



Biologie

Mitose de la cellule animale

Niveau 3

I/Le noyau des cellules animales en interphase :

Les cellules polynucléaires comprennent :

- Une **enveloppe nucléaire** autour du noyau polylobé.
- La **chromatine** qu'on appelle **euchromatine** et **hétérochromatine** selon qu'elle est peu dense ou très dense.

Ces deux différents types de chromatine représentent deux états de condensation différents du même matériel de base qu'est le **nucléofilament**.

Dans ce noyau, il y a également des nucléoles qui sont les usines de synthèse des ribosomes.

Tout ceci ressemble à la cellule végétale. La grande différence entre la cellule animale et la cellule végétale intervient au niveau de cette structure que l'on retrouve à proximité du noyau de la cellule animale : le **diplosome**. Ce diplosome ne se trouve que dans les cellules animales et pas dans les cellules végétales. Ce diplosome est constitué comme vous le voyez ici d'une paire de **centrioles**.

Les centrioles sont des structures cylindriques creuses de 150 nm de diamètre et 400 nm de long. Chaque centriole est constitué de 9 groupes de 3 petits tubes protéiques appelés microtubules. L'agencement de ces microtubules est appelé « roue de charrette » car vu en coupe, en microscopie électronique à transmission, on voit cette image qui fait penser à une « roue de charrette ».

Par ailleurs, ces deux centrioles sont disposés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. Donc lorsqu'on va réaliser une coupe pour observation en microscopie électronique à transmission et que cette coupe passe au niveau du diplosome, à fort grossissement, on observe une « roue de charrette » et deux barres.

Ceci s'explique par le fait que ces deux centrioles sont perpendiculaires dans la cellule. Et donc, lors de la coupe, un des centriole cylindrique a été coupé transversalement et l'autre longitudinalement. Il faut savoir que ces centrioles vont se dupliquer durant l'interphase.



Chaque centriole, appelé centriole père va donner un centriole fils qu'on appelle aussi procentriole. Ces procentrioles vont se positionner perpendiculairement par rapport au centriole père.

Donc, en fin d'interphase, il y a 2 diplosomes dans la cellule. On aboutit ainsi à deux diplosomes proches l'un de l'autre et à côté du noyau à la fin de l'interphase.

Durant cette interphase, on passe de 1 diplosome à 2 diplosomes. Et on double également la quantité d'ADN dans le noyau : on passe de $2n$ chromosomes comprenant 1 nucléofilament à $2n$ chromosomes comprenant 2 nucléofilaments, et ceci à la fin de la phase S.

Maintenant que se passe-t-il au moment de la mitose ?

II/ Noyau en phase M.

Pour la cellule animale, on a bien sûr les quatre mêmes étapes que celles qu'on a observé pour la cellule végétale, à savoir prophase, métaphase, anaphase et télophase.

Il y a tout de même quelques différences qu'on va souligner.

1- la prophase :

Au cours de cette prophase, comme dans le cas de la cellule végétale, on a **condensation des nucléofilaments** et peu à peu les chromatides apparaissent distinctement. On a également **désorganisation et disparition des nucléoles et de l'enveloppe nucléaire**. Comme pour la cellule végétale, le fuseau achromatique de division commence à se mettre en place lors de cette prophase. Les grandes différences entre cellules animales et cellules végétales interviennent au niveau de la constitution du fuseau achromatique de division. Alors pour la cellule animale, chaque diplosome s'entoure de microtubules rayonnants. Ceci leur donne un aspect étoilé qu'on appelle aster (qui signifie étymologiquement étoile). Puis, se forment les microtubules polaires et les microtubules de kinétochores ; et au fur et à mesure que ceux-ci se forment, les diplosomes se séparent et migrent à chacun des pôles de la cellule.

Comme si au fur et à mesure que les microtubules se formaient, ils repoussaient les asters vers les 2 pôles de la cellule.



2- la métaphase:

Les chromosomes ont atteint leur niveau de condensation maximal : on a alors les chromosomes métaphasiques. Comme dans le cas de la cellule végétale, ces chromosomes migrent vers l'équateur de la cellule où ils forment ce qu'on appelle la plaque équatoriale. Pendant cette métaphase, le fuseau achromatique finit de se mettre en place. Il est constitué :

-De deux diplosomes complets aux deux pôles de la cellule : diplosomes constitués de deux centrioles disposés perpendiculairement.

-De microtubules rayonnants qu'on appelle également microtubules astériens. Ces derniers sont disposés autour du diplosome (microtubule rayonnants + diplosome constitue les asters).

-Puis on a des microtubules qui s'allongent des asters jusqu'au centre de la cellule. Comme chez les végétaux, il s'agit :

* Des microtubules polaires qui relient les diplosomes à l'équateur de la cellule. Ces microtubules se chevauchent partiellement à l'équateur de la cellule. Ce sont eux qui ont permis d'éloigner les 2 asters à 2 pôles opposés de la cellule.

* Ensuite on trouve les microtubules de kinétochore qui relient les diplosomes aux kinétochores. Je vous rappelle que ces kinétochores sont des structures protéiques que l'on retrouve au niveau de la constriction primaire qui délimite les deux bras des chromatides. Donc, ici aussi comme dans le cas des cellules végétales, on retrouve ces microtubules de kinétochores qui vont servir à tirer sur les chromatides de chaque chromosome pour les entraîner vers les pôles de la cellule.

