

Module- Génétique
Série 03: Transmission de l'information génétique

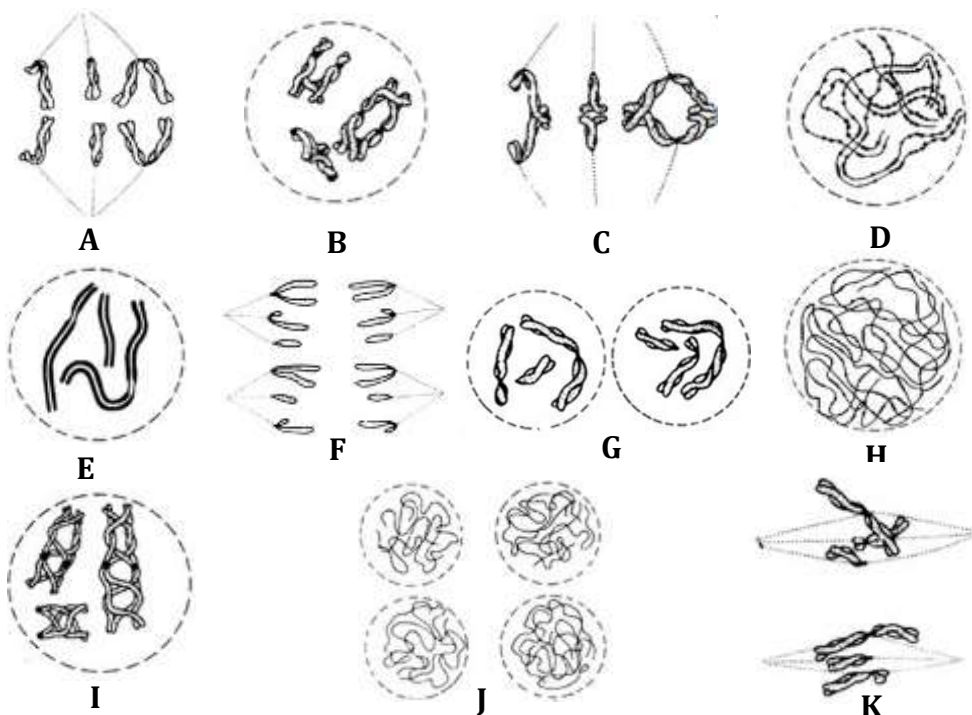
Exercice 01 : Des cellules animales sont mises en culture dans une série de boîtes de Pétri, où elles se multiplient pour former un tapis cellulaire au fond des boîtes. La densité cellulaire (le nombre de cellules par unité de surface) est déterminée à différents temps :

Temps (h)	t_0	$t_0 + 40$	$t_0 + 80$	$t_0 + 120$	$t_0 + 140$	$t_0 + 160$
Cellule/cm ²	2500	10 000	40 000	160 000	200 000	200 000

1. Construire la courbe d'évolution de la densité cellulaire en fonction du temps. On prendra impérativement comme échelle : 1cm pour 10 h et 1cm pour 10 000 Cellules/cm²
2. Repérer et nommer les différentes parties significatives de la courbe.
3. Pendant la première phase, combien de temps dure un cycle cellulaire ? Combien de cycles cellulaires se sont produits entre t_0 et $t_0 + 120$ h? (on considérera que les divisions sont synchrones)
4. Sachant qu'à $t_0 + 160$ h, le milieu nutritif n'est pas épuisé, tenté d'expliquer la dernière partie de la courbe en formulant une ou plusieurs hypothèses possibles.

Exercice 2: les schémas présentés ci-dessous correspondent à des cellules isolées des lignées germinales d'individus possédant trois paires de chromosomes.

1. Identifiez le stade de chaque schéma.
2. Déterminez le nombre de chromosome et de molécule d'ADN dans chaque cellule.



Exercice 03 : *Arabidopsis thaliana* est une plante possédant un génome à ADN double brin, de 130 megabases réparties sur cinq chromosomes ($2n=10$), dont la taille moyenne de chaque chromosome métaphasique est estimée par $2.85 \mu\text{m}$.

1. Calculez le rapport de condensation d'ADN ?
2. Comment cet empaquetage est réalisé ?
3. Combien de gamètes différents peuvent être produits par cette espèce ?
4. Quelle est la probabilité d'obtenir un gamète dont tous les chromosomes sont de la même origine (femelle ou mâle) ?

