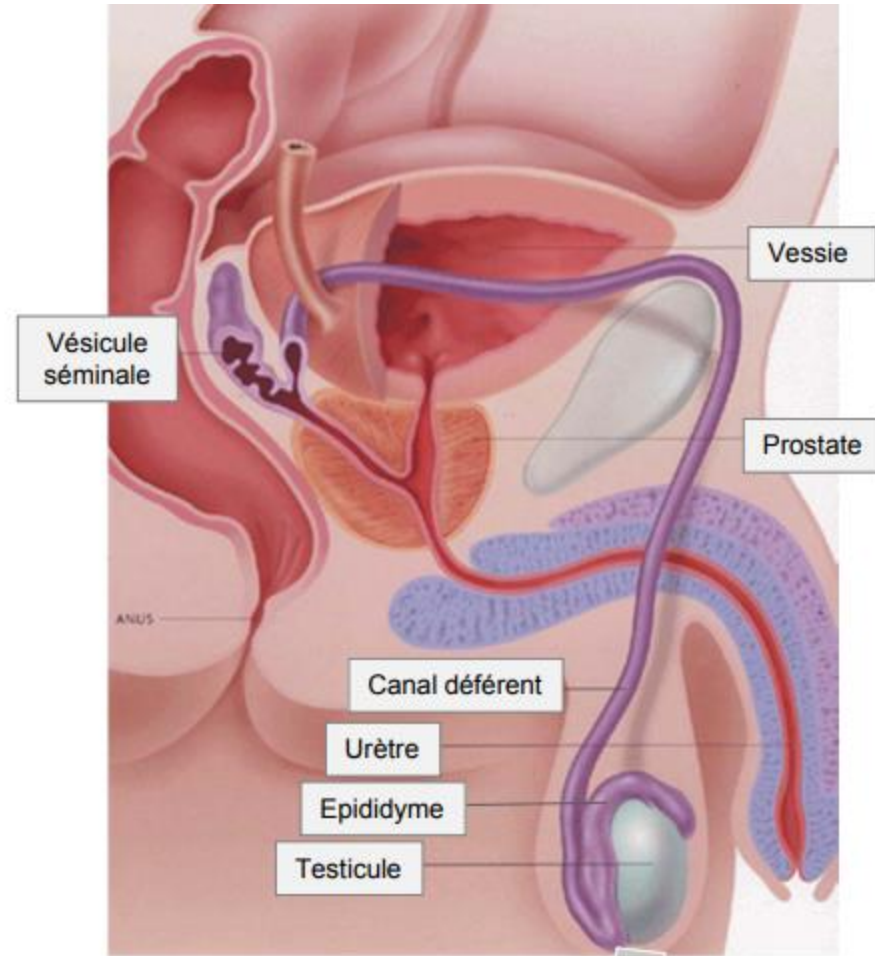
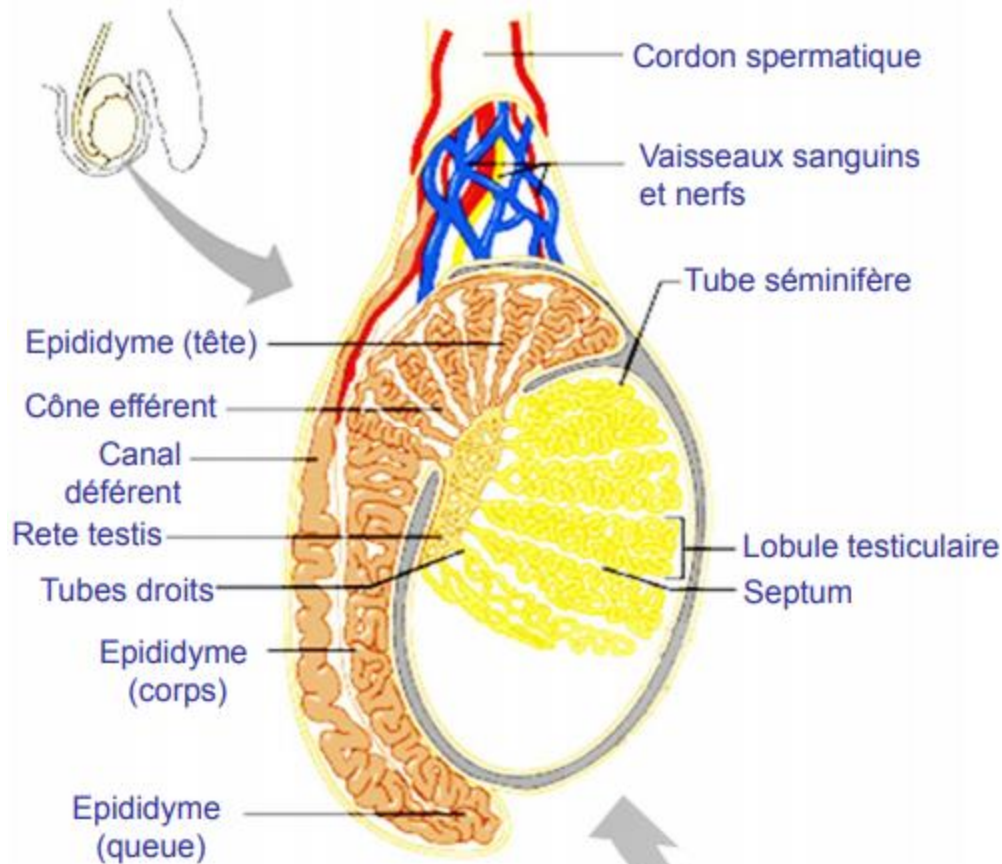
II-1- Siège : Testicule

Les tubes
séminifères :
siège de la
spermatogénèse



**MITOSES +
MEIOSE +
CYTODIFFERENCIATION**

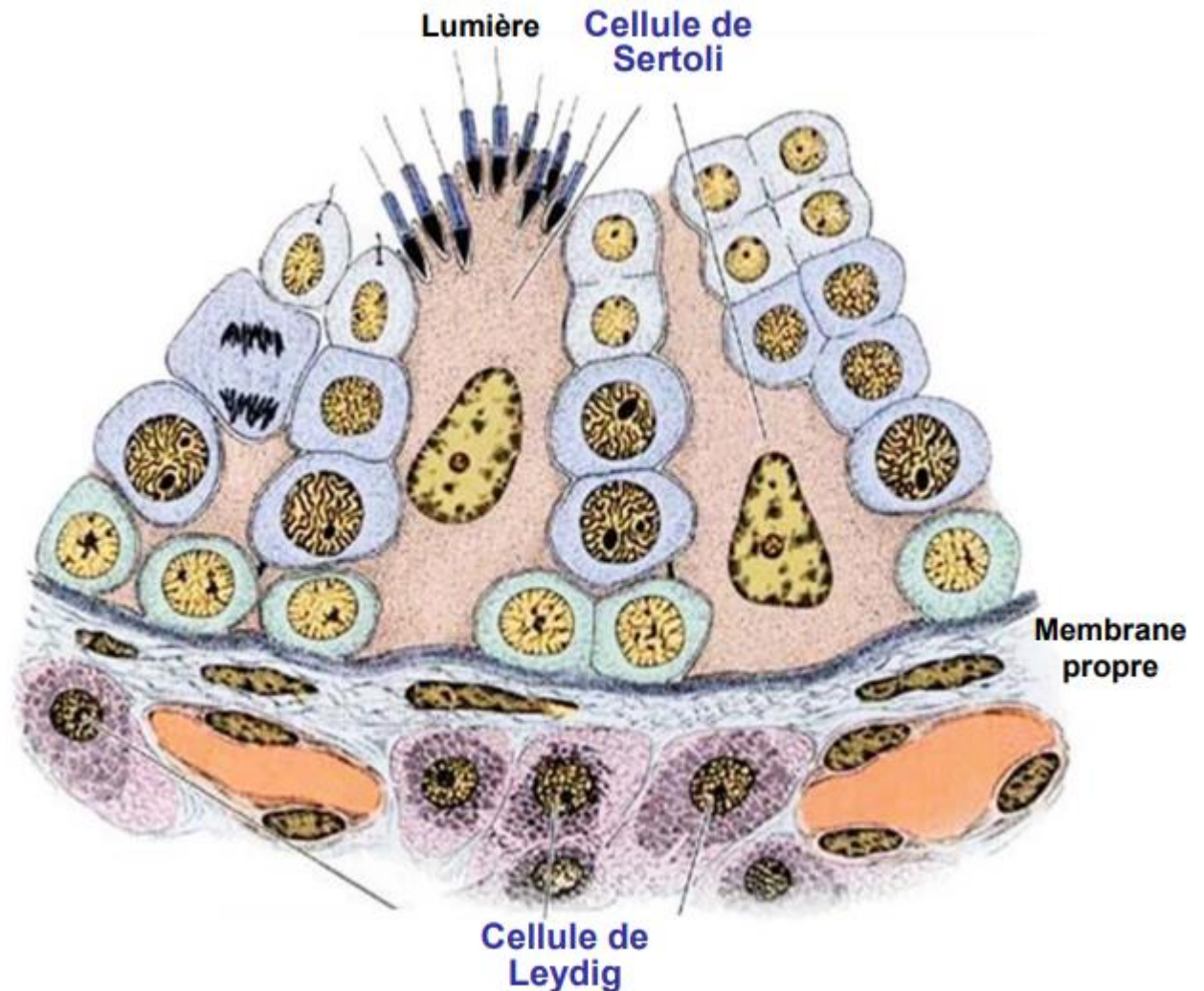
II-1- Siège : Testicule



II-1- Siège : Testicule

Fonction exocrine
Spermatogénèse

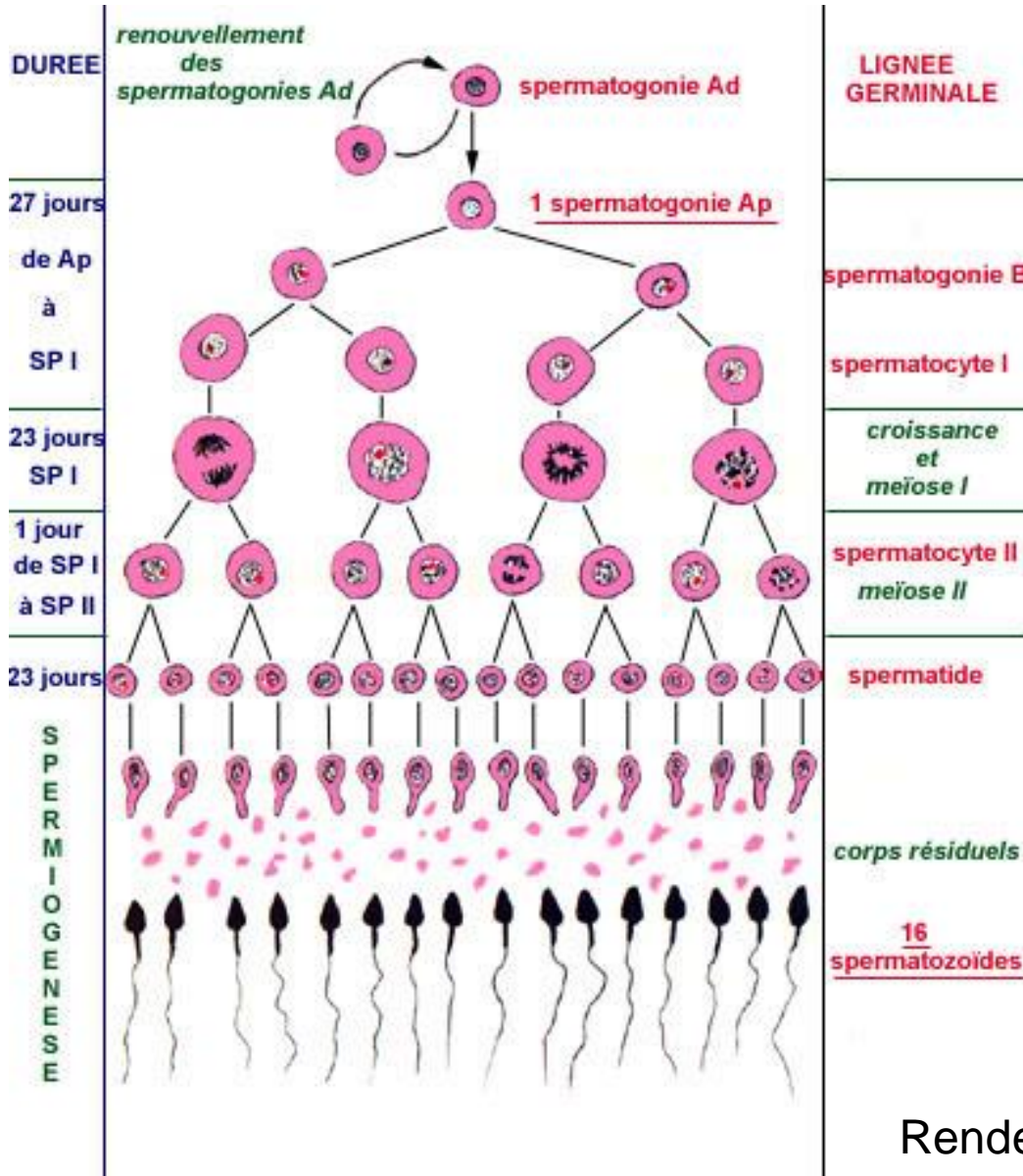
Fonction endocrine
Androgènes
(testostérone)



A-Multiplication

B-Méiose

C-Spermiogenèse



LIGNEE GERMINALE

A- MITOSES 27 JOURS

Multiplications des cellules :
Spermatogonies → Spermatocytes I (2N, 2C)

Réplication de l'ADN

B- MEIOSE 24 JOURS

Spocytes I → Spocytes II → Spermatides
(2N, 4C) (1N, 2C) (1N, 1C)
Méiose I Méiose II

C- SPERMIOGENESE 23 JOURS

Spermatides → Spermatozoïdes
(1N, 1C) (1N, 1C)

