

SV-F-1.2 poly 01

Transmission de l'IG au cours des divisions cellulaires chez les Eucaryotes

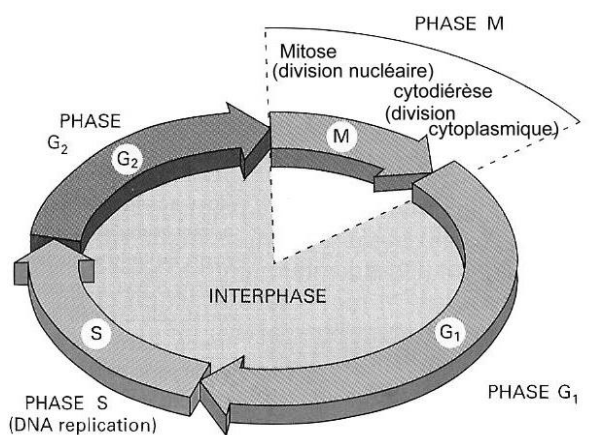
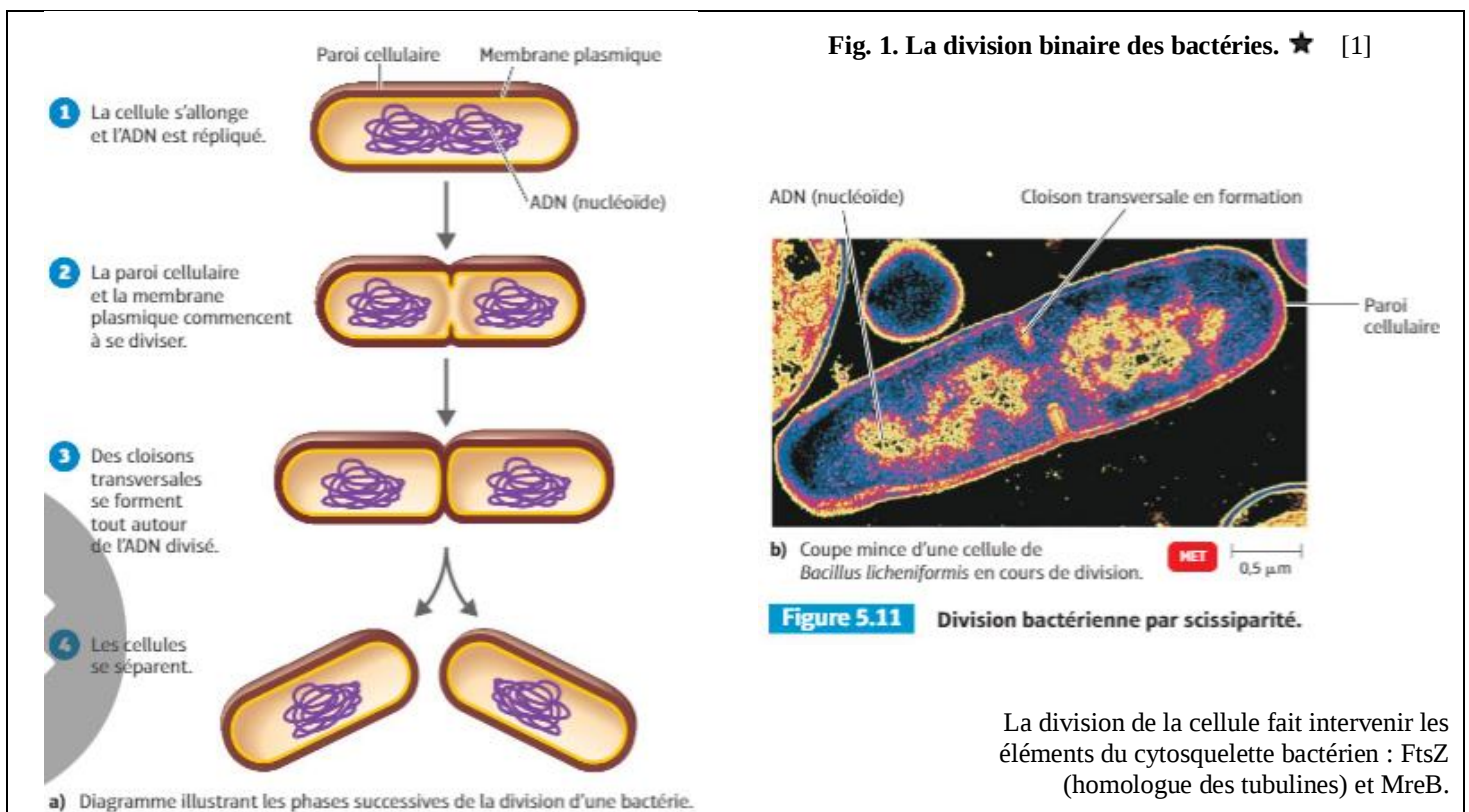