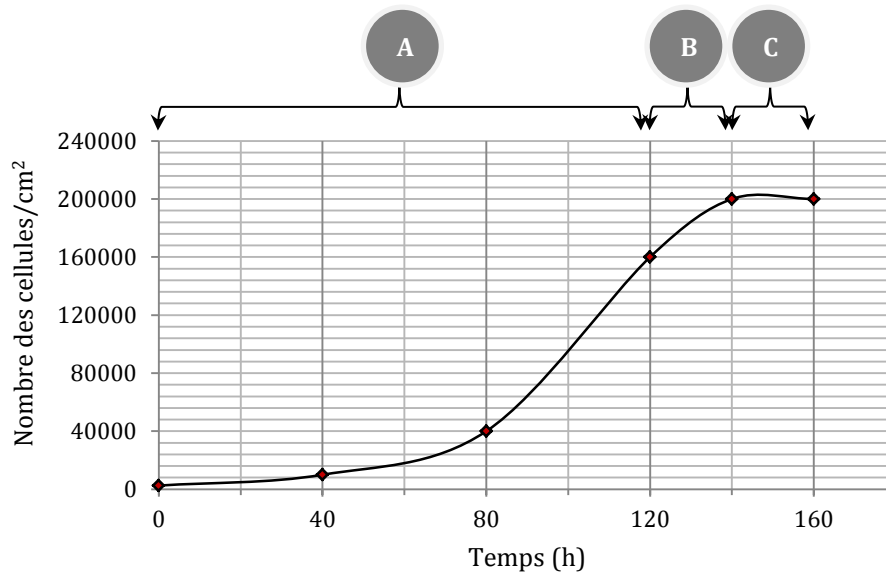
Exercice 04 : Chez le cheval $n=30$, alors que chez l'âne $n=33$. Considérons la mule, produit d'un croisement entre un âne et une jument.

1. Chez cet animale, quel est le nombre de chromosomes que contient une cellule diploïde ?
2. Quel est le nombre maximum de bivalents qui peuvent être formés en prophase I ?

Corrigé type

Exercice 01

1. Traçage de la courbe : Evolution de la densité cellulaire en fonction du temps



Evolution de la densité cellulaire en fonction du temps

2. Nomination des différentes parties significatives de la courbe : Trois phases à noter

- Phase exponentielle (de t_0 à $t_0 + 120$ h) : la croissance est très rapide avec quadruplement du nombre de cellules tous les 40 h.
- Phase de ralentissement (de $t_0 + 120$ à $t_0 + 140$ h) : la croissance de la population cellulaire se ralentit.
- Phase d'arrêt (de $t_0 + 140$ h) : la croissance est stoppée.

3. Pendant la première phase, un cycle cellulaire ne dure donc que $40/2 = 20$ h. Entre t_0 et $t_0 + 120$ h se sont donc déroulés $120/20 = 6$ cycles cellulaires

4. **Explication du ralentissement puis l'arrêt de la croissance en fin d'expérience** : comme il n'est pas lié à une pénurie de substances nutritives, est sans doute lié à un manque d'espace : toute la surface de la boîte de Pétri serait alors couverte de cellules à partir de t_0+140 h.

Exercice 2 : de préférence de faire un tableau

Règle de comptage des chromosomes et d'ADN dans les cellules en division :

Le nombre de chromosomes = Le nombre de centromères fonctionnels

Le nombre de molécules d'ADN = Le nombre de chromatides

Le nombre d'ADN augmente seulement dans la phase S quand l'ADN se réplique. Son nombre est diminué seulement quand la cellule se divise.

Le nombre de chromosomes augmente seulement quand les chromatides sœurs se séparent en anaphase de la mitose, et en anaphase II de la méiose (en anaphase I de la méiose, c'est les

chromosomes homologues qui se séparent et non pas les chromatides sœurs). Le nombre de chromosomes diminue suite à la division cellulaire.