Rendement théorique : **1 Ap → 16 spermatozoïdes**

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

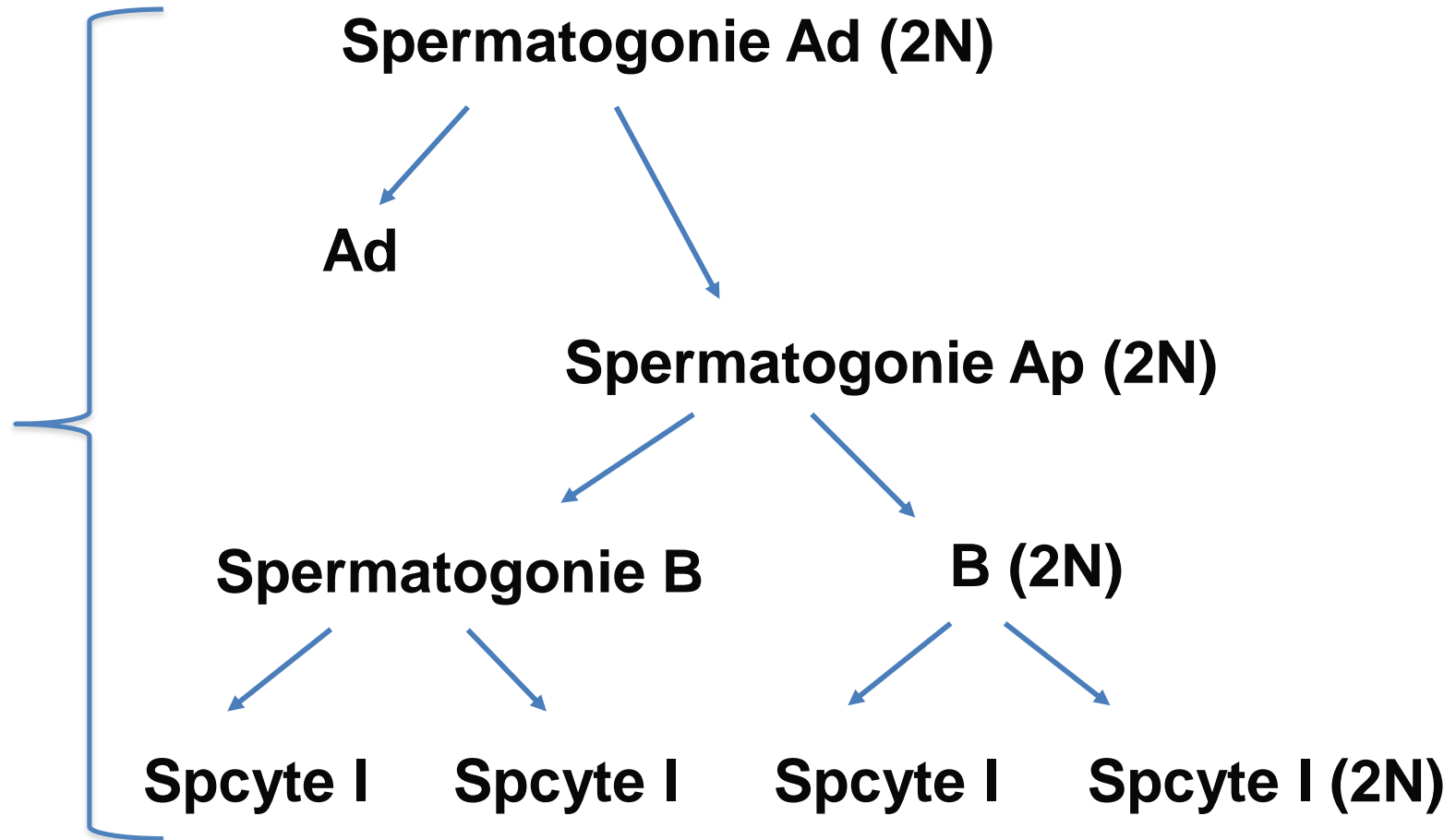
II-1- Définition et siège

II-2- Déroulement de la spermatogenèse

A- Multiplication des cellules souches :
les spermatogonies

A- Multiplications des cellules souches : les spermatogonies

M
I
T
O
S
E
S



REPLICATION DE L'ADN en pré-méiose (interphase)

Spocyte : spermatocyte

Durée de 27 jours

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

II-1- Définition et siège

II-2- Déroulement de la spermatogenèse

A- Multiplication des cellules souches :
les spermatogonies

B- Croissance des spermatocytes I et méiose

B- Croissance des spermatoocytes I et méiose

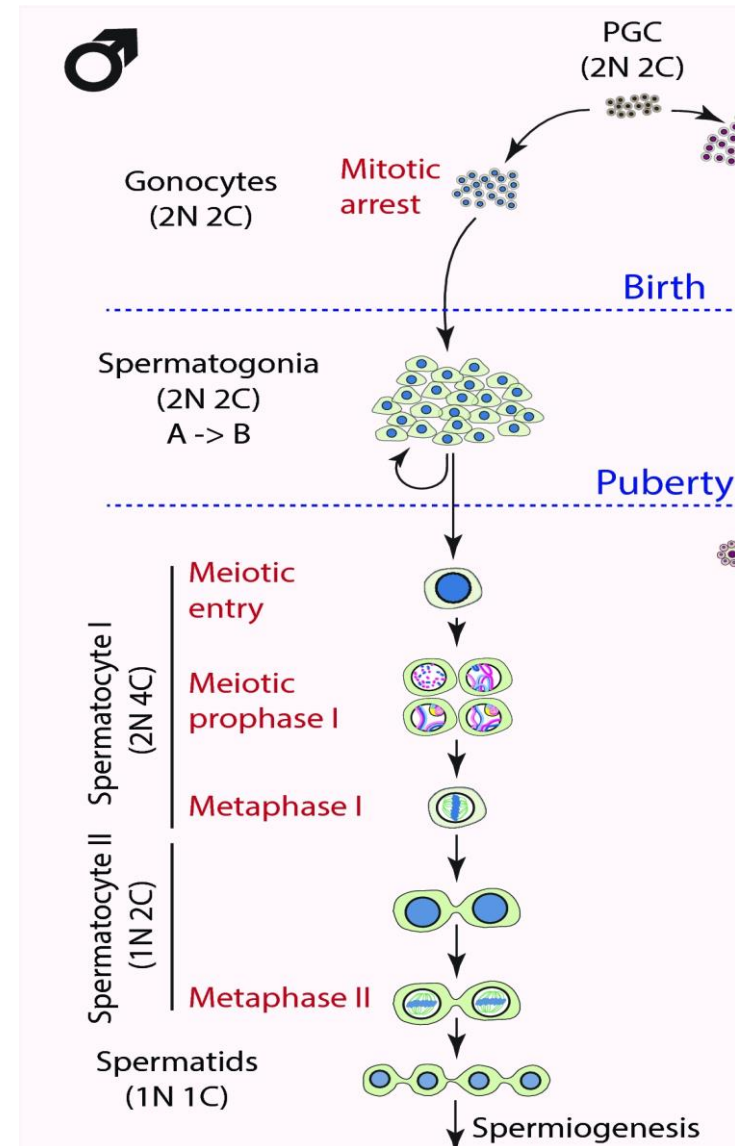
Durée de 24 jours

Spermatoocyte I : Méiose I
2N, 4C

Spermatoocyte II : Méiose II
N, 2C

Spermatide
N, 1C

M
I
T
O
S
E



PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

II-1- Définition et siège

II-2- Déroulement de la spermatogenèse

A- Multiplication des cellules souches :

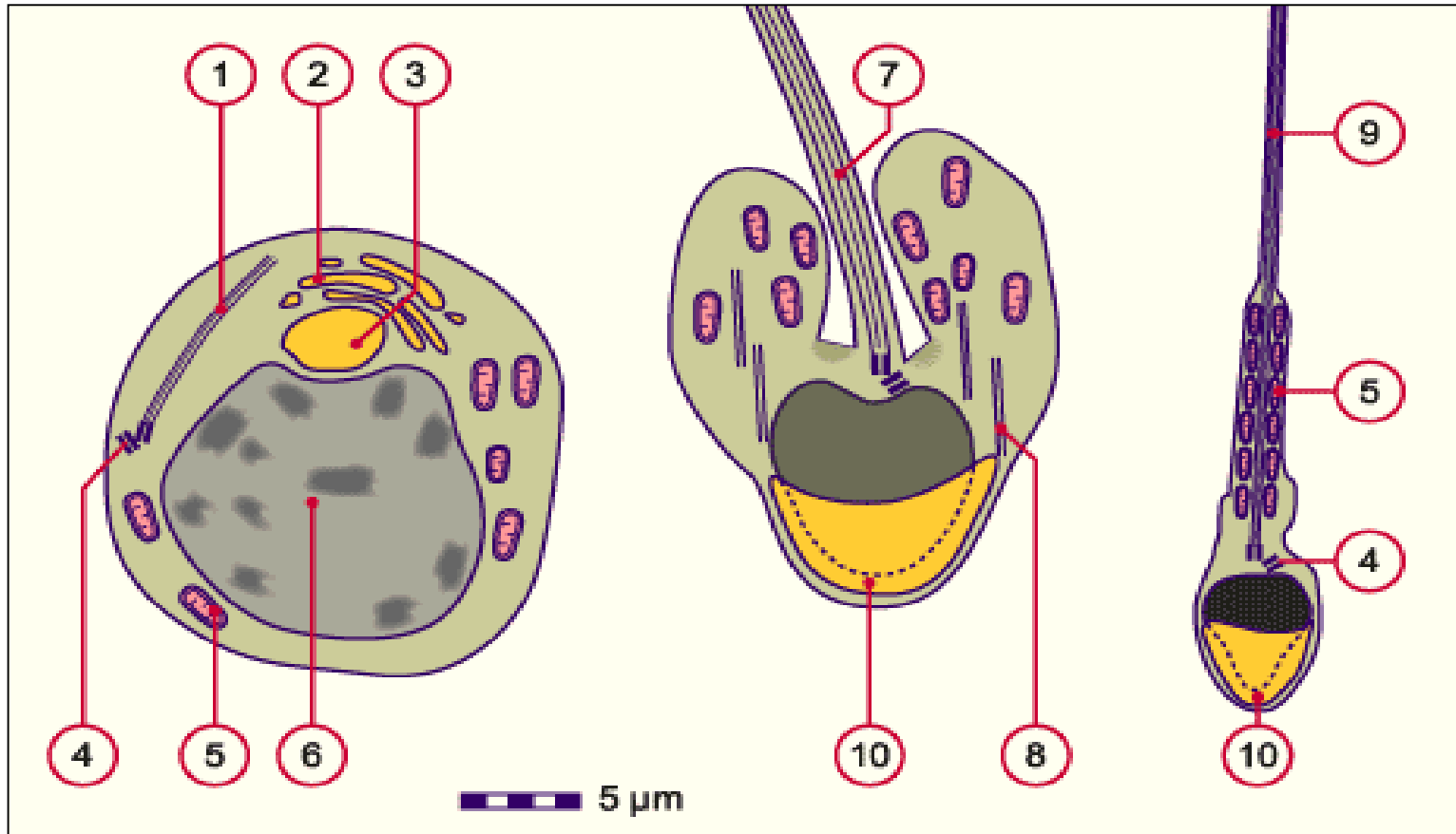
les spermatogonies

B- Croissance des spermatocytes I et méiose

C- Spermio-genèse

C- Spermiogenèse

Durée de 23 jours



Spermatide ronde

Spermatide allongée

Spermatozoïde

1: centriole distal

4: centriole proximal

7: axonème

2: appareil de Golgi

5: mitochondries

8: réticulum endoplasmique

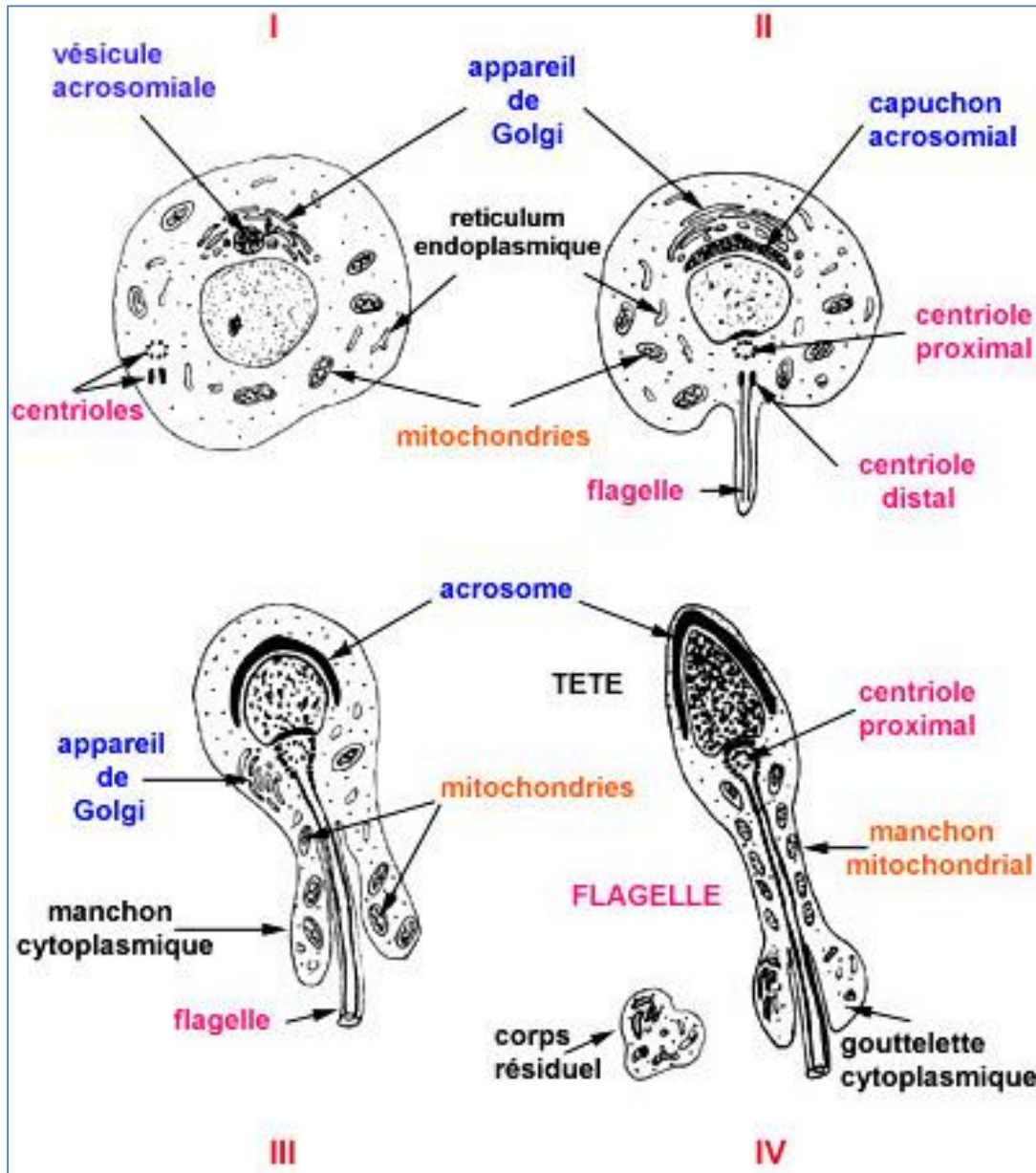
3: vésicule acrosomiale

6: noyau

9: flagelle

10: acrosome

C- Spermiogenèse



1/ Formation de l'**acrosome**

2/ Réorganisation **nucléaire** :
condensation ADN

3/ Migration des **centrioles**
et formation de l'axonème

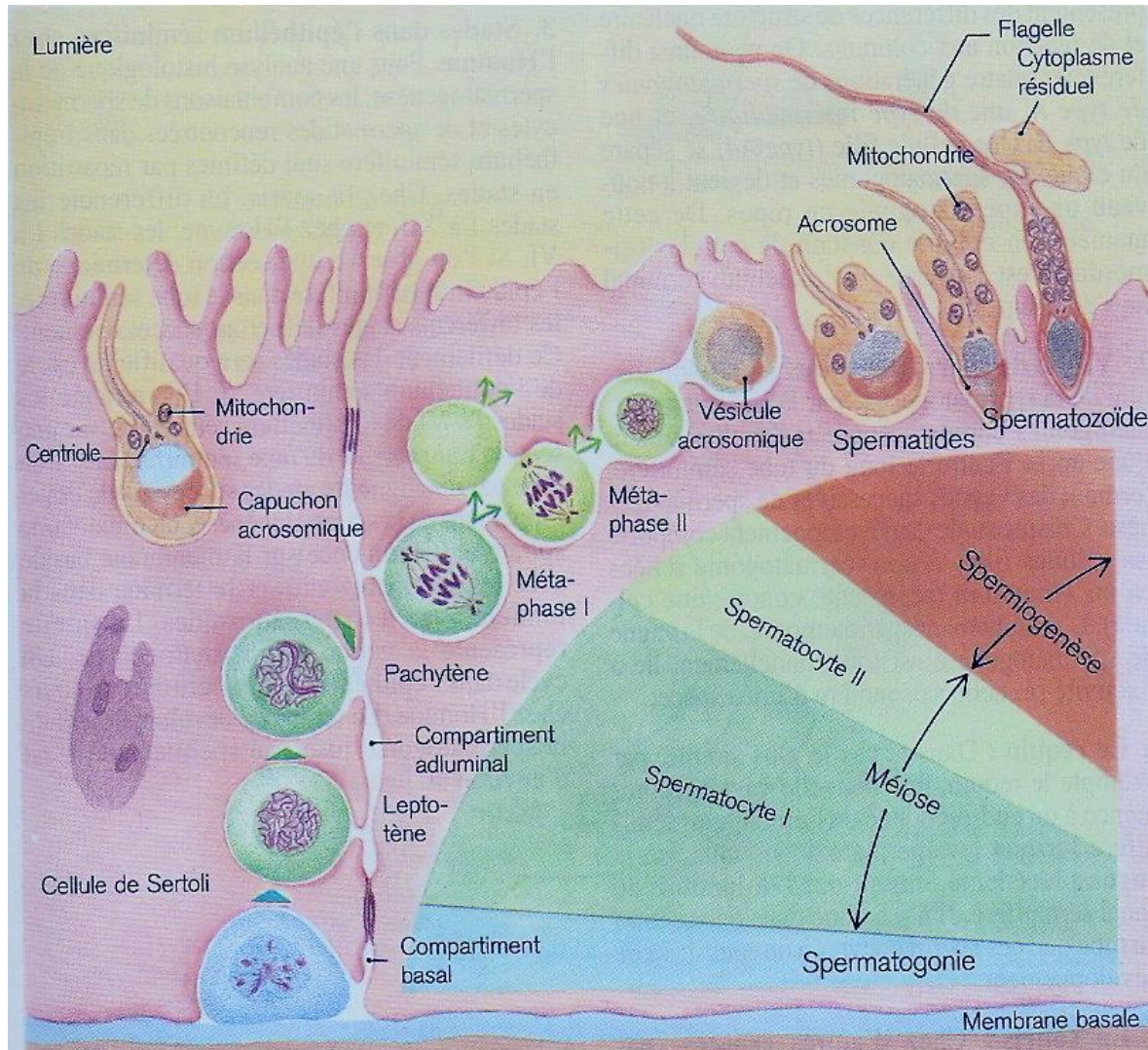
4/ Migration des mitochondries

5/ Réorganisation du
cytoplasme

Corps résiduel

Gouttelette cytoplasmique

Section de tubes séminifères



SPERMATION : libération des spz dans la lumière des tubes séminifères
Dernière étape de la spermatogenèse