Fig. 2. Le cycle cellulaire. ★★★

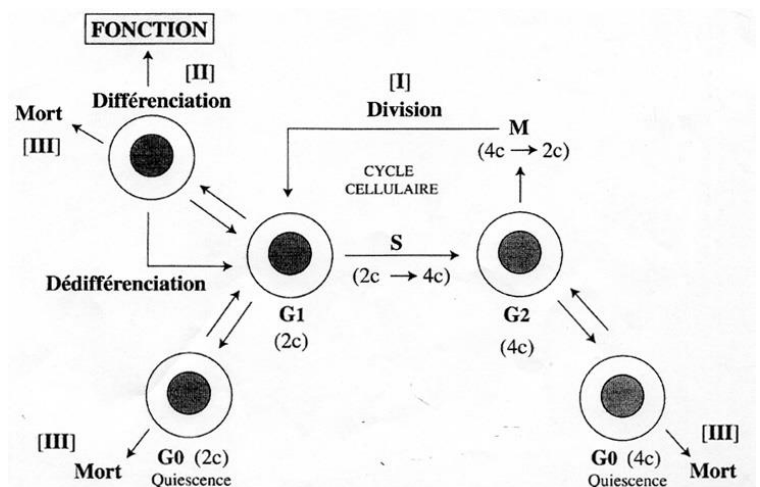


Fig. 3. Devenirs d'une cellule et cycle cellulaire (pour information). ★★

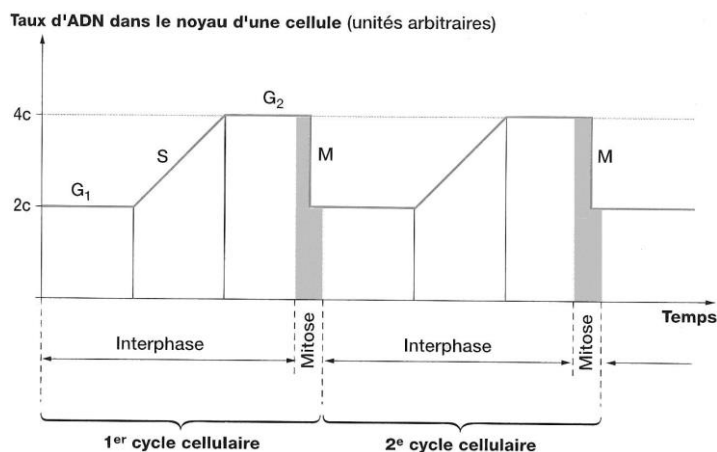


Fig. 4. Evolution du taux d'ADN au cours du cycle cellulaire. ★★★

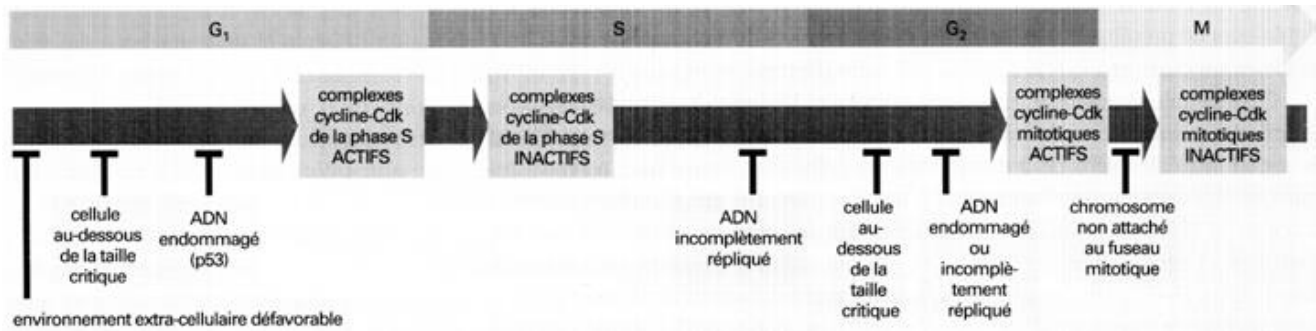


Fig. 5. Quelques contrôles intervenant au cours du cycle cellulaire ★★

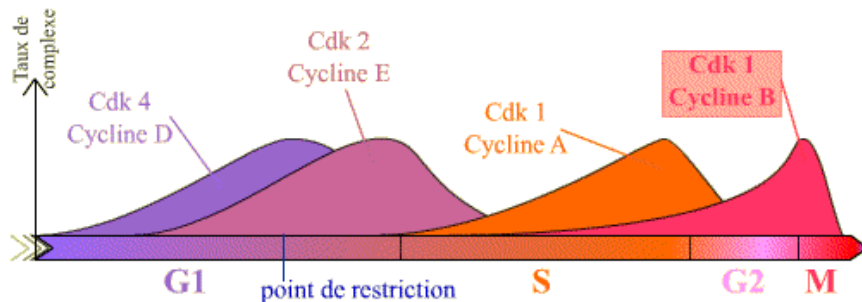
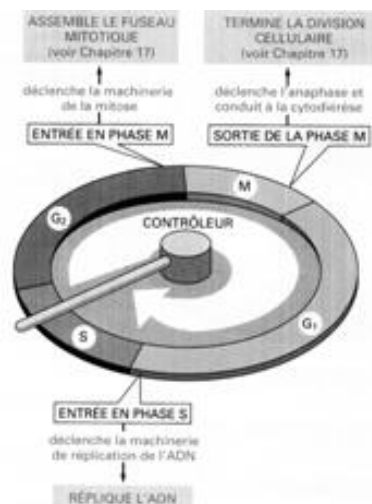
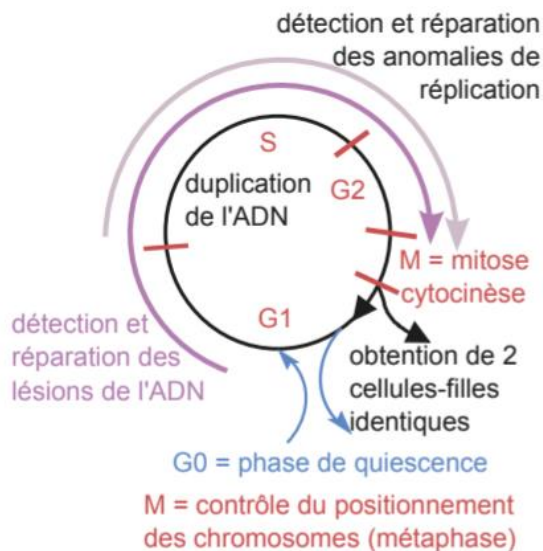


Fig. 6. Protéines et contrôle du cycle cellulaire. ★

Le cycle cellulaire est contrôlé par la présence cyclique de protéines : les cyclines, qui s'associent à des protéines kinases (les Cdk). Les complexes Cdk-Cycline permettent le passage des différents points de contrôle du cycle cellulaire.



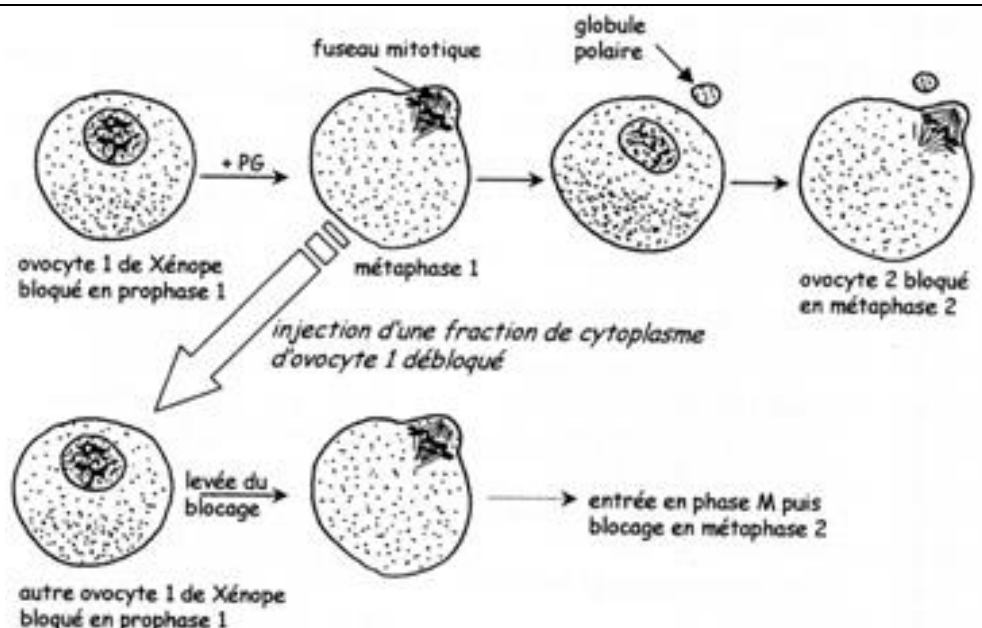
Le contrôle du cycle de la cellule.
Les processus essentiels, tels que la réplication de l'ADN, la mitose et la cytotinèse, sont déclenchés par un système de contrôle du cycle cellulaire. Par analogie avec une machine à lavage, le système de contrôle du cycle cellulaire est dessiné sous la forme d'un indicateur qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, déclenchant les processus essentiels quand il atteint des points spécifiques du cadran externe.

Fig. 7. Les points de contrôle du cycle cellulaire.

Fig. 8. Mise en évidence d'un contrôle à l'entrée en phase M. ★

Les ovocytes de Xénope (comme tous les ovocytes de Vertébrés) sont bloqués en prophase I de méiose. C'est l'ovulation qui induit la reprise de la méiose I (et conduit à un deuxième blocage, en métaphase II).

On sait par ailleurs que les processus contrôle l'entrée en méiose sont les mêmes que ceux contrôlant l'entrée en mitose.



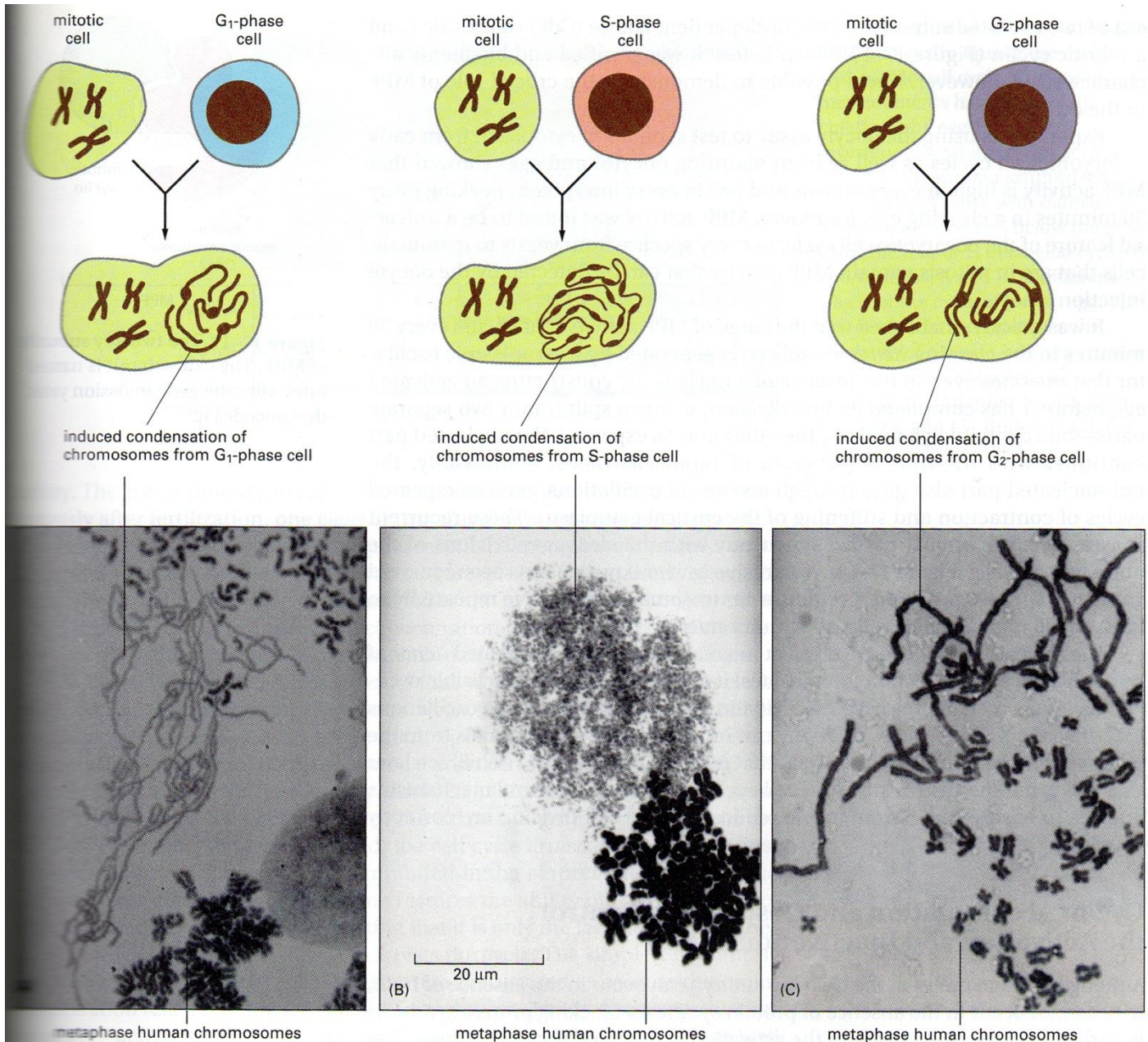


Fig. 9. Caractérisation expérimentale d'un contrôle du cycle cellulaire. ★



Fig. 10. Modèle de réplication proposé par Watson et Crick.

★★

Le modèle proposé par Watson et Crick repose sur la complémentarité des bases azotées : ouverture de la double hélice, chaque brin servant de matrice à la synthèse d'un nouveau brin.

Toutefois, il est apparu par la suite que les brins ne peuvent s'allonger que dans le sens 5'→3' ; ceci complique le mécanisme de la réplication.

De même, Watson et Crick n'ont, lors de leur découverte de la structure de l'ADN, que **proposé** un mécanisme de réplication, découlant de la structure qu'ils avaient déterminé. La **démonstration** de la validité globale (mais pas dans les détails) de ce premier modèle a été réalisée par plusieurs équipes, qui ont déterminé expérimentalement les principales caractéristiques de la réplication, au niveau moléculaire.