Stade	Nbr de chromosome	Nbr de molécule d'ADN
A. Anaphase 1 : séparation des chromosomes homologues.	6	12
B. Diacinèse : les chromosomes de chaque bivalent sont éloignés l'un de l'autre mais ils sont encore attachés au niveau de leur chiasmas.	6	12
C. Métaphase 1 : les bivalents sont alignés au milieu de la cellule formant la plaque équatoriale et ils sont encore attachés au niveau des chiasmas).	6	12
D. Zygotène : début de l'appariement des chromosomes homologues (formation des bivalents), qui sont plus condensés.	6	12
E. Pachytène : appariement total des chromosomes homologues (pour qu'il y aura les <i>crossing-over</i>)	6	12
F. Anaphase 2: séparation des chromatides sœurs	6	6
G. Prophase 2: chaque cellule contient la moitié du nombre initiale de chromosomes « bichromatidiens », et l'enveloppe nucléaire disparaît.	3	6
H. Leptotène : les chromosomes sont dupliqués, mais ils sont encore longs et fins.	6	12
I. Diplotène : les chromosomes homologues restent attachés par les nodules de recombinaison.	6	12
J. Télophase 2 : 4 cellules haploïdes comportant la moitié du nombre de chromosomes « monochromatidiens » de la cellule mère	3	3
K. Métaphase 2: les chromosomes sont alignés sur la plaque équatoriale	3	6

Remarque : Les phases : B, D, E, H et I représentent la prophase I.

Exercice 03

1. Calcule du rapport de condensation

Rapport de condensation = longueur du chromosome/longueur de la molécule d'ADN qu'il contient

La longueur du chromosome métaphasique : 2.85 μm .

En suppose que tous les chromosomes d'*Arabidopsis thaliana* ont la même longueur, on peut calculer la longueur d'une molécule d'ADN d'un seul chromosome de la manière suivante :

La longueur d'ADN des 5 chromosomes : 130×10^6 pb (1 megabase = 10^6 paires de bases), donc la longueur d'ADN d'un seul chromosome = $130 \times 10^6 / 5 = 26 \times 10^6$ pb.

Comme la distance entre deux paires de bases est 0.34 nm ($0.34 \text{ nm} = 0.34 \times 10^{-3} \mu\text{m}$), donc :

la longueur d'ADN composant un chromosome : $26 \times 10^6 \times 0.34 \times 10^{-3} = 8.84 \times 10^3 \mu\text{m}$, par la suite :

Rapport de condensation = $2.85 / 8.84 \times 10^3 = 32.23 \times 10^{-5}$.

2. Empaquetage : *Vous n'êtes pas obligé de leur donner toute cette explication en détaille, elle est dans le cours (chapitre I : matériel génétique)*

Les génomes des cellules eucaryotes sont constitués de plusieurs chromosomes contenant chacun une molécule d'ADN linéaire. Il existe différents niveaux de compaction de la molécule d'ADN, donnant à la fin des chromosomes très condensés d'une taille très réduite :

*1^{er} niveau d'organisation (nucléosome): la structure de base de la chromatine est le **nucléosome**, c'est une fibre de 10 nm, représente le premier niveau de compaction, l'ADN est enroulé autour d'un octamère protéique de 8 protéines basiques : les histones (H2A, H2B, H3, H4) présentent en deux exemplaires. Les nucléosomes s'organisent en une structure en « collier de perles »*

2^{ème} niveau d'organisation (chromatine) : la chromatine est une fibre de 30 nm, c'est l'état naturel de l'ADN présente sous forme de complexe ADN-protéines (protéines histones et non-histones), le nucléosome s'enroule autour de lui même grâce à une protéine histone en forme de bâtonnet l'H1 (H1 : 5^{ème} histone, son rôle est de stabiliser l'enroulement de l'ADN autour de nucléosome).

3^{ème} niveau d'organisation (chromatide) : c'est la compaction finale, lorsque la fibre de 30 nm en une chromatide chromosomique. La chromatide s'organise en boucle et hélice autour d'un corps protéique central appelé « Scaffold ».

3. Nombre de gamètes différents qui peuvent être produits

L'espèce *Arabidopsis thaliana* est $2n=10$, donc $n=5$. Par application directe de la **formule : 2^n** , on a :

Nombre de gamètes différents = 32.

4. Probabilité d'obtenir un gamète dont tous les chromosomes sont de la même origine

On a : **P (probabilité) = Nombre de cas favorables/ nombre de cas possibles**

$$P = 1/32 = 0.03125$$

Exercice 4

1. Nombre de chromosomes dans une cellule diploïde de la mule : un spermatozoïde d'âne contient 33 chromosomes, un ovule de jument 30 chromosomes, l'hybride aura donc $33+30=63$ chromosomes.
2. Nombre maximum de bivalents qui peuvent être formés en prophase I : si les 30 chromosomes de la jument sont susceptibles de s'appareiller avec 30 des chromosomes provenant de l'âne, il pourra se former 30 bivalents. Les 3 chromosomes restants se répartiront aléatoirement à l'anaphase I, phénomène qui permet d'expliquer la stérilité des mules.