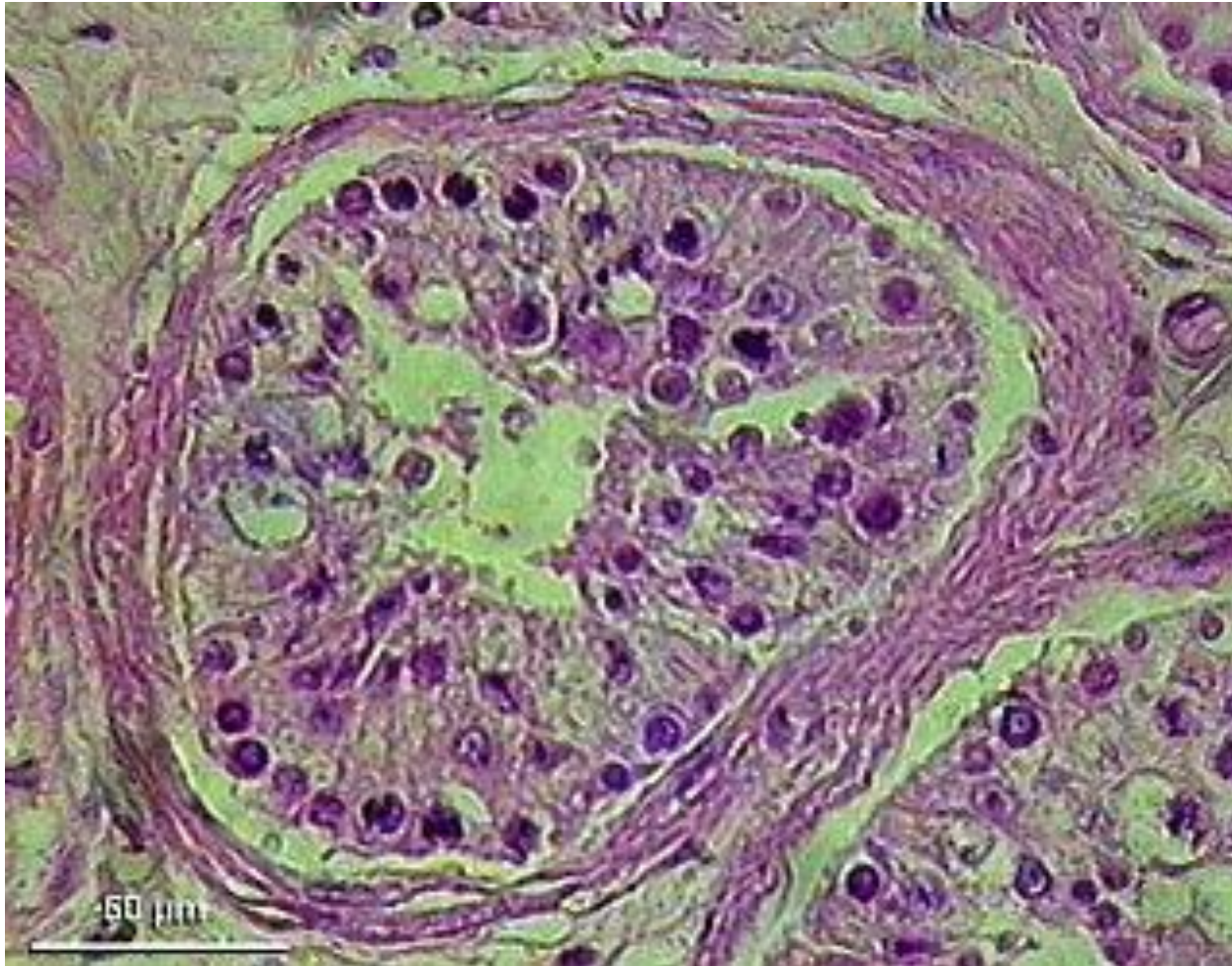
Section de tubes séminifères



sgD : spermatogonie Ad
sgB : spermatogonie B

sC : spermatocyte I
sD : spermatide

rc : reste cytoplasmique
sZ : spermatozoïde



Tube séminifère à paroi épaisse et sans spermatozoïde dans la lumière : il y a donc stérilité par azoospermie.

source : [Académie de Rennes](#)

PLAN

I- LA MEIOSE

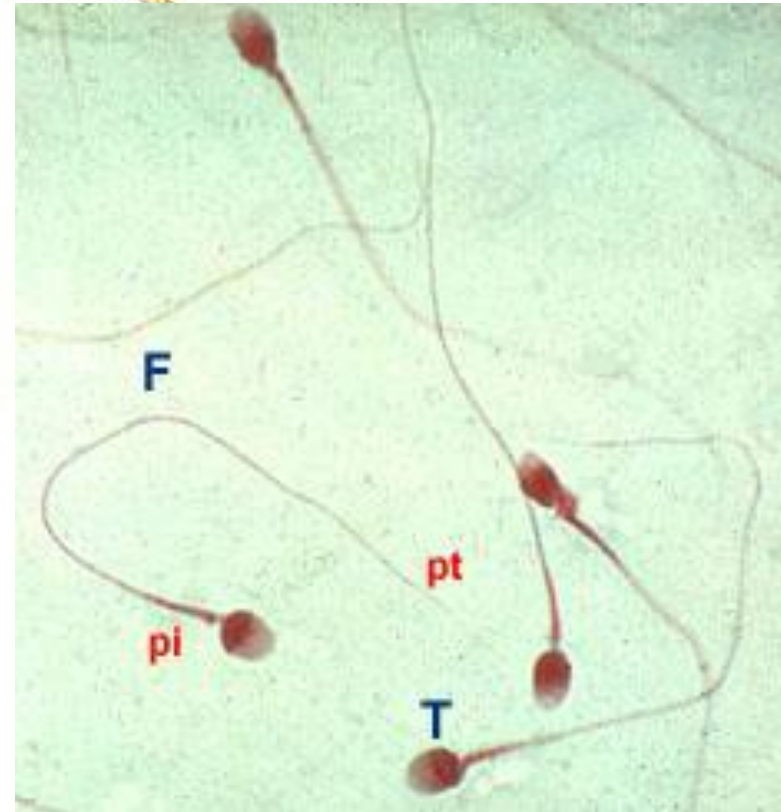
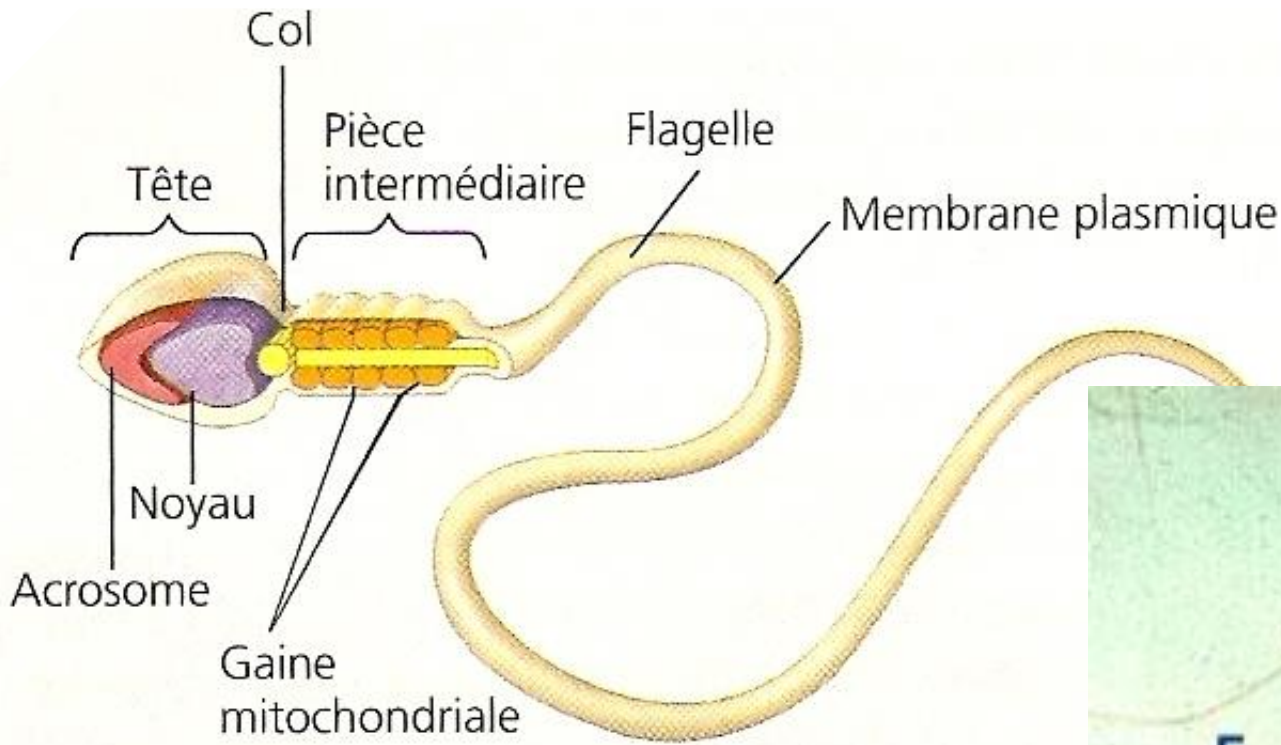
II- LA SPERMATOGENESE

II-1- Définition et siège

II-2- Déroulement de la spermatogenèse

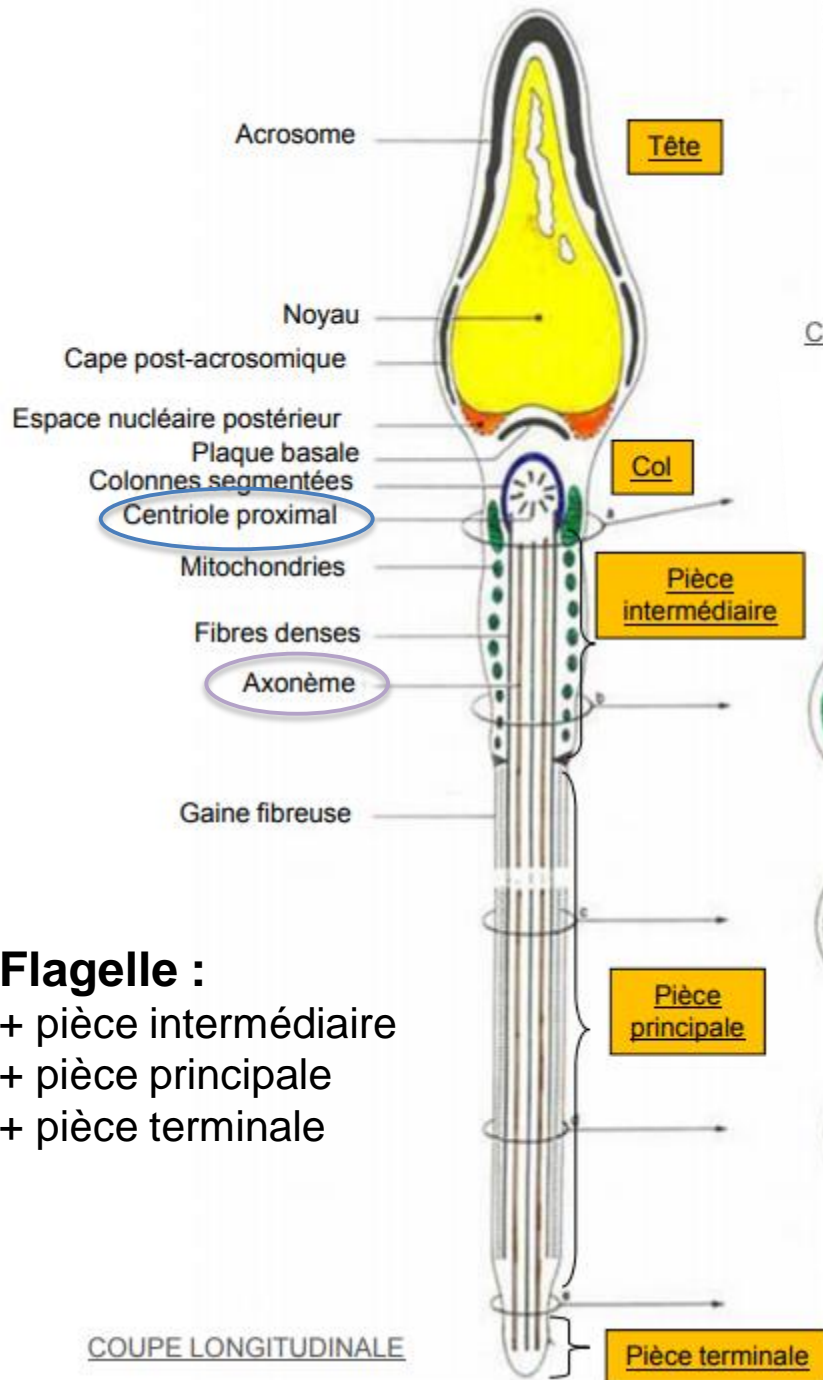
II-3- Le spermatozoïde

II-3 Le spermatozoïde



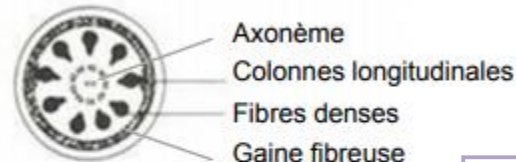
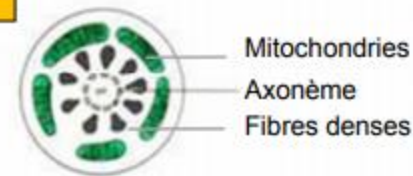
II-3 Le spermatozoïde