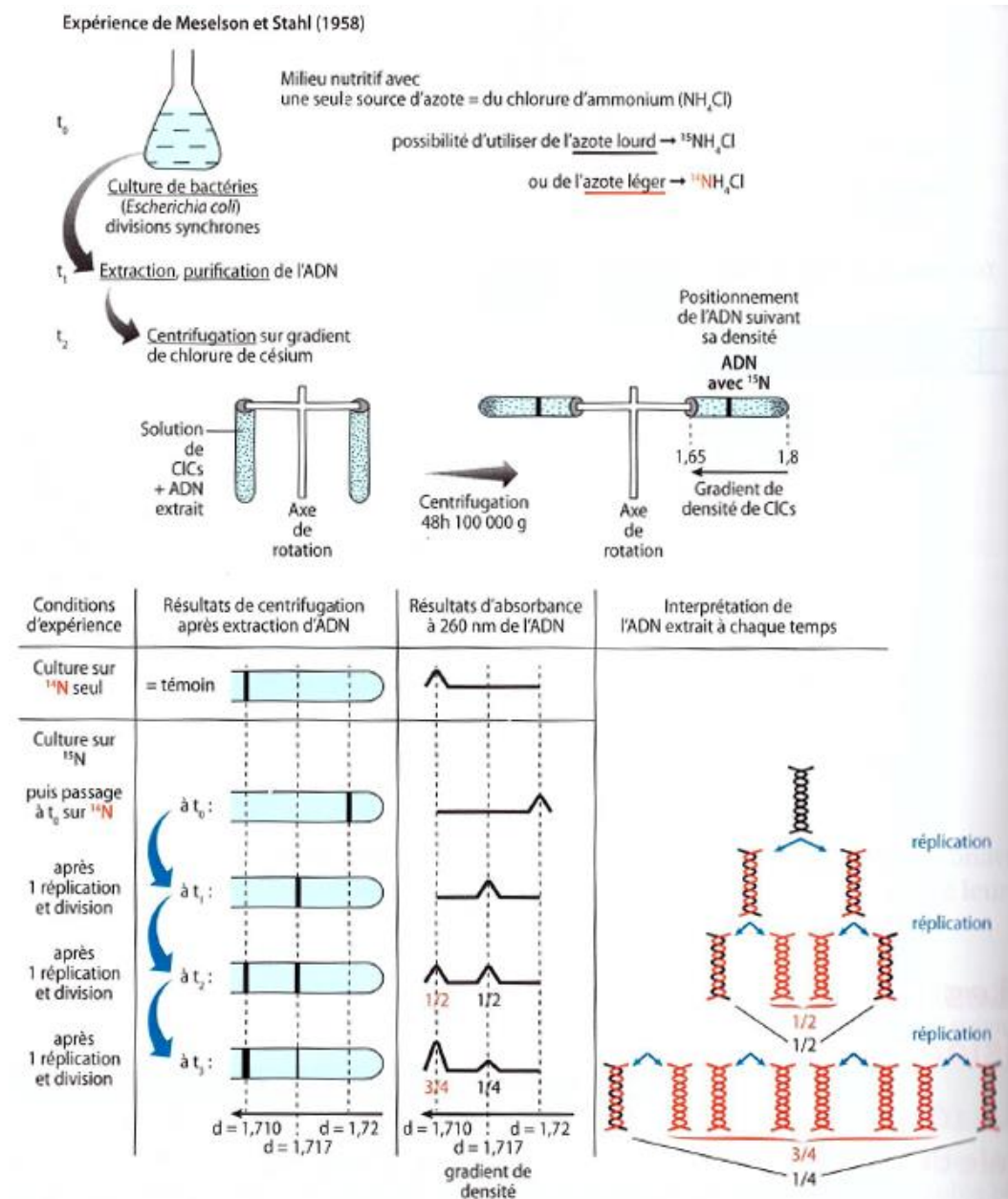


Fig. 11. Expérience de Meselson et Stahl (1958)
★ [2]

Dans le modèle de Watson et Crick, chaque brin sert de **matrice**, et permet la formation d'une hélice double identique à la double hélice d'origine. Les nucléotides constituant les nouvelles chaînes sont supposés provenir d'une réserve de nucléotides libres dans le nucléoplasme.

Il existait cependant 3 manières d'envisager la relation qui s'établit entre la molécule parentale et la molécule fille d'ADN. Ces différents modèles hypothétiques sont :

- **semi-conservatif** : chaque hélice fille contient un brin parental et un brin néosynthétisé;
- **conservatif** : une double hélice fille est constituée de deux brins néosynthétisés et le duplex parental est conservé;
- **dispersif** : les doubles hélices formées comportent des fragments d'ADN parental et des fragments d'ADN néosynthétisés.

En 1958, Meselson et Stahl cultivèrent des *E. coli* sur un milieu contenant de l'azote lourd (^{15}N) au lieu de la forme légère normale (^{14}N). Cet isotope fut inséré dans les **bases azotées** qui furent ensuite incorporées dans les **brins néosynthétisés** d'ADN.

Ils ont (c'est un point important de leur démarche) utilisé des **cultures synchrones**, c'est-à-dire dans lesquelles toutes les cellules se divisaient à peu près en même temps : ceci permet de suivre l'ensemble de la culture par rapport au déroulement du cycle cellulaire et en particulier par rapport aux divisions (= pas de « mélanges » de cellules à différents stades, ce qui aurait rendu les résultats ininterprétables).

Après un grand nombre de divisions en présence de ^{15}N , **tout l'ADN des bactéries était marqué par l'isotope lourd**.

Les cellules furent ensuite **transférées sur un milieu contenant du ^{14}N** et des échantillons furent prélevés après une ou deux divisions cellulaires. L'ADN fut extrait des cellules de chacun de ces échantillons, dissous dans une solution de CCl₄ (chlorure de césium) et introduit dans une centrifugeuse.

→ Résultats compatibles uniquement avec la **réplication semi-conservative**.

Fig. 12. Mécanisme de la réplication de l'ADN ★★★

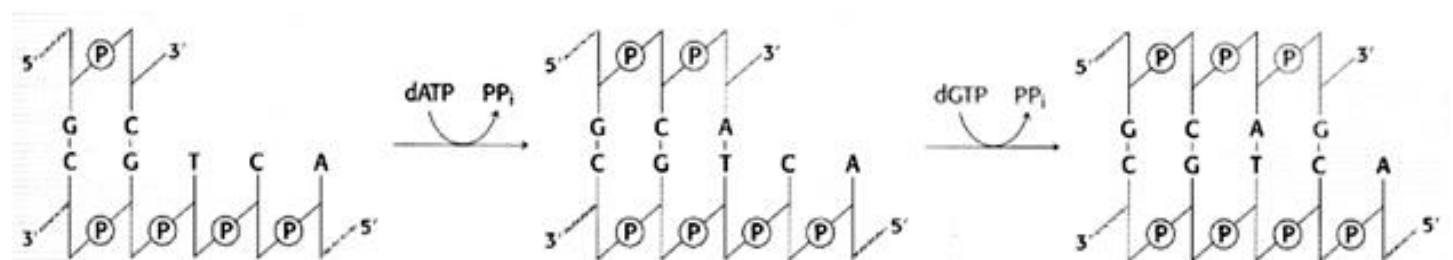


Fig. 13. La formation d'un pont phosphodiester permet l'allongement du brin d'ADN néoformé. ★★★

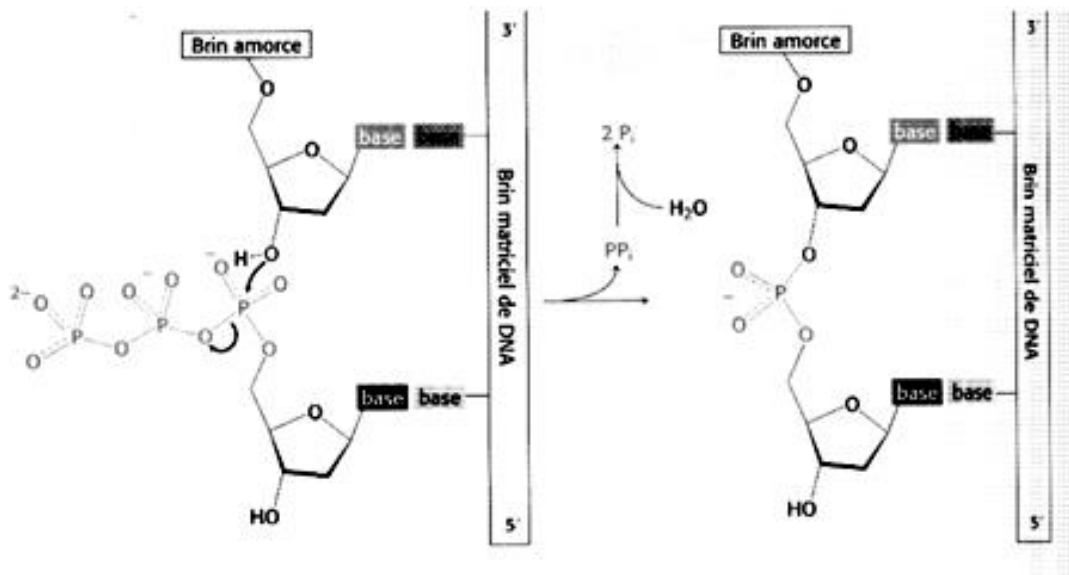


Fig. 14. L'ADN polymérase III de *E. coli* (ADNpol III). ★★

L'ADN polymérase III est la principale ADN polymérase intervenant dans la réplication de l'ADN. Il s'agit d'une enzyme formée de plusieurs sous-unités ; l'holoenzyme comporte ainsi 10 sous-unités (figure de gauche), dont :