3- Anaphase.

Au cours de cette étape, on a clivage et séparation des deux chromatides de chaque chromosome sous la pression des microtubules de kinétochore qui exercent des forces opposées sur chaque chromatide de chaque chromosome. Ces microtubules sont composés de sous-unités protéiques, appelées tubulines. Ces protéines sont capables de se polymériser et de se dépolymériser, c'est à dire qu'elles sont capables de s'associer et de se dissocier par l'intermédiaire de liaisons non covalentes réversibles pour permettre au microtubule de s'allonger ou de se raccourcir.



C'est ce phénomène qui va permettre aux microtubules de kinétochore de tirer en se raccourcissant sur les chromatides. La conséquence est le clivage dans un premier temps des chromatides et dans un deuxième temps, les chromatides sont entraînées vers chacun des pôles de la cellule. Parallèlement, les microtubules polaires glissent et coulissent l'un sur l'autre. Ceci a pour effet d'éloigner au maximum les asters vers les deux pôles de la cellule tant que l'anaphase n'est pas terminée. Ces mécanismes se poursuivent jusqu'à ce que les deux lots de $2n$ chromosomes à 1 chromatide aient atteints les pôles de la cellule. A ce moment là, les microtubules de kinétochore ont disparu et l'anaphase est terminée.

4- Télophase.

Les chromatides se despiralisent. L'enveloppe nucléaire se reforme. Les nucléoles se reforment à partir des organisateurs nucléolaires.

Pendant ce temps, les microtubules continuent à coulisser l'un sur l'autre, ce qui a pour effet d'éloigner le plus possible les 2 lots de $2n$ chromosomes vers les pôles de la cellule, et de les maintenir dans cet état d'éloignement.

Maintenant, il reste à séparer les cytoplasmes. Le mécanisme est complètement différent de celui qui intervient chez la cellule végétale. Les microtubules polaires se désorganisent à partir des pôles vers le centre de la cellule et il reste une portion de microtubules polaires à l'équateur de la cellule lorsque la partition cytoplasmique débute. Cette partition ne se fait pas comme chez la cellule végétale par l'intermédiaire d'un phragmoplaste, mais pour la cellule animale la partition du cytoplasme se fait par étranglement de la cellule. Ceci entraîne la formation d'un sillon de division.

L'étranglement qui conduit à la partition des cytoplasmes des deux cellules filles est dû à un anneau contractile qui se forme à l'équateur de la cellule. Cet anneau contractile est formé de protéines qui sont impliquées également dans la contraction musculaire et qui sont l'actine et la myosine. C'est cet anneau qui se contracte à l'équateur de la cellule qui étrangle de plus en plus la cellule. Cet anneau se resserre de plus en plus et dans la mesure où les microtubules polaires ne sont pas encore complètement dépolymérisés à l'équateur de la cellule, ils sont emprisonnés et se serrent les uns contre les autres au niveau de la constriction. Puis peu à peu les microtubules disparaissent et l'étranglement aboutit à la séparation de la cellule mère en deux cellules filles.



III] Endomitose :

Il existe un cas particulier de mitose qu'on appelle l'endomitose. Au cours de cette endomitose, la duplication de l'ADN a lieu mais il n'y a pas de phase M. La conséquence est qu'on aura, dans ces cellules endomitotiques, augmentation du nombre de nucléofilaments pour chaque chromosome.

Un des exemples de ce processus a été mis en évidence chez les diptères qui sont des insectes tels les mouches et moustiques. Ce processus chez les diptères s'appelle la polyténie, et il a été décrit notamment dans les cellules des glandes salivaires.

Dans ces cellules endomitotiques, les nucléofilaments peuvent se dupliquer jusqu'à 10 fois sans qu'une mitose se produise : on va donc avoir pour chaque chromosome 2^{10} soit 1024 nucléofilaments juxtaposés, non condensés et associés au niveau du centromère.

En plus, on ne sait pas trop pour quelles raisons, mais les deux chromosomes homologues vont s'associer entre eux. L'ensemble de ces événements aboutit à la formation de ces chromosomes qu'on appelle chromosome géant polyténiques qui peuvent être observés aisément en microscopie photonique même s'ils ne sont pas condensés comme le sont des chromosomes en cours de mitose.

Après coloration, les bandes sombres sont appelées bandes et les bandes claires sont appelées interbandes. Ces différences de coloration des bandes et interbandes s'expliquent par une différence des niveaux de spiralisation de l'ADN qui les composent. Lorsque l'ADN est très spiralisé, on a une bande, lorsqu'il est peu spiralisé on a une interbande.

-Sur ces chromosomes géants, on trouve en plus des structures particulières qui forment des tâches diffuses autour du chromosome : ces zones sont appelées nodules, puffs ou encore anneaux de Balbiani. Ces zones correspondent à des zones de l'ADN qui sont actives transcriptionnellement.

Pour que la transcription ait lieu, il faut que l'ADN se dés spiralise pour permettre l'accès des ARN polymérase. Ces zones diffuses sont donc dues en partie à cette dés spiralisation de l'ADN mais aussi à l'accumulation des ARN qui sont transcrits dans ces zones et des protéines de la transcription.