Ultra structure



Flagelle :
 + pièce intermédiaire
 + pièce principale
 + pièce terminale

COUPES TRANSVERSALES



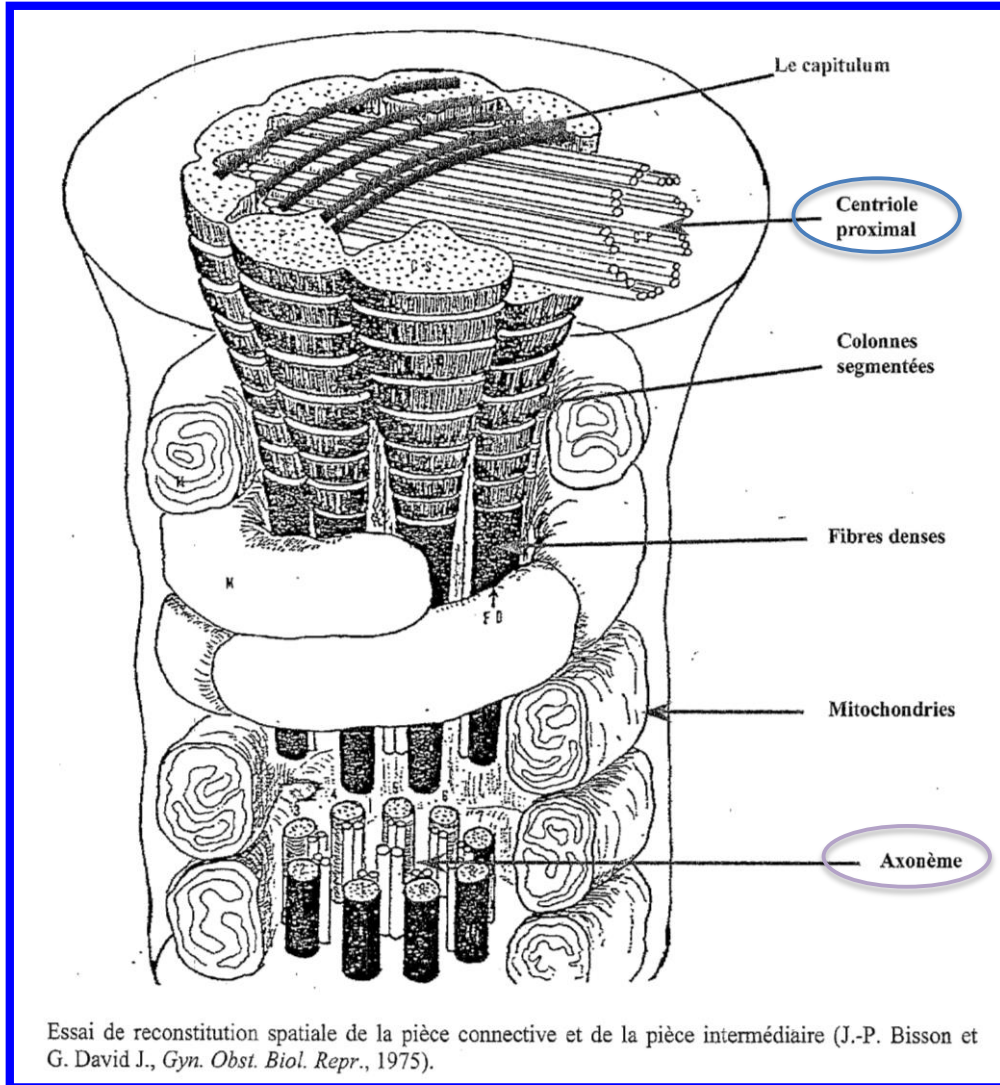
Centriole proximal :
 9 triplés de microtubules
 Pas de tubules centraux

Rôle dans la 1^{ère} division cellulaire après la fécondation

Axonème :
 origine : centriole distal
 9 doublets périphériques + 1 doublet central

II-3 Le spermatozoïde

Ultra structure

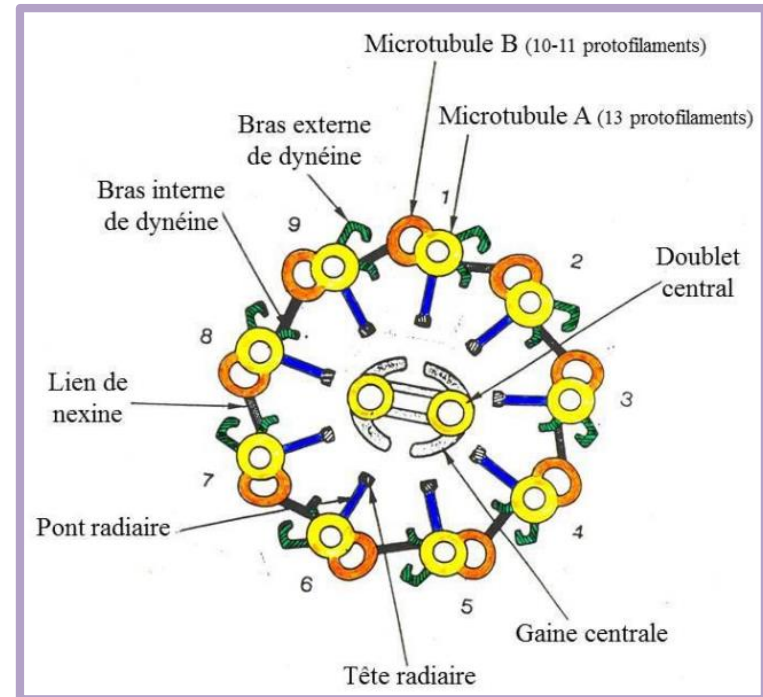


Pièce connective (= col, collet) :

- * plaque basale
- * centriole proximal

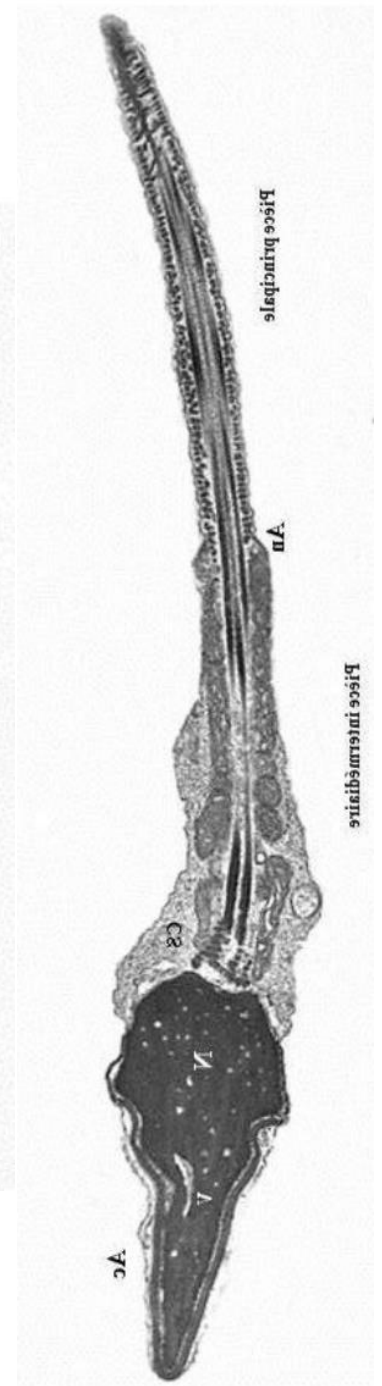
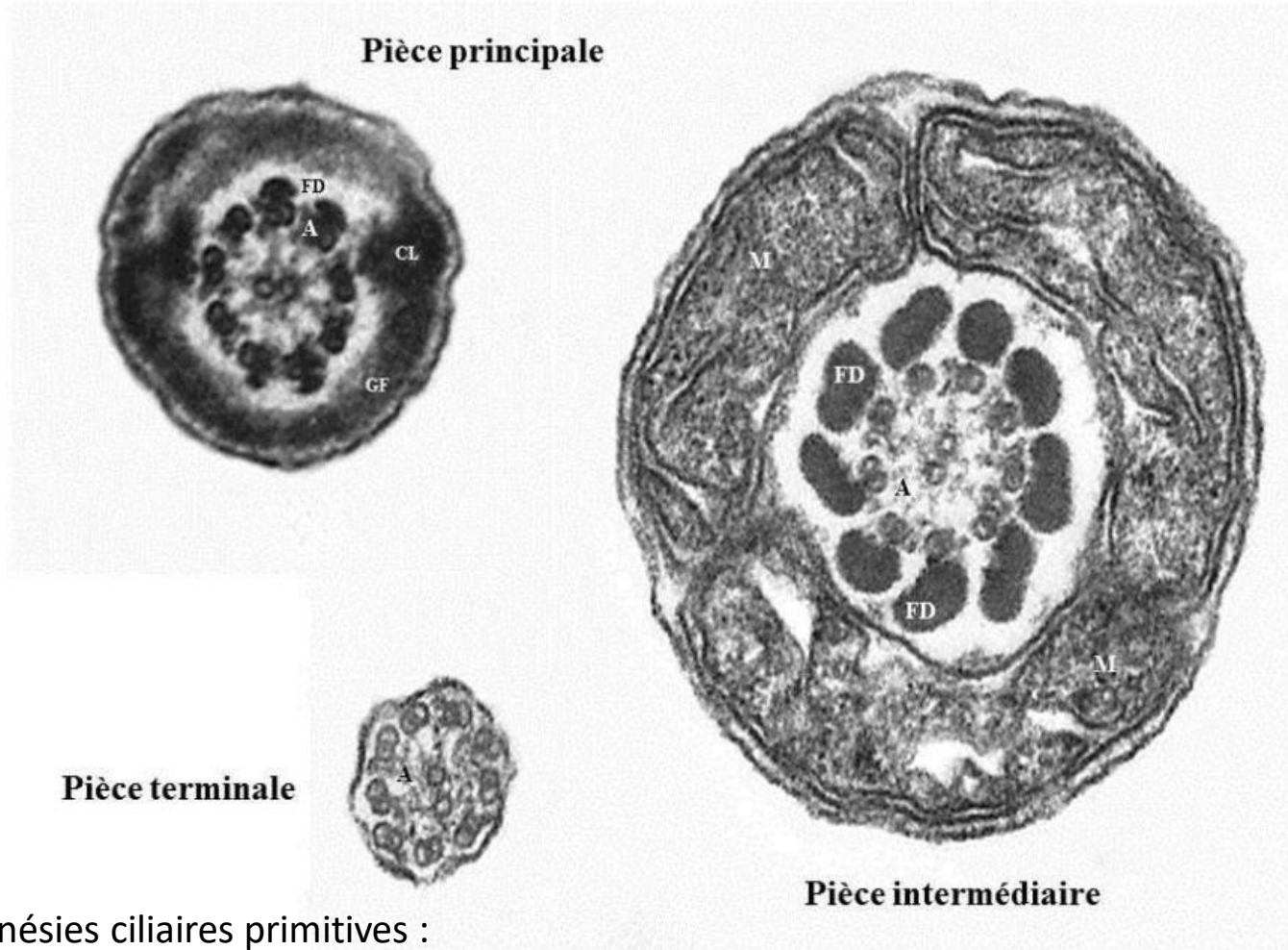
connexion entre la tête et le flagelle

- * 9 colonnes segmentées recouverte du capitulum



II-3 Le spermatozoïde

Ultra structure



Dyskinésies ciliaires primitives :

- le plus fréquent : absence des bras de dynéine externe
 - Atteintes des cils de l'organisme
 - Symptômes pulmonaires, symptômes ORL, absence de mouvement des spermatozoïdes

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

III- L'OVOGENESE

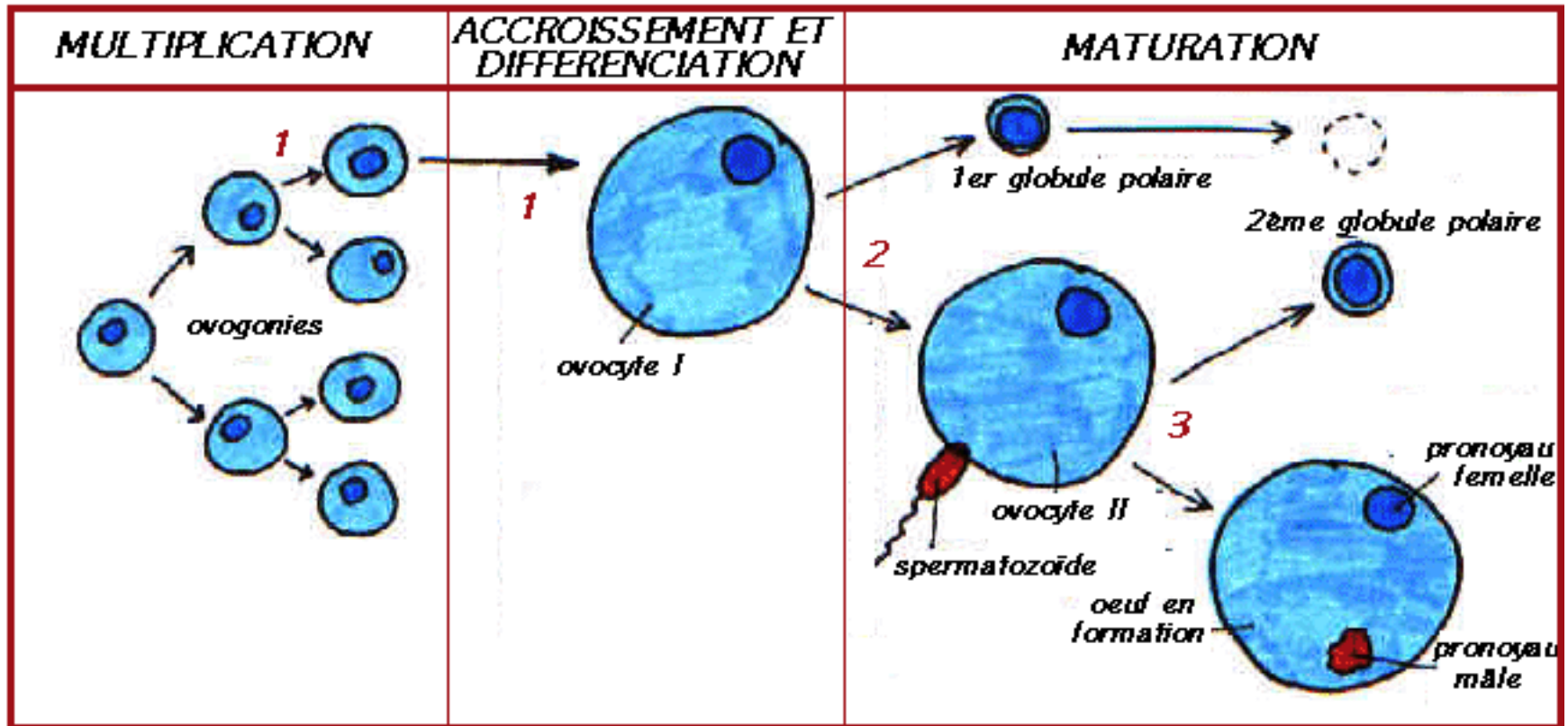
III-1- Définition

- Ensemble des phénomènes qui à partir des cellules souches, les **cellules germinales primordiales puis les ovogonies** aboutissent à la formation des **ovocytes**
- Phénomène **discontinu** qui débute pendant la vie embryonnaire et se termine avec la fécondation
- 3 étapes