- sous-unité α : activité **polymérase 5'→3'**
- sous-unité ϵ : activité **exonucléase 3'→5'**
- sous-unité β : fixation à l'ADN. C'est cette sous-unité qui permet la **processivité** de l'ADNpol III
- sous-unité γ : coopère avec la sous-unité β dans la fixation et la séparation de l'enzyme sur l'ADN

Globalement, l'ADN polymérase forme une gouttière dans laquelle progresse la molécule d'ADN (on peut prendre un peu l'image d'une main enserrant la molécule d'ADN : figure de droite)

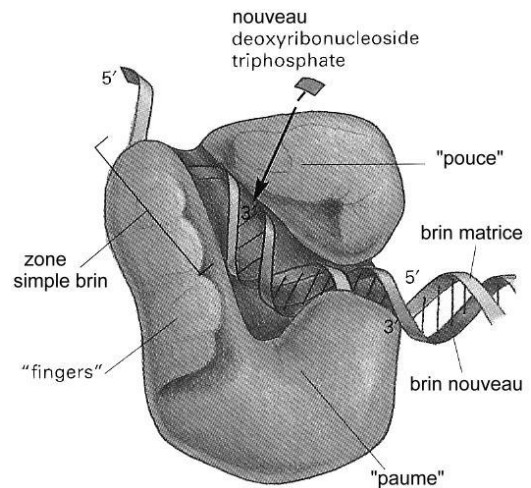
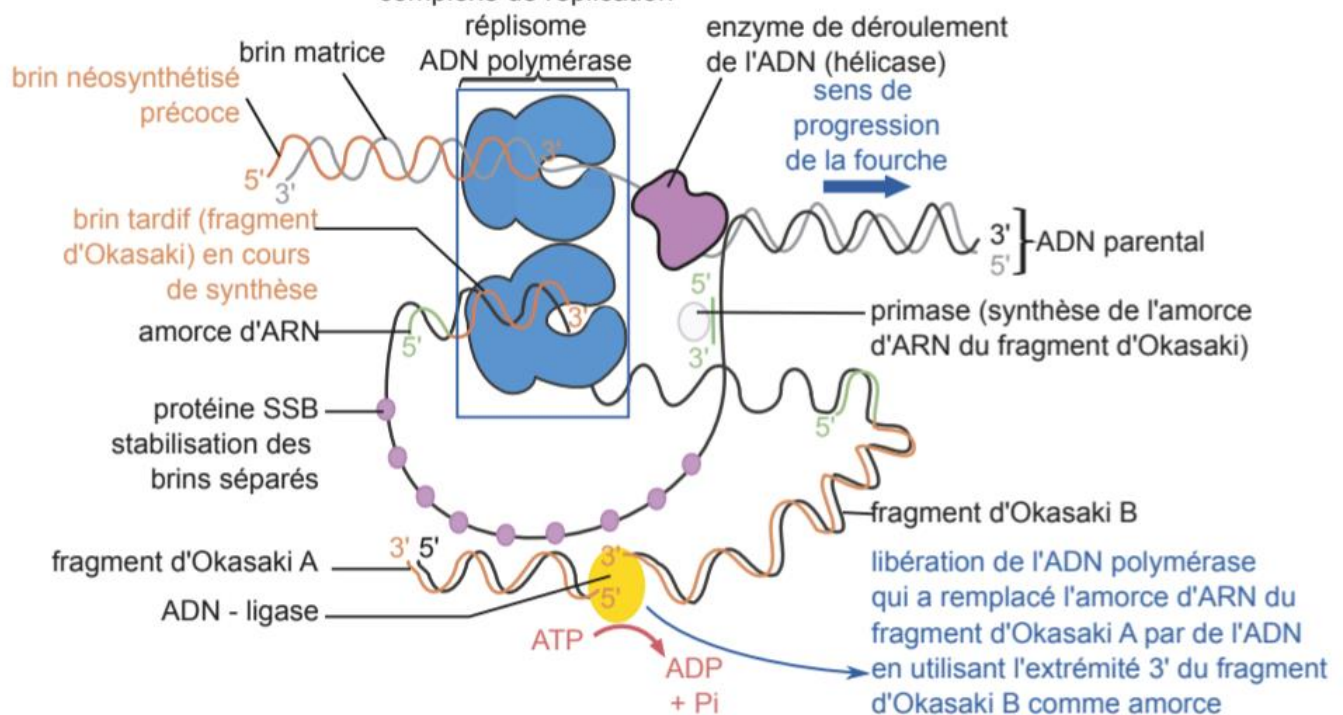


Fig. 15. Fonctionnement de la fourche de réplication. ★★★ [3]
complexe de réplication



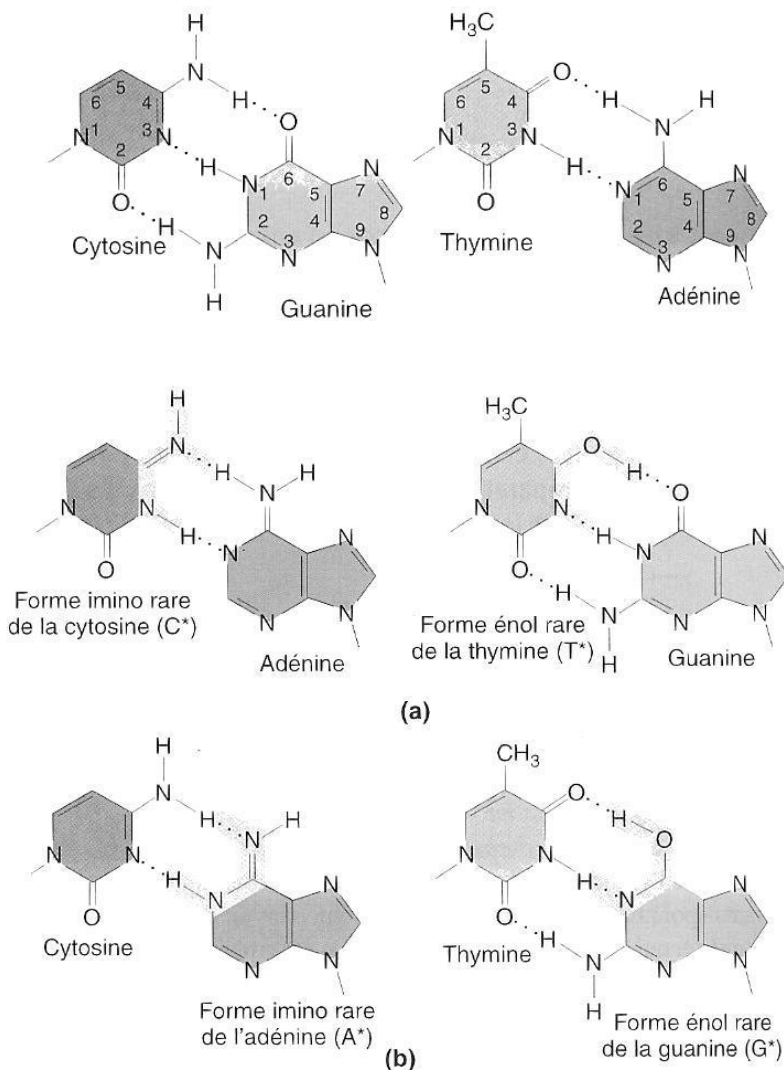
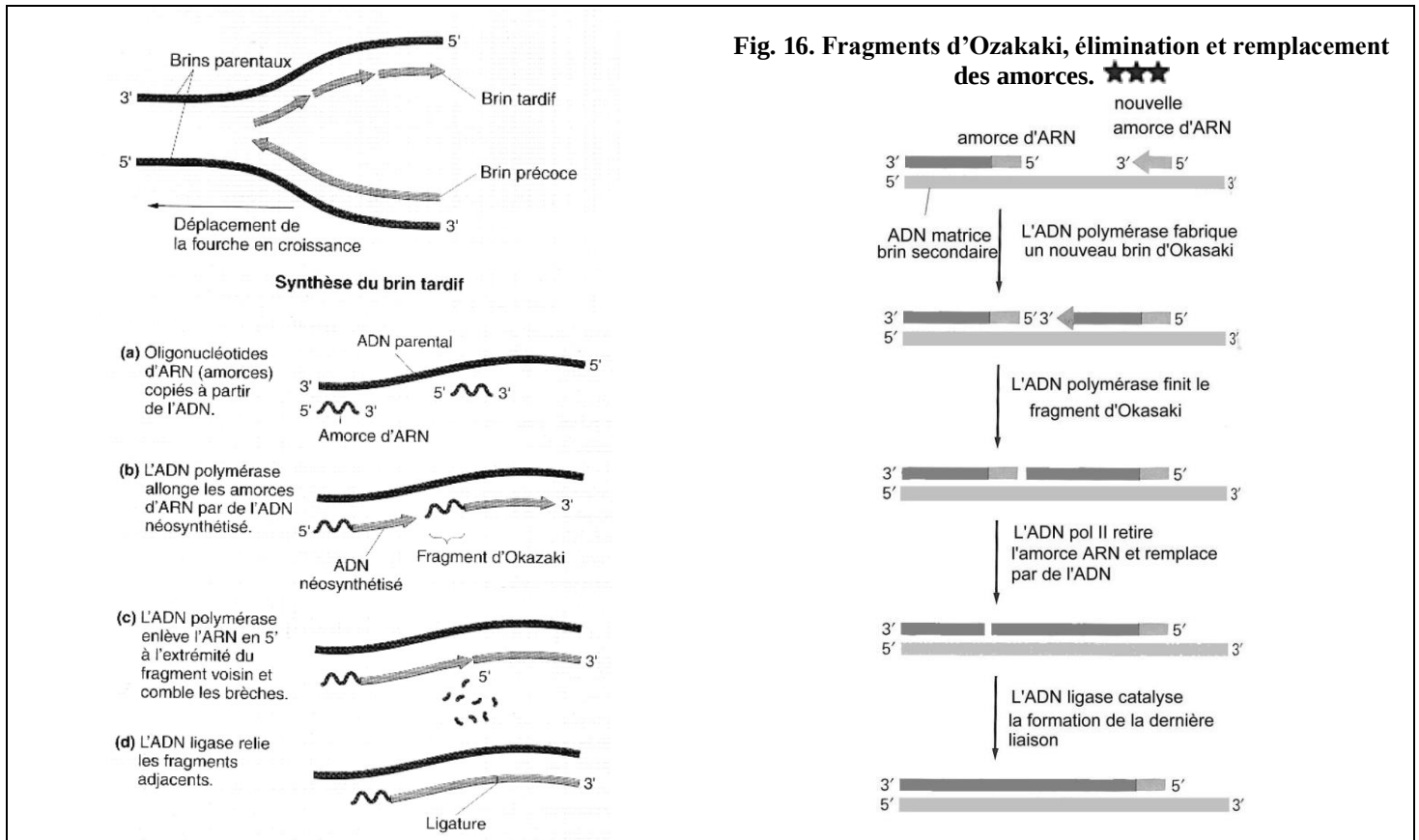


Fig. 17. Appariement des formes majoritaires des bases azotées. ★

Fig. 18. Exemples de mésappariements dus à des formes tautomères des bases azotées pyrimidiques (a) ou puriques (b). ★

Comparer les formules chimiques avec les formules des bases sous leur forme normale (figure 17).

Fig. 19. Les phases de la mitose. ★★★ [2]

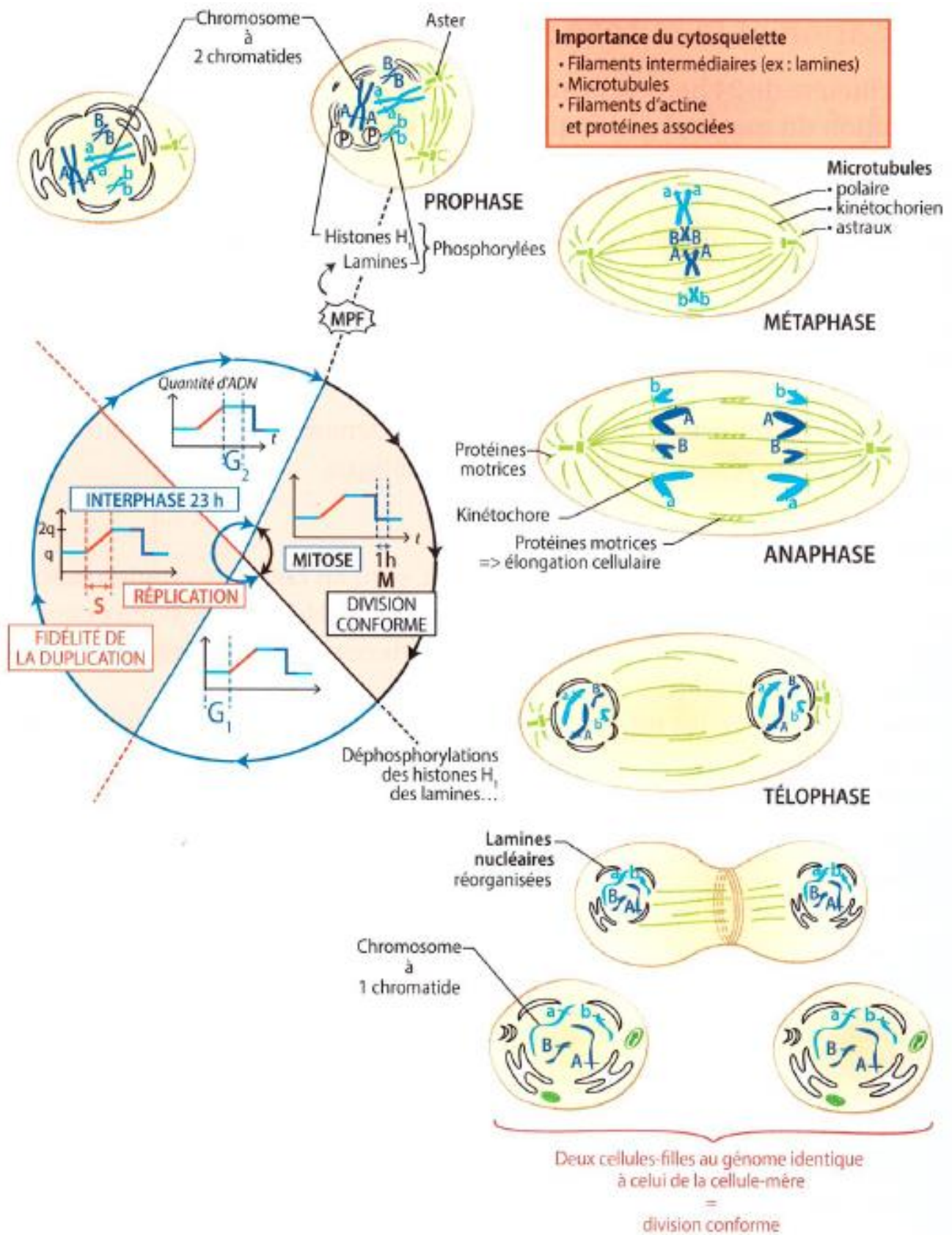
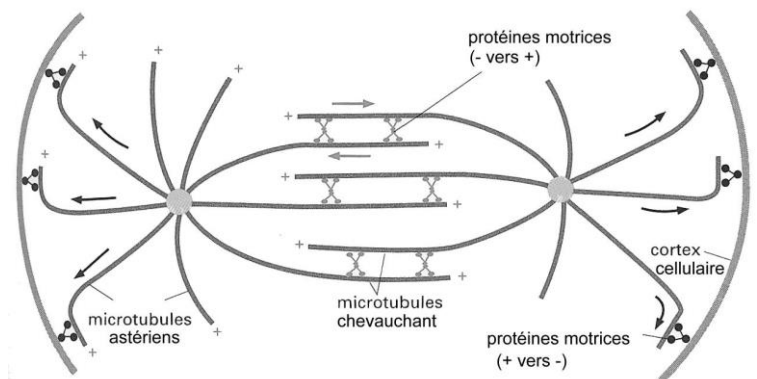
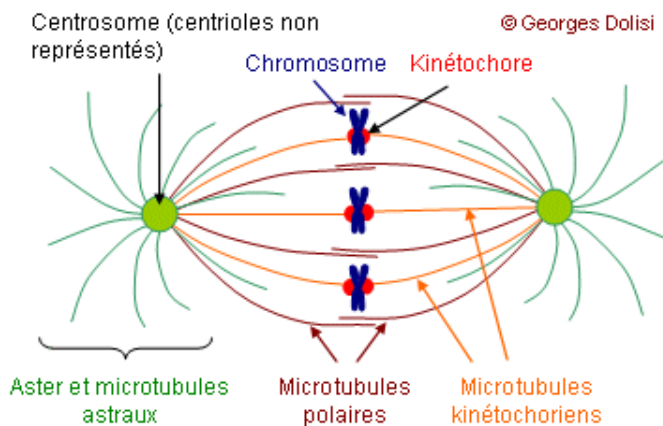
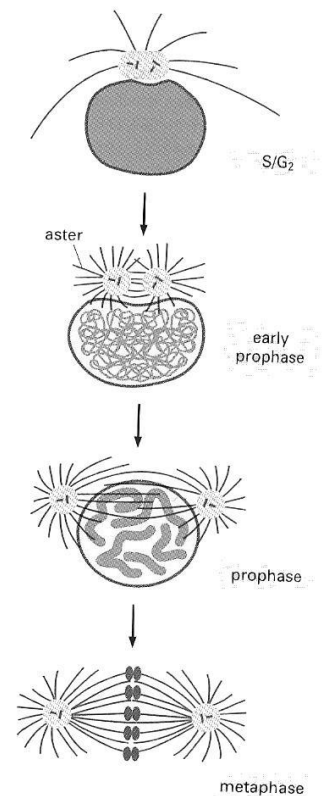
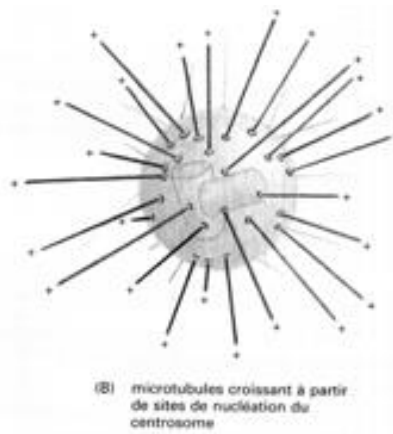
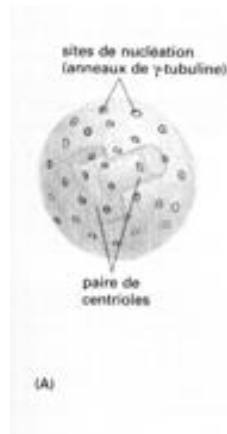
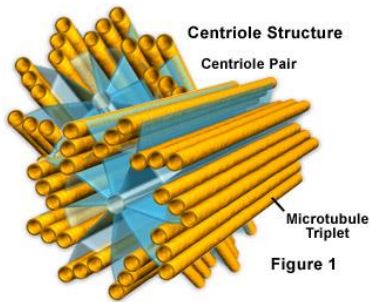