III-1- Définition

- 3 étapes
 - La **multiplication** des cellules germinales primordiales (CGP) puis des ovogonies pendant la vie intra-utérine
 - La **méiose avec 2 blocages**
 - en prophase I dès la vie foetale
 - en métaphase II à partir de la puberté
 - La **différenciation** du gamète femelle

III-1- Définition



VIE
EMBRYONNAIRE

VIE FŒTALE

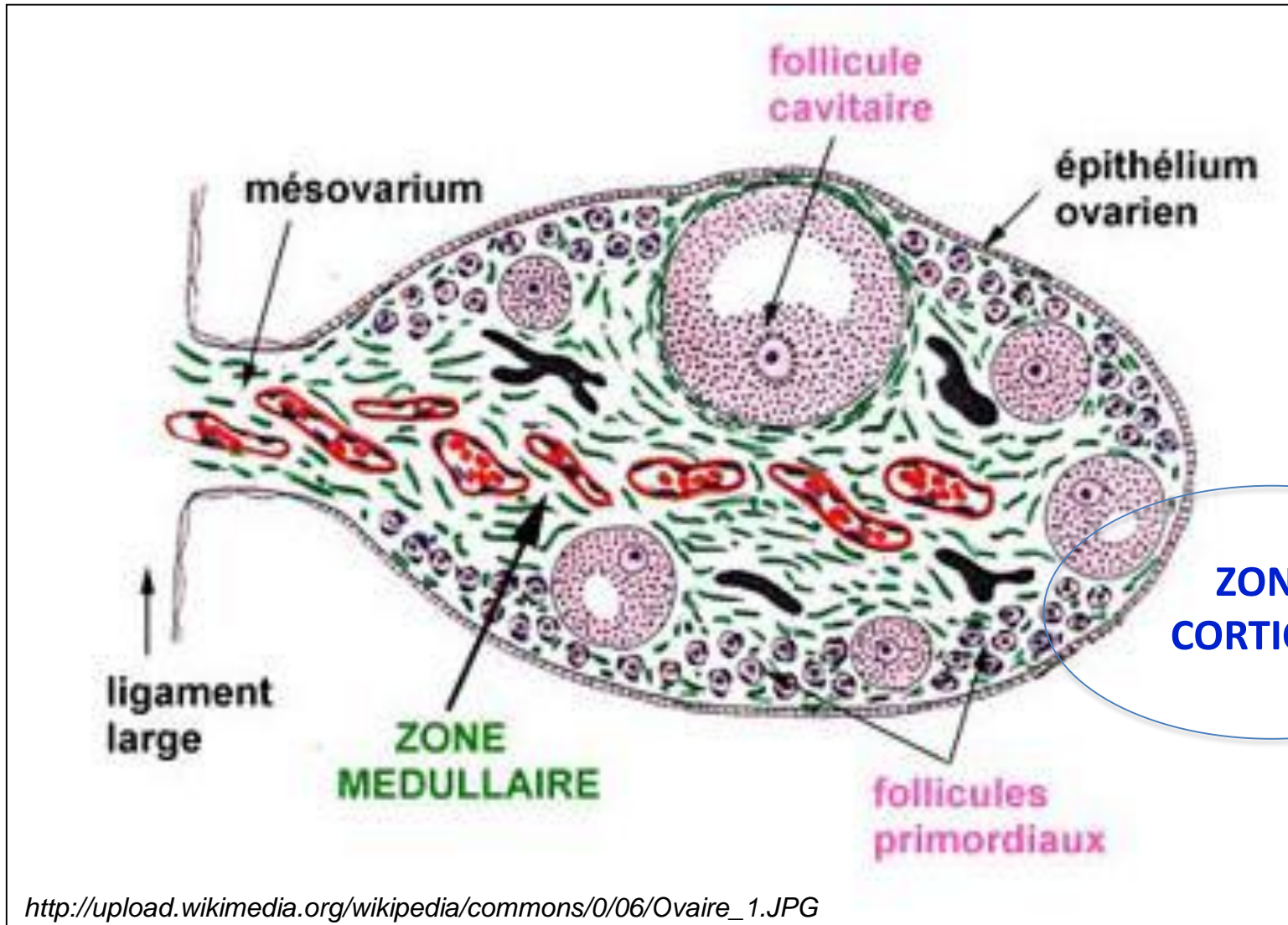
MENOPAUSE

PUBERTE

MENOPAUSE

III-1- Siège

Lieu de l'ovogenèse : zone corticale ou cortex de l'ovaire



III-1- Siège

Fonction exocrine :

Ovogenèse

Ovocyte prêt à être fécondé

Fonction endocrine :

Stéroïdes sexuels

→ Œstrogène et progestérone

Unité fonctionnelle = follicule ovarien

Renferme l'ovocyte

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

III- L'OVOGENESE

III-1- Définition et siège

III-2- Déroulement de l'ovogenèse

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

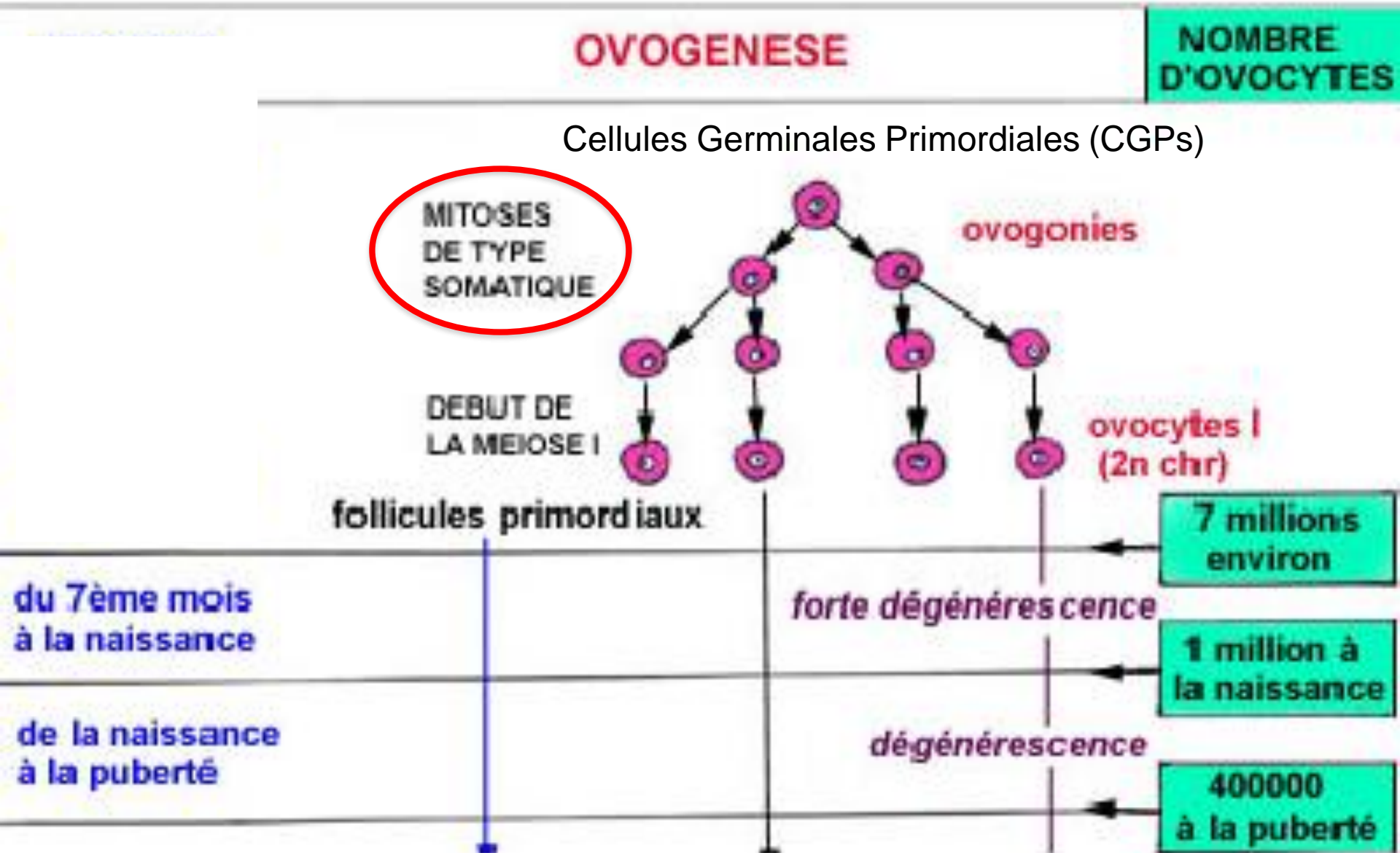
III- L'OVOGENESE

III-1- Définition et siège

III-2- Déroulement de l'ovogenèse

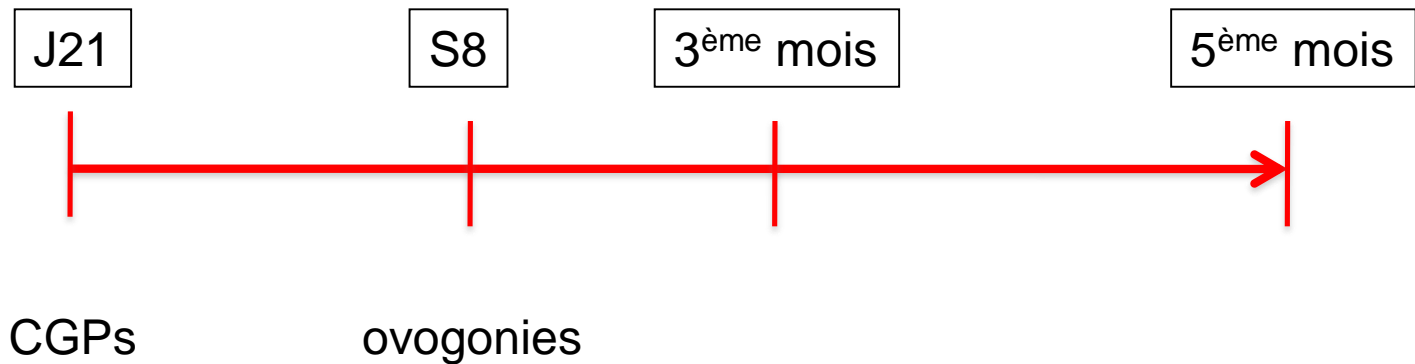
A- Multiplication des ovogonies

A- Multiplication des ovogonies

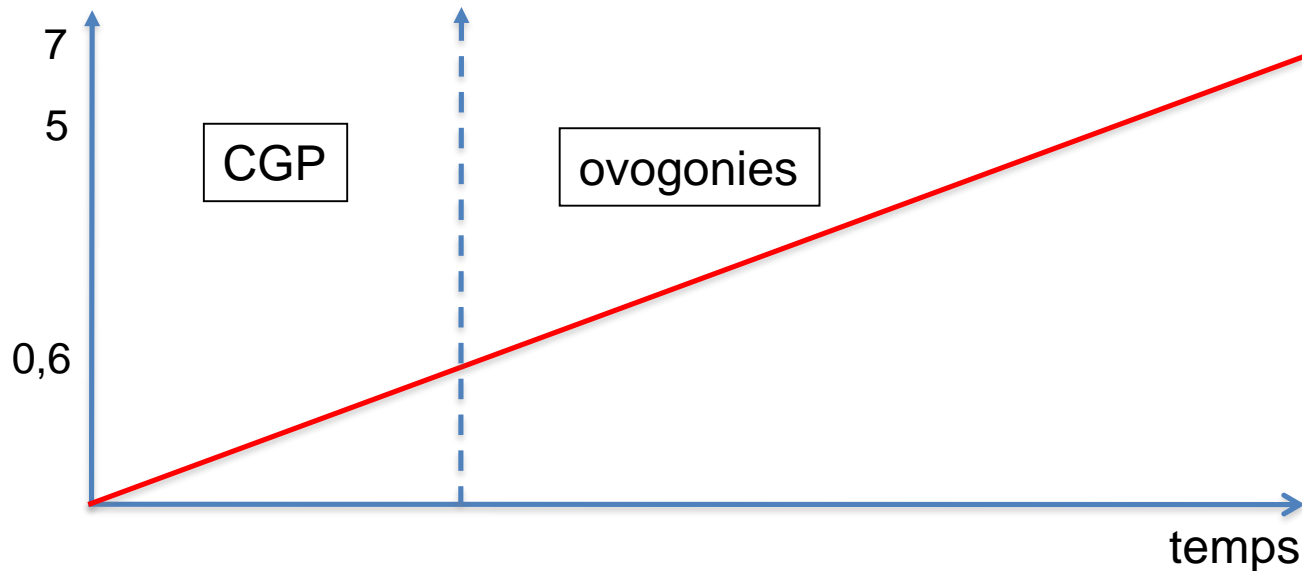


A- Multiplication des ovogonies

MULTIPLICATION



Nb de CGP - ovogonies en M



A- Multiplication des ovogonies

- Réserve ovarienne dès la vie embryonnaire
- Constitution d'un stock non renouvelable
 - Mitoses des CGP (gonade indifférenciée)
 - de J21 à la 8^{ème} SD
 - Mitoses des ovogonies (gonade différenciée) (vie foetale)
 - de la 8^{ème} SD au 5^{ème} mois de la vie foetale