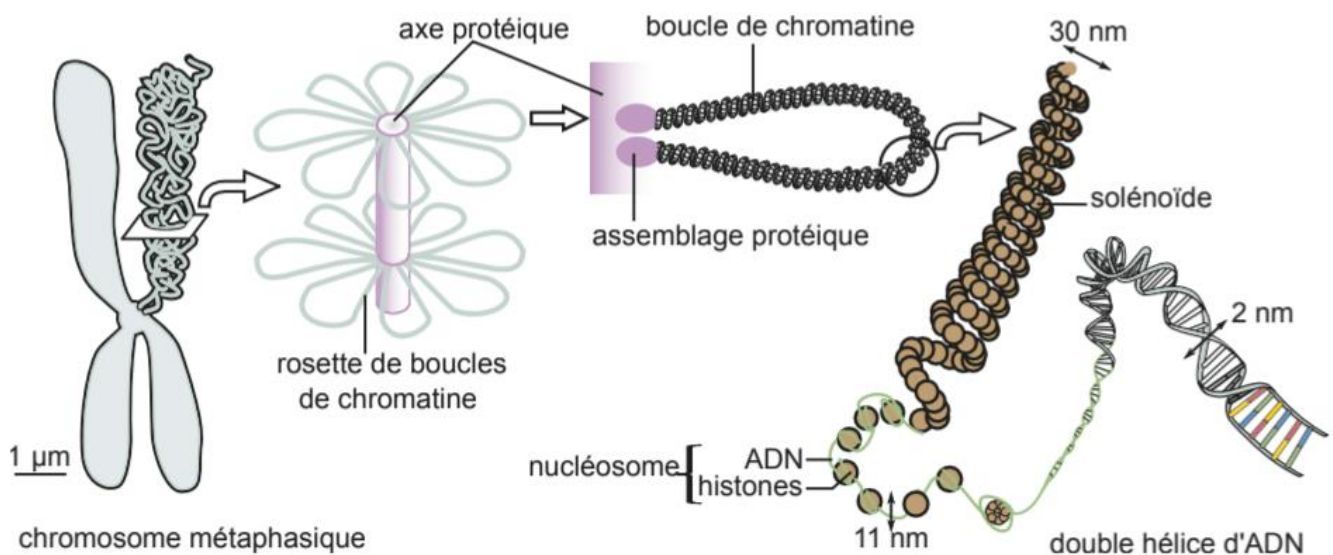
Fig. 20. Le centrosome ★★

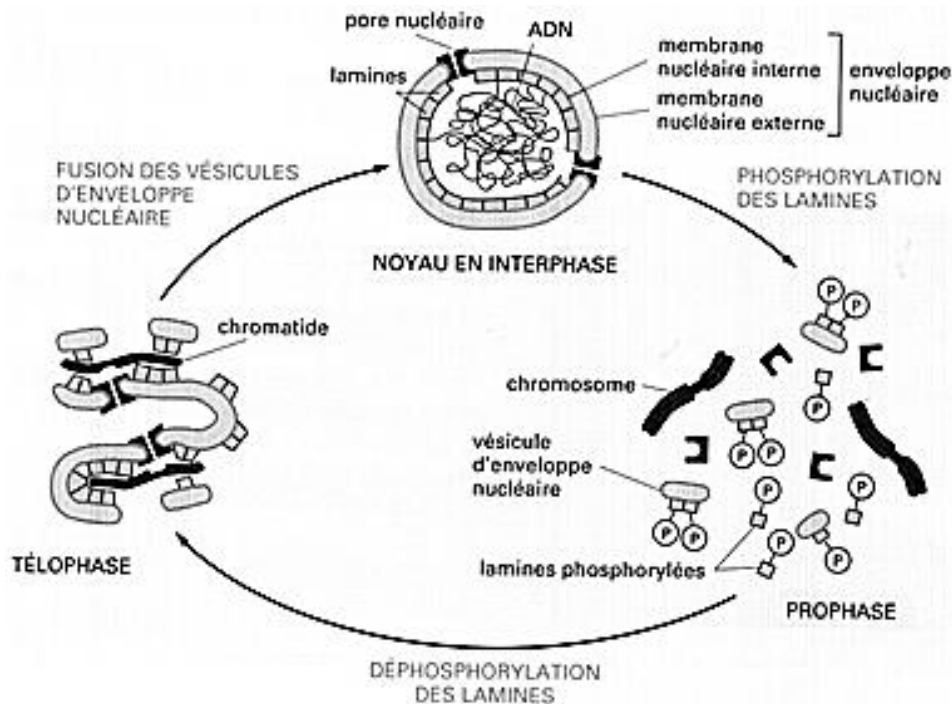
Le centrosome est le centre organisateur des microtubules (dans une cellule animale), il est constitué d'une paire de centrioles et d'une matrice protéique.

Les centrioles sont formés de 9 triplets de microtubules arrangés en cercle. La matrice est un assemblage de protéine, avec notamment des tubuline γ en périphérie, qui est la protéine de contact avec les extrémités (-) des microtubules. Ainsi, les microtubules rayonnent à partir du centrosome : notamment les microtubules astériens.

**Fig. 21. Les différents types de microtubules du fuseau mitotique. ★★★**

A droite : moteurs moléculaires associés aux microtubules astériens et polaires.

**Fig. 22. Structure du chromosome métaphasique. ★★★ [3]**



Rupture et reformation de l'enveloppe nucléaire pendant la mitose.
La phosphorylation des lamines à la prophase contribue à déclencher le désassemblage de la lamina nucléaire, ce qui à son tour amène l'enveloppe nucléaire à se morceler en vésicules. La déphosphorylation des lamines à la télophase contribue à inverser le processus.

Fig. 23. Lamines et structuration de l'enveloppe nucléaire ★★

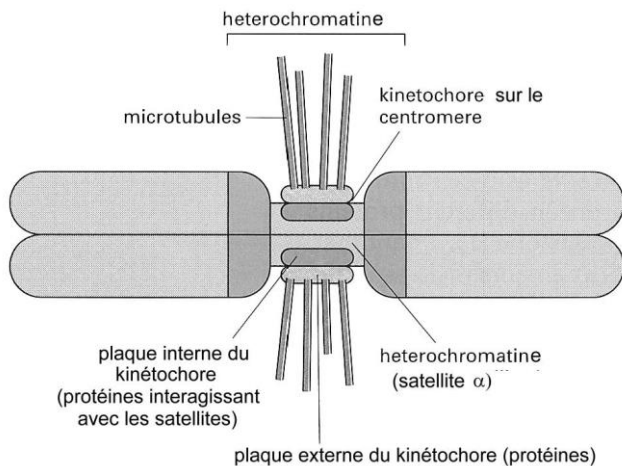


Fig. 24. Le centromère d'un chromosome mitotique et les protéines associées : kinétochore et microtubules. ★★★

Un kinétochore contient :

- ⇒ l'ADN centromérique = charpente du kinétochore;
- ⇒ moteurs moléculaires (dynéine cytoplasmique et protéines apparentées à la kinésine)
- ⇒ protéines kinétochoriennes d'assemblage et de condensation de l'ADN

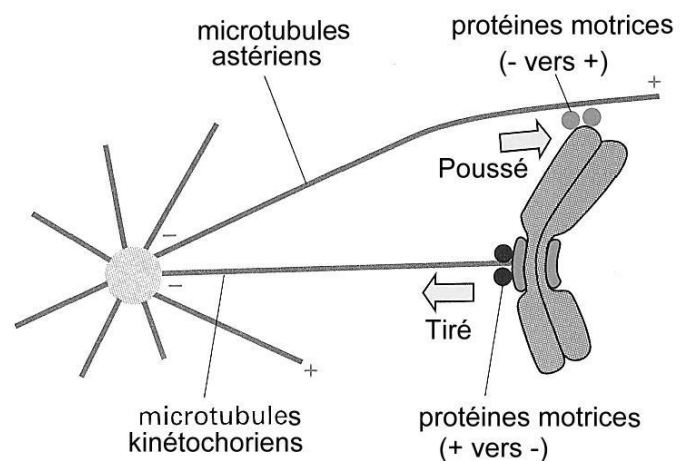


Fig. 25. Mouvement du chromosome en prométaphase. ★

Les mouvements sont en fait soumis à l'action de 2 forces opposées :
⇒ une force qui tire le chromosome vers l'extrémité (-) c'est-à-dire vers les pôles, c'est une force due à des protéines motrices agissant au niveau du kinétochore et réalisant un mouvement (+) → (-).

⇒ Une force qui pousse le chromosome vers l'équateur, c'est une force due à des protéines motrices fonctionnant dans le sens (-) → (+) et agissant au niveau des bras des chromosomes.

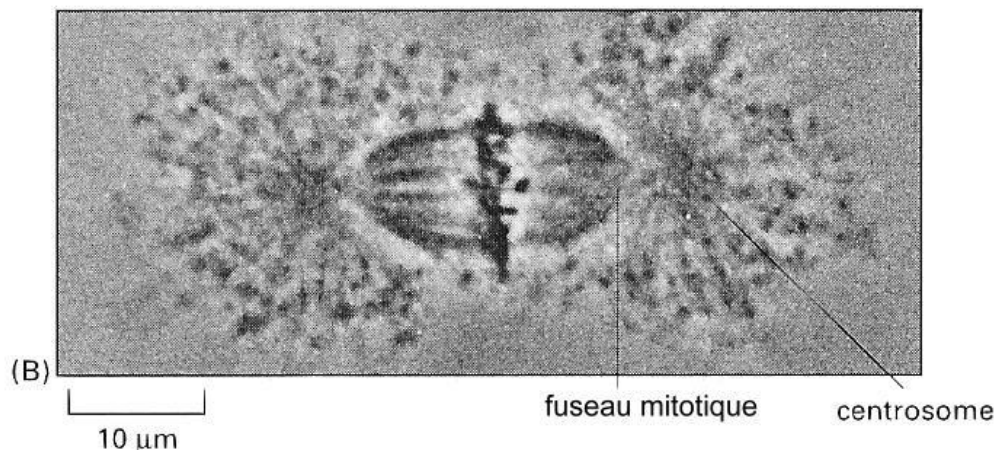


Fig. 26. Observation du fuseau mitotique en métaphase. ★

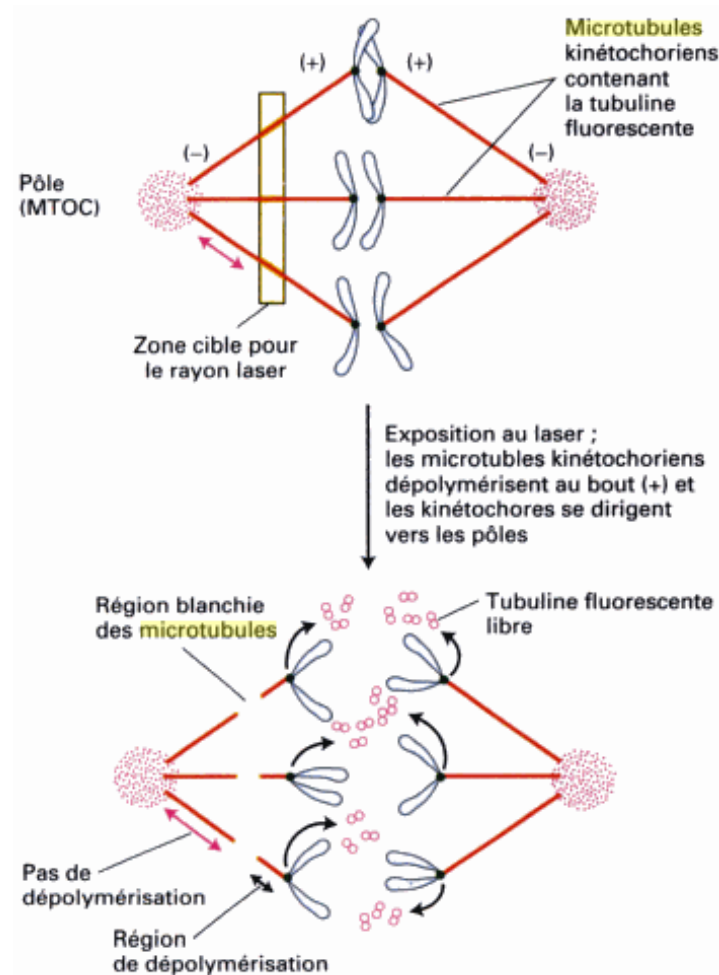


Fig. 27. Mise en évidence expérimentale de l'implication du raccourcissement des microtubules kinétochoriens lors de l'anaphase A. ★★

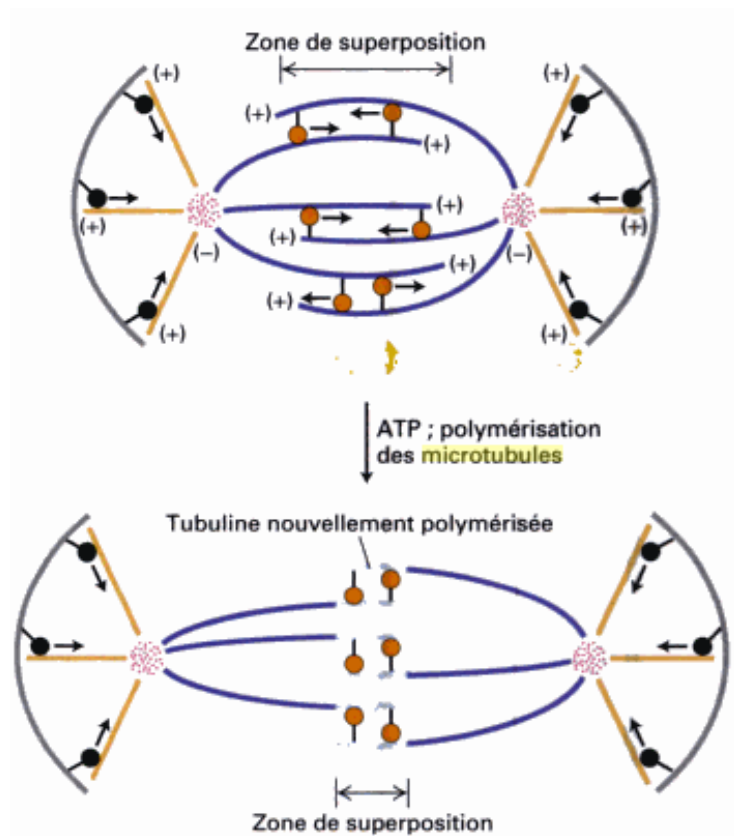
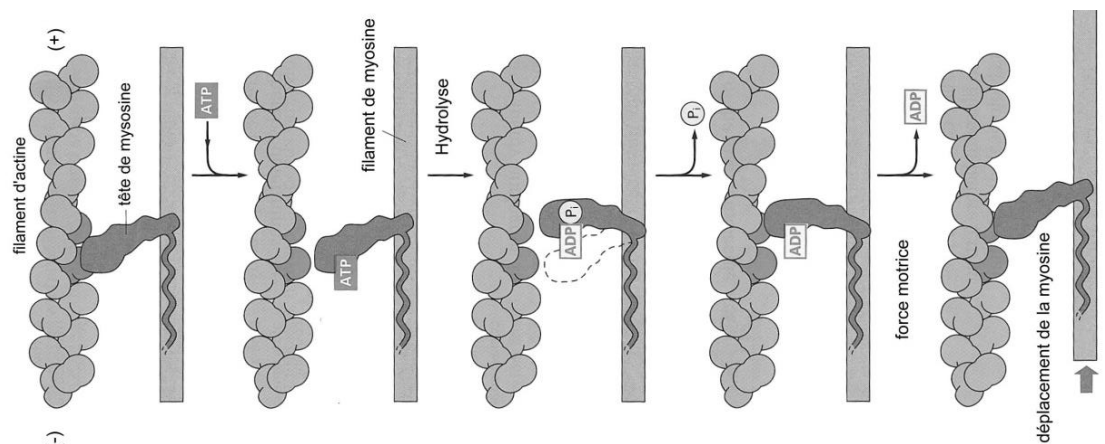


Fig. 28. Les microtubules polaires et astériens permettent l'élongation du fuseau lors de l'anaphase B. ★★

Fig. 29. Anneau d'actine-myosine et cytokinèse animale. ★

[ce qui suit est pour information ; revu en BCPST2] L'anneau contractile est constitué d'**actine** et de **myosine**, dans cette étape aussi le cytosquelette joue un rôle central. L'actine est formée de 2 protofilaments (polymères d'actine G, globulaires) enroulés en une double hélice. Les myosines forment une famille aux structures assez diversifiées mais retenons : une myosine II est un assemblage de 2 chaînes lourdes s'enroulant aussi en double hélice et formant 2 têtes à l'extrémité. L'actine et la myosine sont dites protéines contractiles, leur interaction induit un raccourcissement (diminution du diamètre). Cela nécessite un cycle d'interaction, considérons une tête de myosine :

- 1- La tête de myosine est attachée à l'actine, c'est un état stable
- 2- Un ATP est fixé sur la tête de myosine ce qui induit son détachement.
- 3- **L'hydrolyse de l'ATP** provoque une rotation de la tête de la myosine, ADP et P_i restent fixés sur la tête.
- 4- La libération de ADP + P_i permet une nouvelle fixation de la tête de myosine sur une actine G, mais décalée par rapport à la première.
- 5- La tête de myosine subit une nouvelle rotation, en sens inverse. Par conséquent il y a un **coulissage du filament de myosine par rapport au filament d'actine**, c'est-à-dire un déplacement relatif du filament d'actine par rapport au filament de myosine. Ce mouvement est tel que la somme des mouvements induit une diminution du diamètre de l'anneau contractile....