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

III- L'OVOGENESE

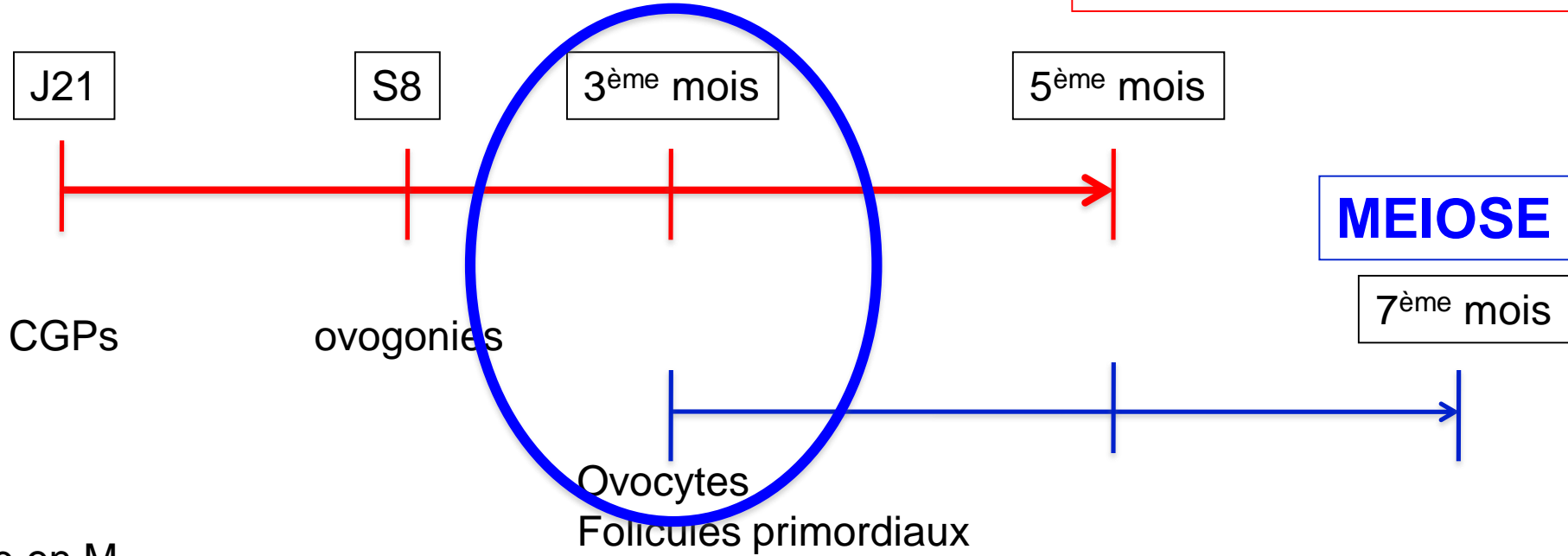
III-1- Définition et siège

III-2- Déroulement de l'ovogenèse

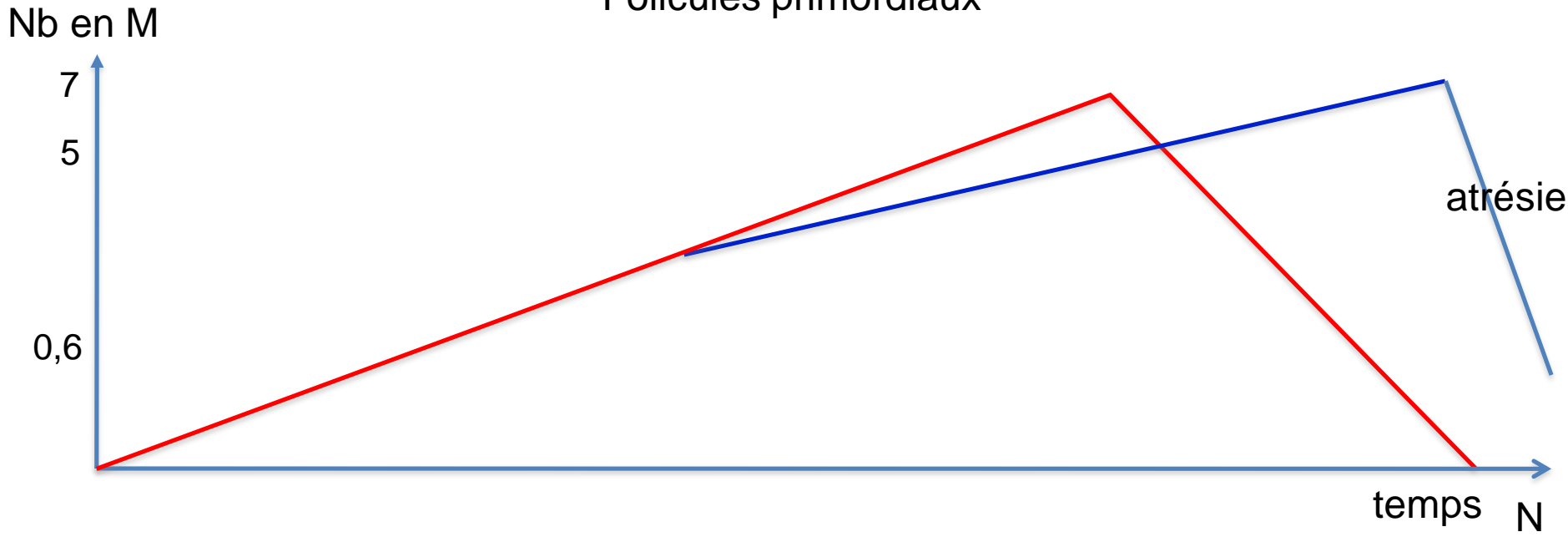
A- Multiplication des ovogonies

B- La méiose

MULTIPLICATION



MEIOSE



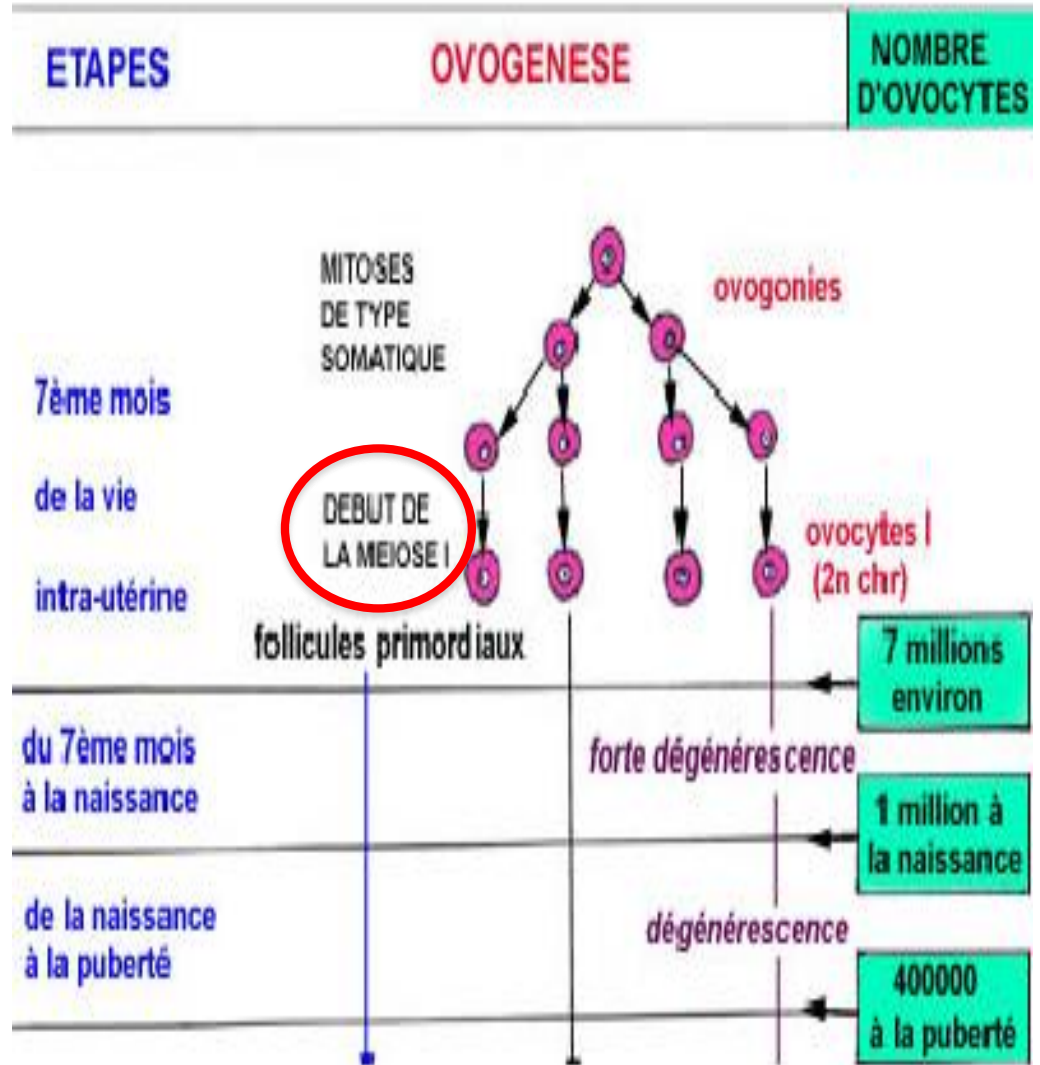
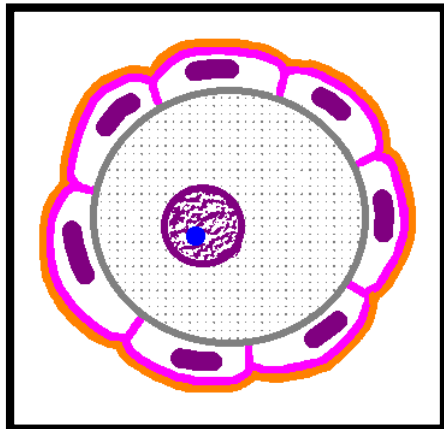
B- La méiose

a- blocage en prophase I

- débute au 3^{ème} mois de la vie in utero
 - une partie des ovogonies au sein des cordons cellulaires deviennent des **ovocytes** qui entrent en méiose au sein d'un follicule primordial **après réplication de l'ADN**
 - **blocage en prophase I stade diplotène**
- 7^{ème} mois de la vie utéro :
 - stock non renouvelable d'ovocytes I
 - il n'y a plus d'ovogonies
 - début de l'apoptose, du phénomène d'atrésie



« **Vésicule germinative** »
 Ovocyte I bloqué en
 prophase I stade diplotène
 (2N, 4C) au sein du follicule
 primordial



B- La méiose

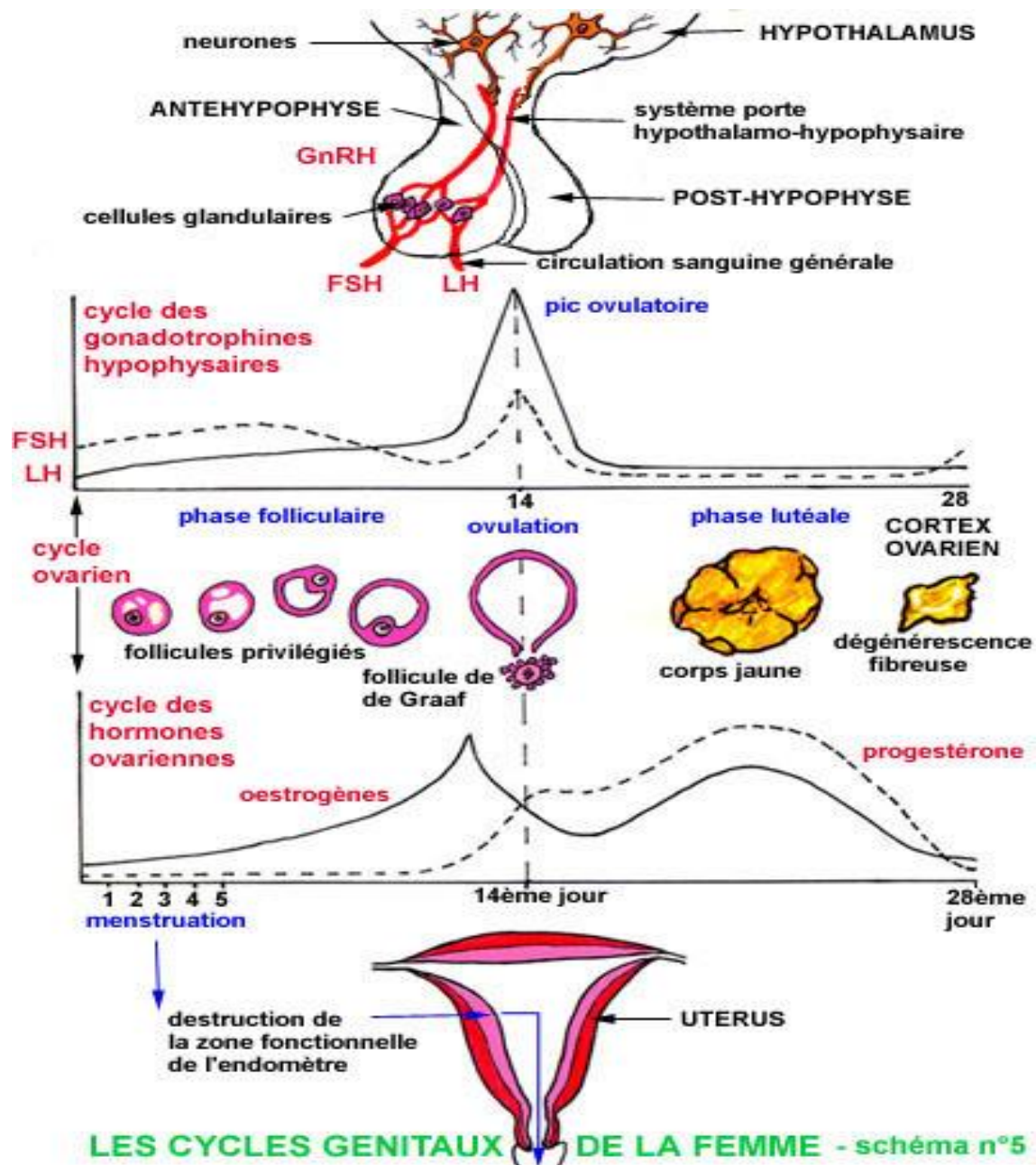
a- blocage en prophase I

- Blocage en prophase I diplotène :
 - Les ovocytes sont entourés d'une couche de cellules folliculeuses : follicules primordiaux
 - Durée du blocage +/- long car la méiose ne reprend qu'en cas d'ovulation (puberté – ménopause)
- Physiologie du blocage
 - Jonctions entre les cellules folliculeuses et l'ovocyte
 - Les cellules folliculeuses sécrètent un facteur inhibiteur de la méiose l'OMI (*Oocyte Meiosis Inhibitor*) qui agit via l'AMPc

B- La méiose

b- reprise de la méiose et blocage en métaphase II

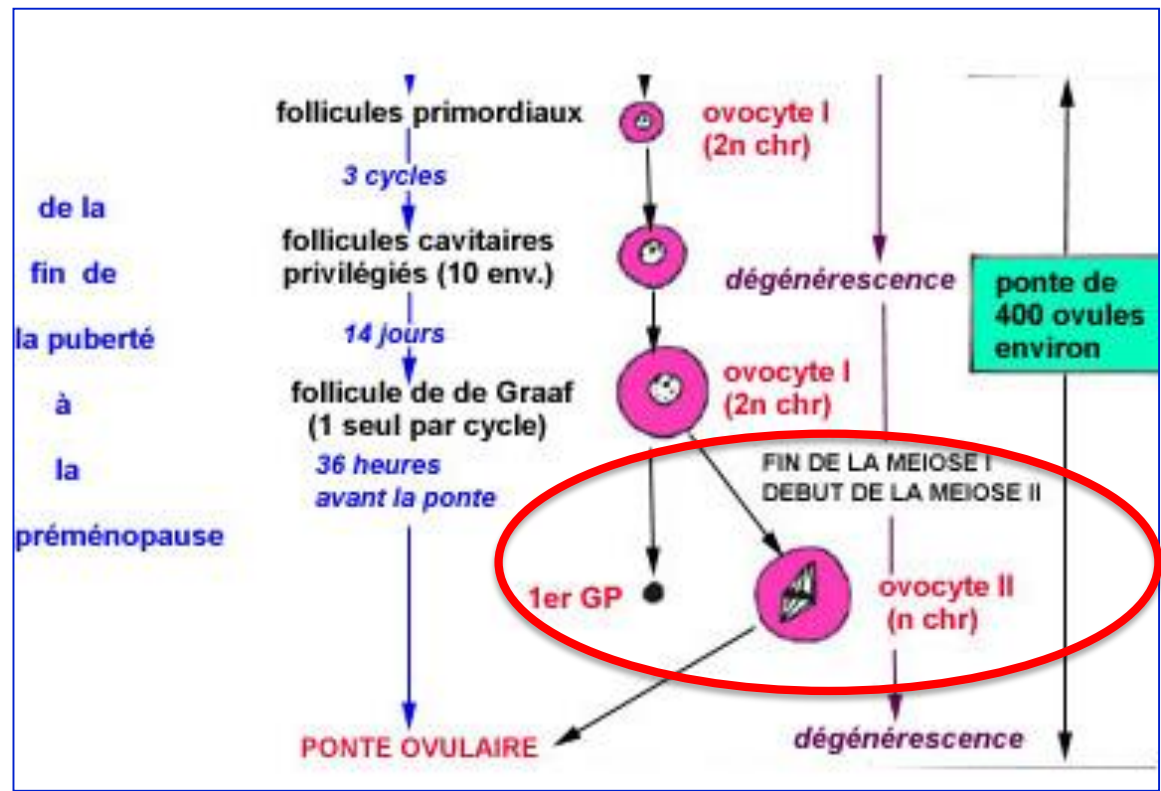
- Puberté :
 - Mise en place de l'activité hypothalamo-hypophysaire
 - Croissance folliculaire
 - Reprise de la méiose peu de temps avant l'ovulation : émission du 1^{er} globule polaire et ovocyte II : **blocage en métaphase II**