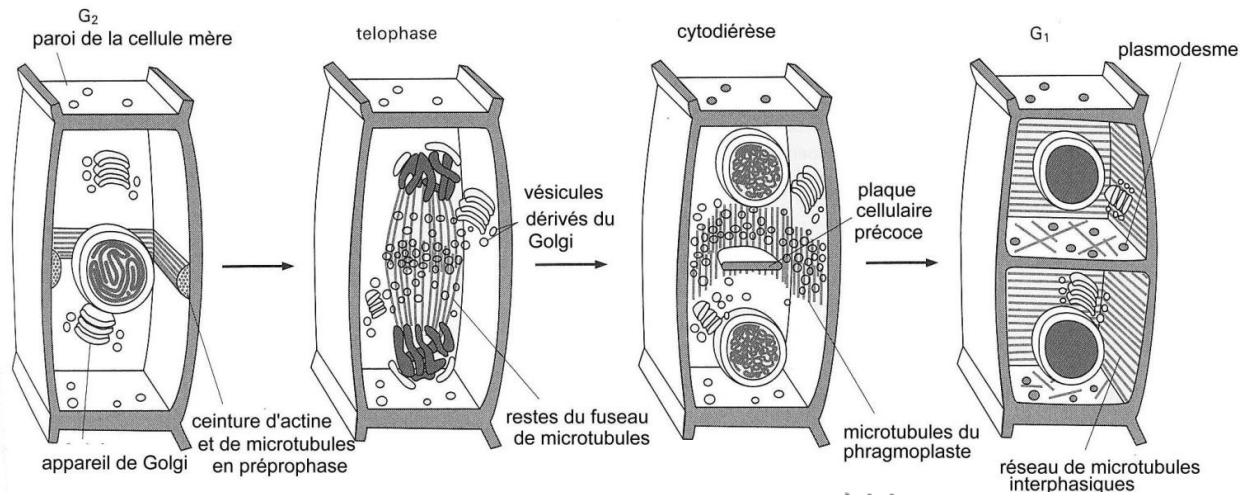


Fig. 30. La cytokinèse d'une cellule végétale. ★★★

Clichés de méiose chez le lys ($2n = 24$)	Schémas explicatifs ($2n = 4$)	Caractéristiques	Clichés de méiose chez le lys ($2n = 24$)	Schémas explicatifs ($2n = 4$)	Caractéristiques
		PROPHASE I - appariement des chromosomes homologues formant n bivalents (= tétrades de chromatides). - présence de chiasm (croisement entre chromatides homologues).			PROPHASE II - individualisation des n chromosomes (comme pour une mitose).
		MÉTAPHASE I - bivalents placés au niveau du plan équatorial, les centromères disposés de part et d'autre de ce plan. - disposition aléatoire des chromosomes d'origine maternelle ou paternelle, indépendante entre chaque bivalent.			MÉTAPHASE II - n chromosomes placés au niveau du plan équatorial avec les centromères disposés sur ce plan (plaque équatoriale comme en mitose).
		ANAPHASE I - séparation (disjonction) des chromosomes homologues qui migrent vers les pôles opposés. Il y a donc REDUCTION CHROMATIQUE soit passage de $2n$ à n pour chaque future cellule fille.			ANAPHASE II - séparation (disjonction) des chromatides sœurs qui migrent vers les pôles opposés (migration polaire après duplication des centromères comme en mitose).
		TÉLOPHASE I - reconstitution du noyau des cellules filles haploïdes contenant n chromosomes à 2 chromatides chacun. - séparation des 2 cellules filles. Absence d'interphase : pas de phase S (synthèse ADN)			TÉLOPHASE II - reconstitution du noyau des cellules filles haploïdes contenant n chromosomes à 1 chromatide chacun. - séparation des 4 cellules filles haploïdes à n chromosomes à 1 chromatide.

Fig. 31. Les étapes de la méiose. ★★★ [2]

Fig. 32. Evolution des chromosomes homologues au cours de la Prophase I.

★★

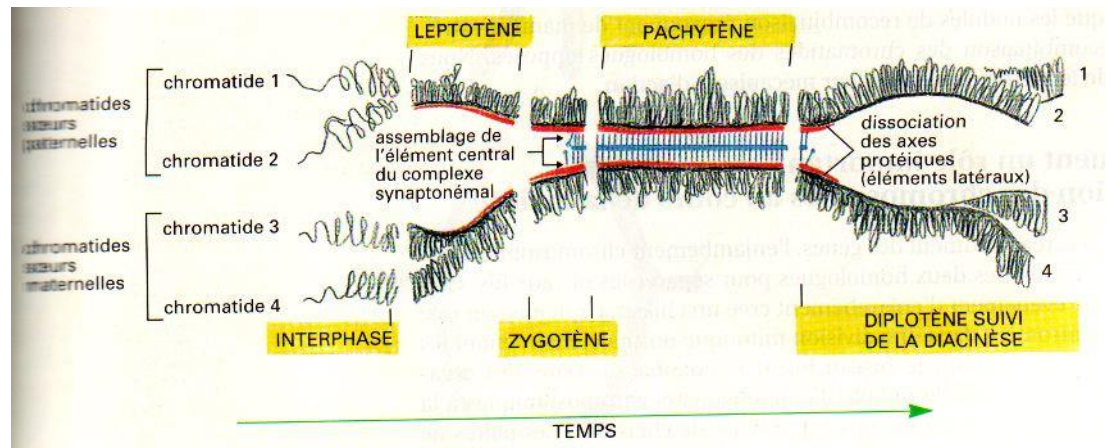
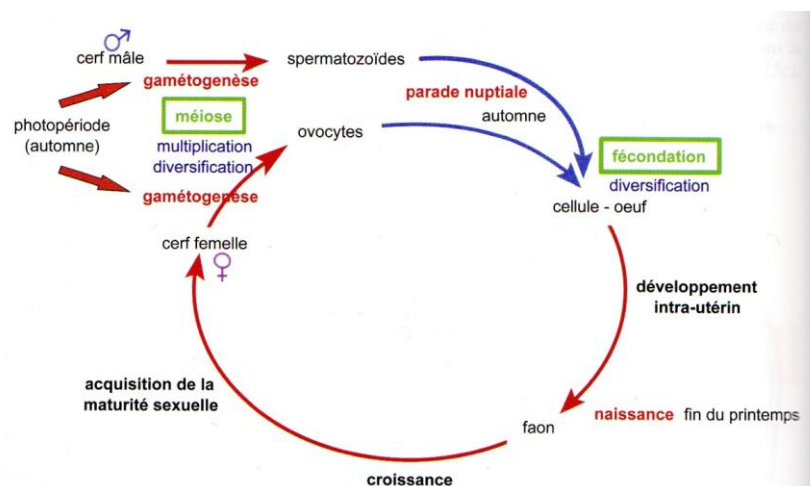
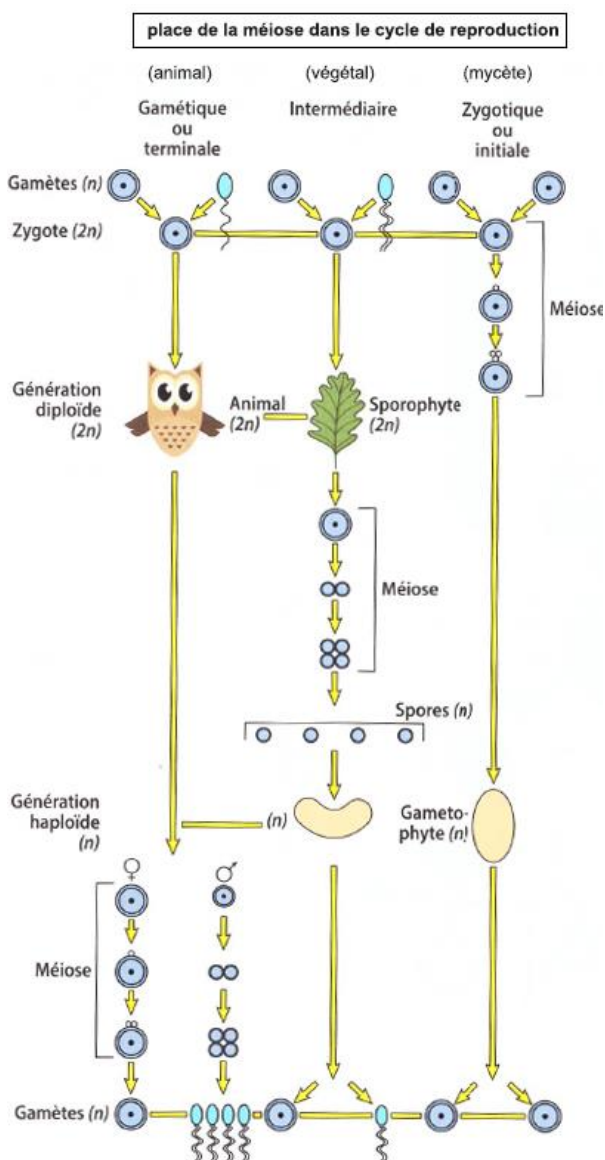
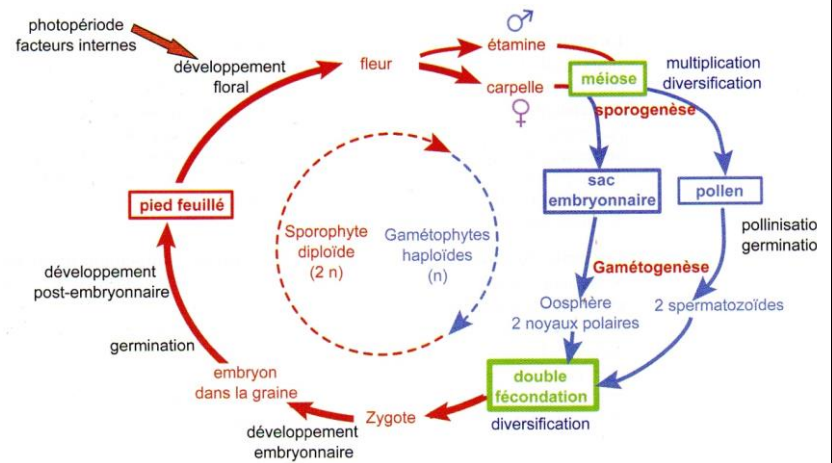


Fig. 33. Méiose et cycles de reproduction. ★★★ [2][4]

Cycle de reproduction d'un Angiosperme

Cycle digénétique : une diplophase (le pied feuillé = sporophyte) et une haplophase (le gamétophyte : sac embryonnaire et pollen)



Cycle de reproduction d'un Mammifère

Cycle monogénétique, diplophasique

Références

- [1] ou absence de numéro : Ouvrage ou page Internet non précisé
- [2] O. Dautel et al. Biologie Géologie BCPST1. Vuibert
- [3] C. Perrier et al. Biologie BCPST1 tout-en-un. Dunod
- [4] C. Perrier et al. Biologie BCPST1 tout-en-un, édition 2013. Dunod