B- La méiose

b- reprise de la méiose et blocage en métaphase II

- Physiologie
 - Rupture des jonctions entre les cellules folliculeuses et l'ovocyte : levée d'inhibition
 - ⇒ maturation ovocytaire
 - ⇒ reprise de la méiose 12h avant l'ovulation, après le pic de LH puis **blocage en métaphase II** (rôle de facteurs cytoplasmiques ovocytaires)



1^{er} globule polaire
(n chromosomes,
2C chromatides)
Cellule HAPLOIDE

OVOCYTE II
(n chromosomes,
2C chromatides)
Cellule HAPLOIDE

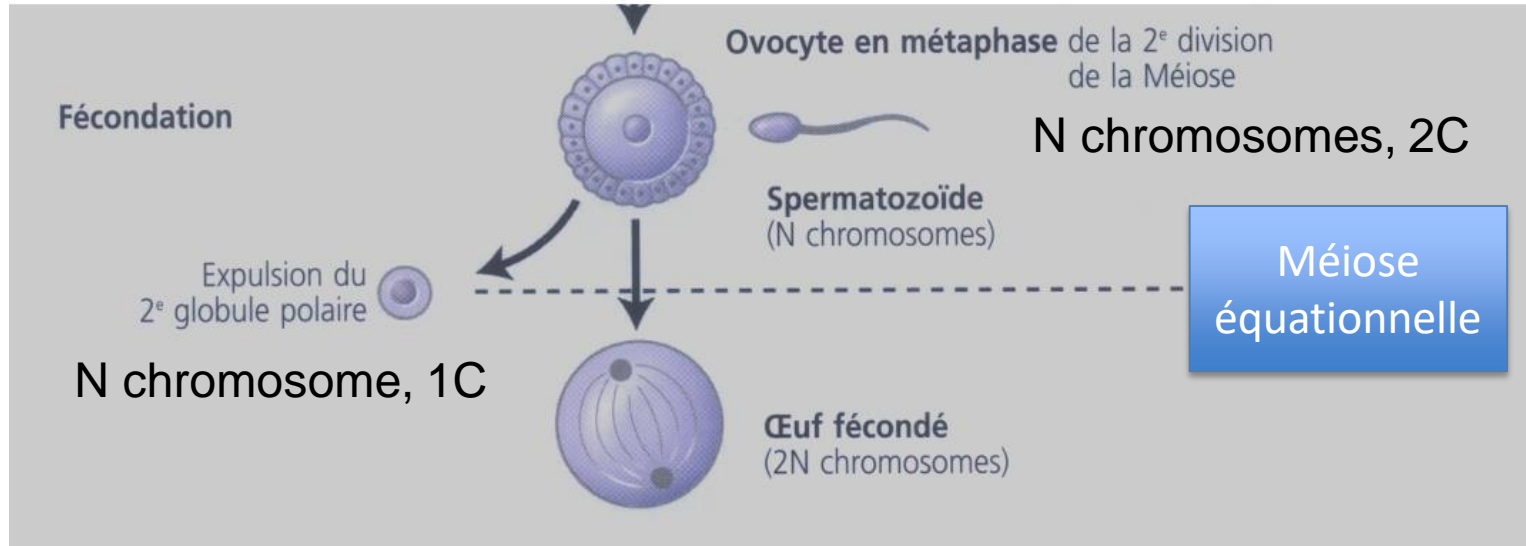
B- La méiose

c- maturation et croissance ovocytaire

- augmentation du **diamètre** de l'ovocyte (50-120 μm)
- synthèse massive d'**ARNm maternels**
- formation des **granules corticaux** d'origine golgienne qui migrent en périphérie
- achèvement de la **méiose I** : **vésicule germinative centrée -> excentrée -> émission du 1^{er} GP**
- blocage en **métaphase II**
 - Rôle des facteurs cytoplasmiques ovocytaires

B- La méiose

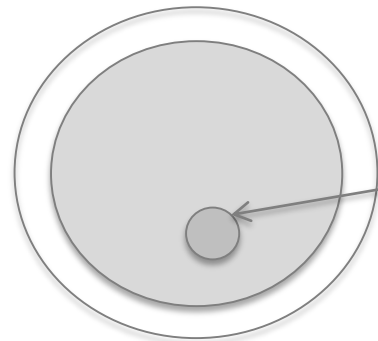
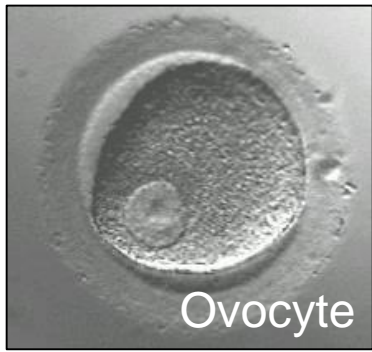
d- achèvement de la méiose



Uniquement si Fécondation
avec émission du 2^{ème} globule polaire

2^{ème} globule polaire
(N chromosomes,
C chromatides)



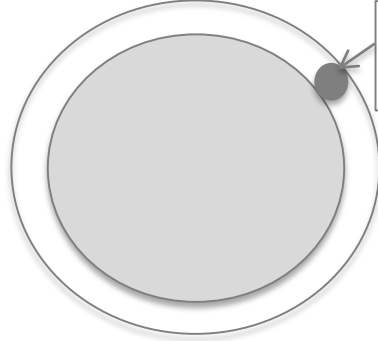


Ovocyte I (**2N, 4C**)
noyau dictyé =
vésicule
germinative

PROPHASE I
diplotène

PI diacinèse
Métaphase I
Anaphase I
Télophase I
Prophase II

Reprise méiose I si ovulation
après le pic de LH



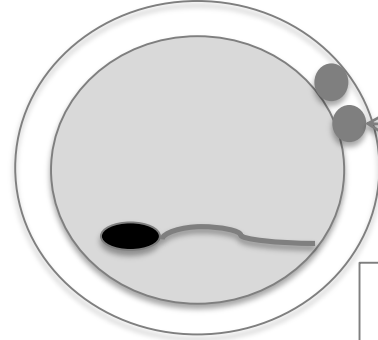
1^{er} GP : globule polaire
(**1N, 2C**)

Ovocyte
II
(**1N, 2C**)

METAPHASE II

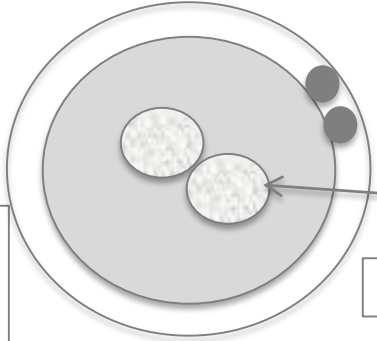
Reprise méiose II si fécondation

FECONDATION



2^{ème} GP
(**1N, 1C**)

Ovocyte fécondé
(**1N, 1C**) d'origine maternelle
+ (**1N, 1C**) d'origine
paternelle



2 PN

Zygote

PI : prophase I
GP : globule polaire
PN : pronoyau
LH : Hormone lutéinisante

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

III- L'OVOGENESE

III-1- Définition et siège

III-2- Déroulement de l'ovogenèse

A- Multiplication des ovogonies

B- La méiose

C- Dynamique de l'ovogenèse

C- Dynamique de l'ovogenèse

- Processus discontinu, 2 blocages
 - Vie foetale – puberté (prophase I)
 - Puberté – ménopause (métaphase II)
- A partir de la puberté : production cyclique d'un ovocyte II
- Durée de l'ovogenèse complète : 12 – 50 ans
- Phénomène d'atrésie +++++

C- Dynamique de l'ovogenèse

- Bilan :
 - 5^{ème} mois de vie in utero : 5-7 M d'ovogonies
 - 7^{ème} mois de vie in utero : 7 M de follicules primordiaux (ovocyte I)
 - Naissance : 1 M follicules primordiaux
 - Début de puberté : 400 000 follicules primordiaux
 - 400 ovulations donc reprise de méiose et blocage en métaphase II
- Atrésie : phénomène majeure
 - 80 % atrésie des follicules à la naissance

PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

III- L'OVOGENESE

III-1- Définition et siège

III-2- Déroulement de l'ovogenèse

A- Multiplication des ovogonies

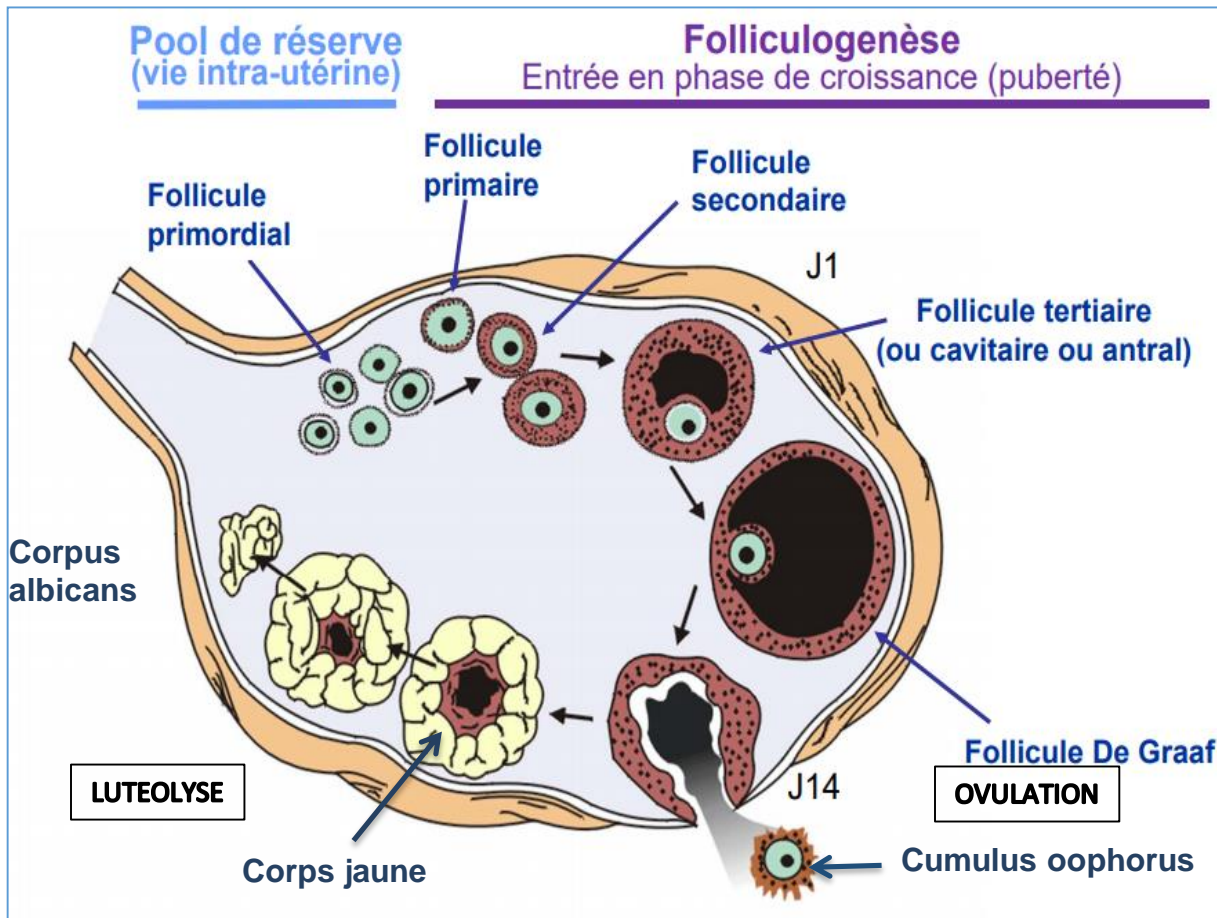
B- La méiose

C- Dynamique de l'ovogenèse

III-3- Folliculogenèse

III-3- Folliculogenèse

- Indispensable à l'ovogenèse

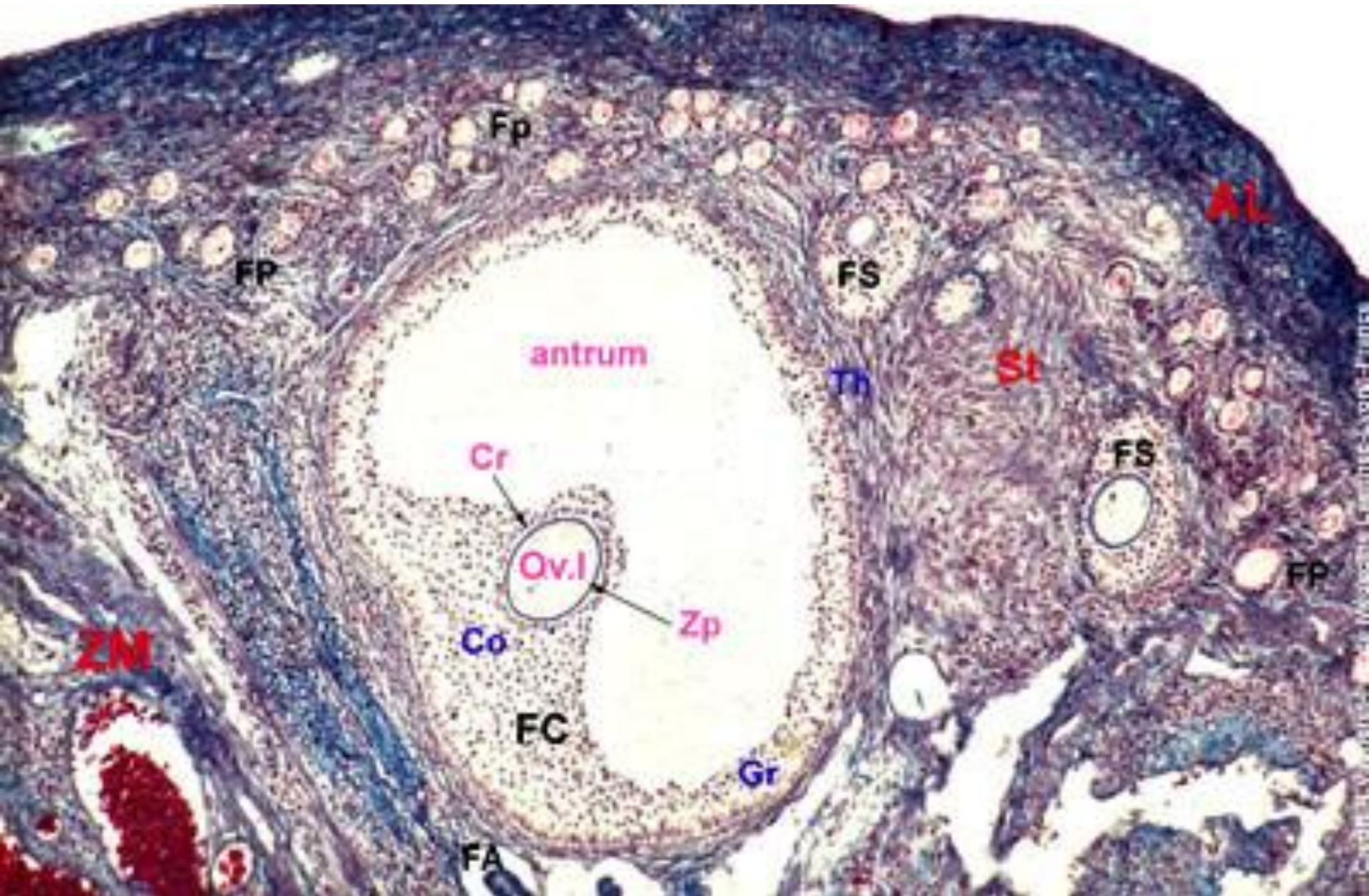


Folliculogenèse

- Follicule primordial
- Follicule primaire
- Follicule secondaire
- Follicule tertiaire ou antral ou cavitaire
- Follicule pré-ovulatoire ou de De Graaf



Ovaire



PLAN

I- LA MEIOSE

II- LA SPERMATOGENESE

III- L'OVOGENESE

III-1- Définition et siège

III-2- Déroulement de l'ovogenèse

III-3- Les follicules

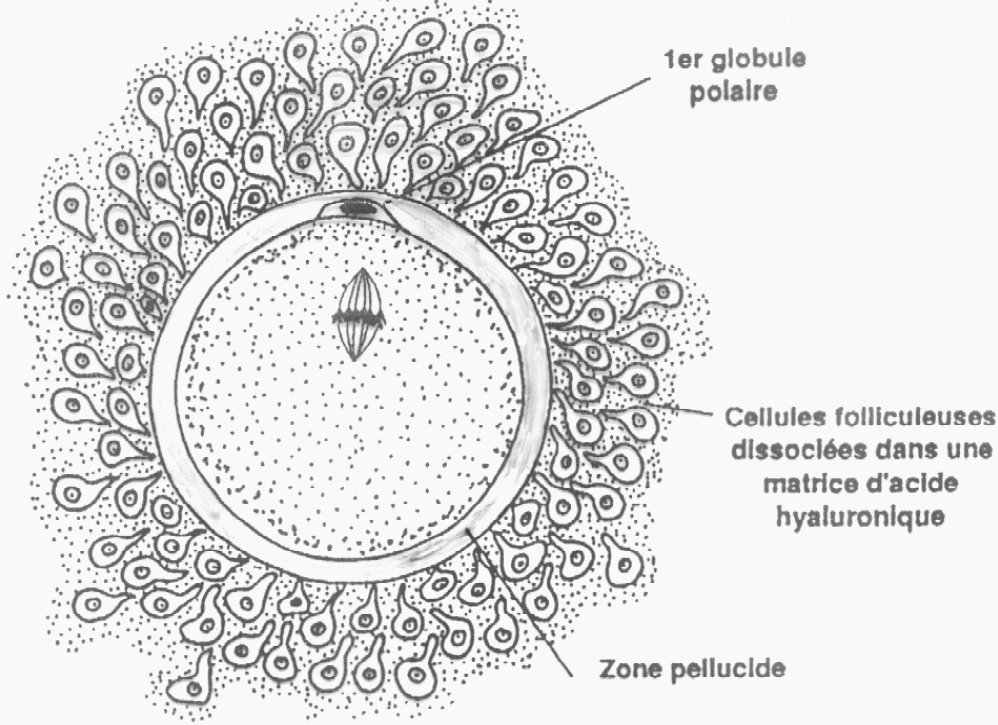
III-4- L'ovulation

III-4- L'ovulation

- Aboutit à la libération du cumulus oophorus dans la cavité péritonéale
- Suite à des modifications hormonales
 - Les cellules folliculeuses acquièrent des récepteurs à la LH
 - Inversion du rétrocontrôle de l'oestradiol sur l'axe hypothalamo-hypophysaire : pic de LH 36 heures avant l'ovulation
 - Reprise de la méiose 12 heures avant l'ovulation

**OVOCYTE II
EN
METAPHASE**

(gamète fécondable)



Le cumulus oophorus

Ovocyte II
Zone pellucide
Corona radiata
Cellules folliculeuses autres

Stigma

Ovocyte II expulsé
avec sa corona radiata

Epithélium ovarien

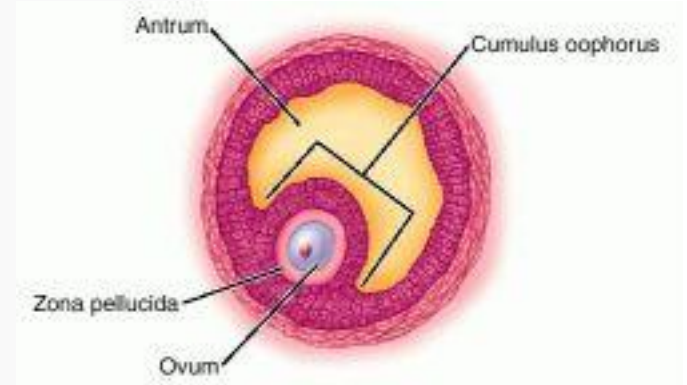
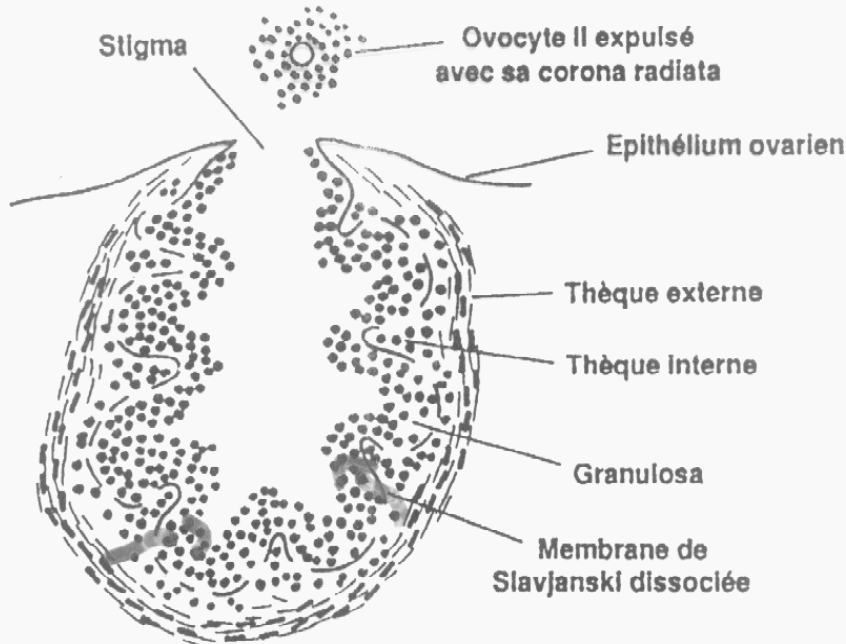
Thèque externe

Thèque interne

Granulosa

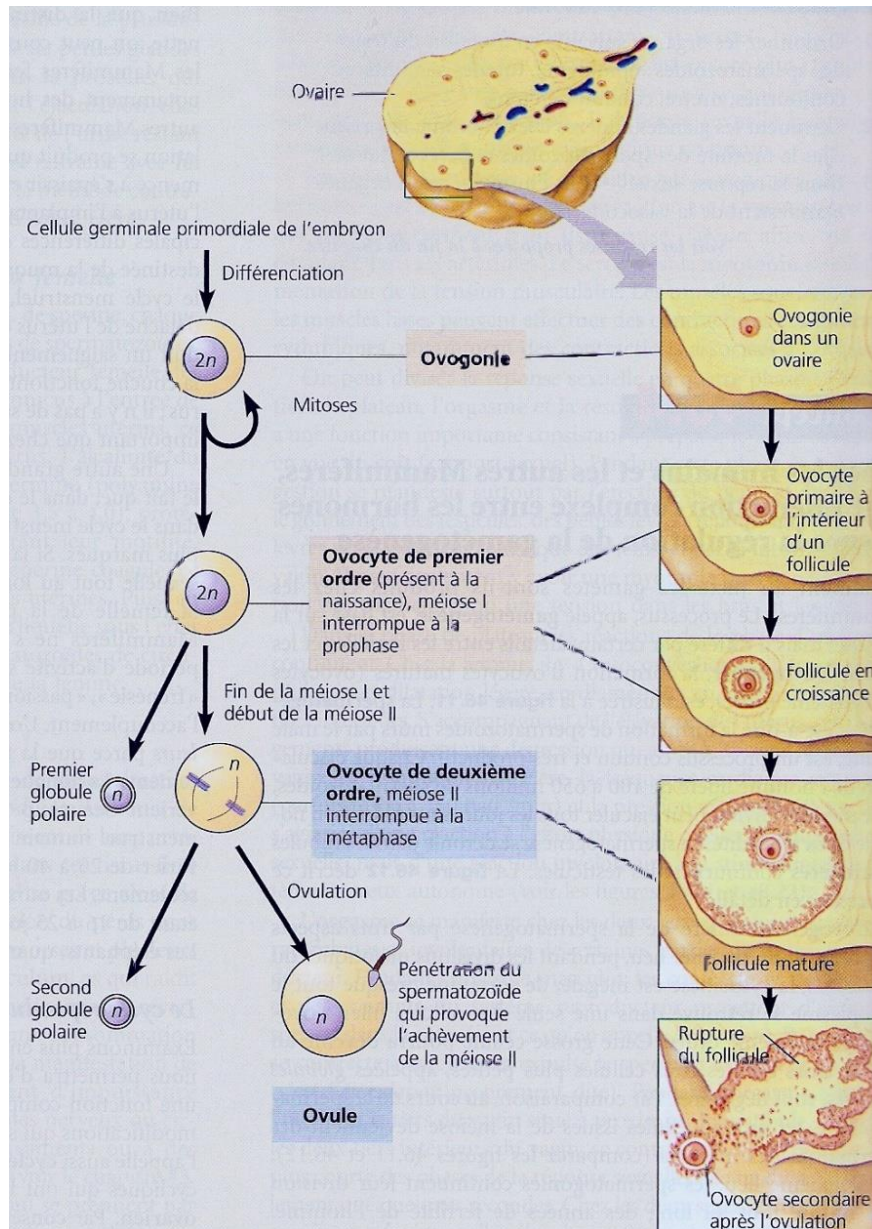
Membrane de
Slavjanski dissociée

**FOLLICULE
DEHISCENT**



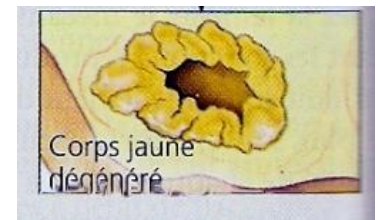
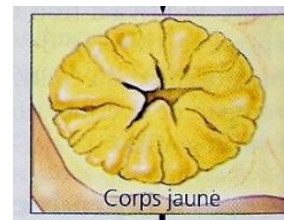
http://img.tfd.com/dorland/thumbs/cumulus_oophorus.jpg

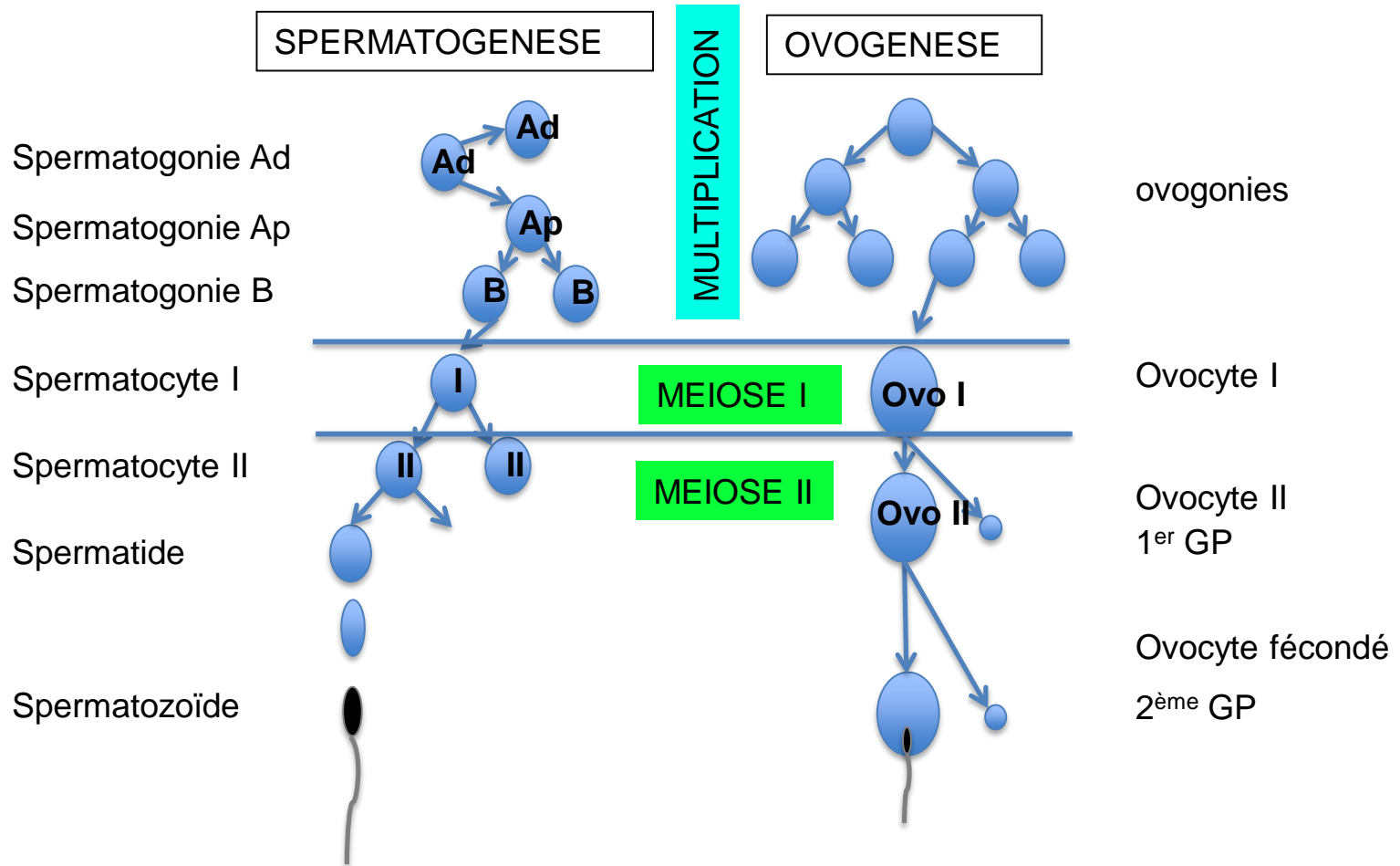
Ovogenèse au sein des follicules



PUBERTE

PIC DE LH





Lieu : tubes séminifères (testicule)
Début puberté - Fin : sénescence
Phénomène CONTINU
Gamète : SPERMATOZOÏDE

Lieu : follicule ovarien (cortex ovarien)
Début : in utero _ Fin : ménopause
Phénomène DISCONTINU
Gamète : ovocyte II (méiose inachevée)

1 spermatogonie Ap → 16 spz

1 ovogonie → 1 ovocyte II

GAMETOGENESE

3 étapes **Multiplication**
Méiose

Maturation des gamètes

SPERMATOGENESE

Tubes séminifères

SPERMATOGONIES

SPERMATOZOIDES

continue, complète

courte : 74 jours

Début : PUBERTE

Fin : « MORT »

OVOGENESE

Follicules

OVOGONIES

OVOCYTES II

discontinue et incomplète

longue : 12-50 ans

Début : IN UTERO

Fin : MENOPAUSE

Etapes et calendrier de la gamétogenèse

Calendrier	Spermatogenèse	ETAPES	Ovogenèse	Calendrier
Puberté	Spermatogonies	MITOSES (46 ch, 2-4 C ADN)	Ovogonies	In utero
	Spermatocytes I		Ovocyte I	Naissance
	Spermatocytes II	MEIOSE I (23 ch, 2C ADN)	Ovocyte II (1 ^{er} GP)	Puberté <i>Ovulation</i>
	Spermatides	MEIOSE II (23 ch, 1C ADN)	2 ^{ème} globule polaire de l'ovocyte II	<i>Fécondation</i>
Mort	Spermatozoïdes	MATURATION	Oeuf fécondé	Ménopause



<http://jeanvilarsciences.free.fr/images/quatriemes/repro%20homme/ovulation.jpg>