

Chapitre 3. CYTOSQUELETTE

I. DEFINITION

Le cytosquelette est spécifique des cellules eucaryotes. Il comprend trois types d'éléments : les microtubules (MT), les microfilaments (MF) d'actine et les filaments intermédiaires (FI).

II. MICROTUBULES

Les MT sont des polymères instables et polarisés présents dans le hyaloplasme, ils sont mis en évidence par la technique de l'immunofluorescence.

1. Ultrastructure et Architecture moléculaire

Les MT sont constitués de deux types de protéines globulaires, les tubulines alpha (α) et les tubulines bêta (β) qui s'associent en dimères. Les dimères se polymérisent en protofilaments, la polymérisation se fait en présence de GTP et de Mg^{++} . L'association de 13 protofilaments donne un microtubule (tube creux) de 25nm de diamètre (polycopié p.67) (figure 1a).

Les MT présentent deux extrémités qui s'allongent à des vitesses différentes. L'extrémité (+) à polymérisation rapide est orientée vers la membrane plasmique (vers l'extérieur) alors que l'extrémité (-) à polymérisation plus lente s'oriente vers le centre cellulaire.

2. Protéines associées

Les MT sont associés à des protéines (MAP), certaines d'entre elles ont un rôle dans la stabilisation des MT, les autres sont spécialisées dans le mouvement des vésicules et des organites le long des MT (figures 1b, 2a et 2b).

Ces protéines associées sont des ATPases : les Kinésines qui transportent vers l'extrémité (+) située du côté de la membrane plasmique et les Dynéines vers l'extrémité (-) orientée vers le centre cellulaire.

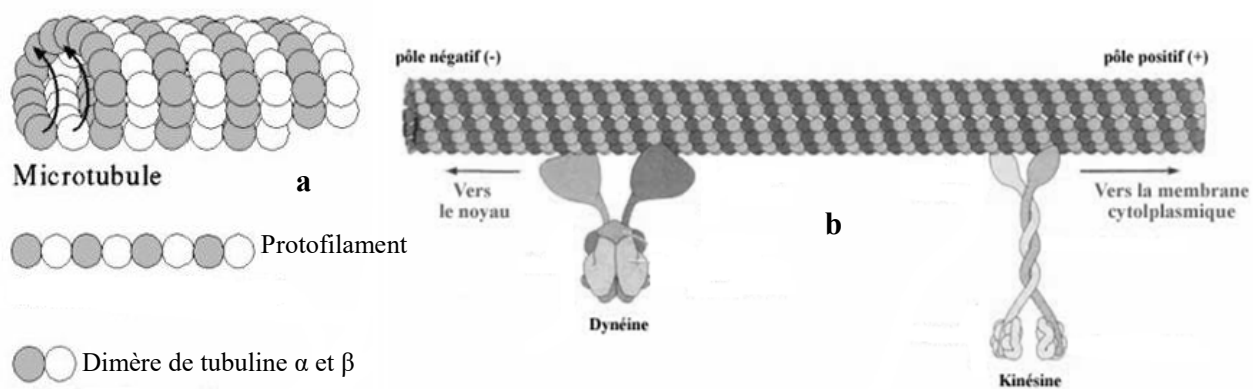


Figure 1. Architecture moléculaire d'un MT (a) et protéines associées lors des transports (b).

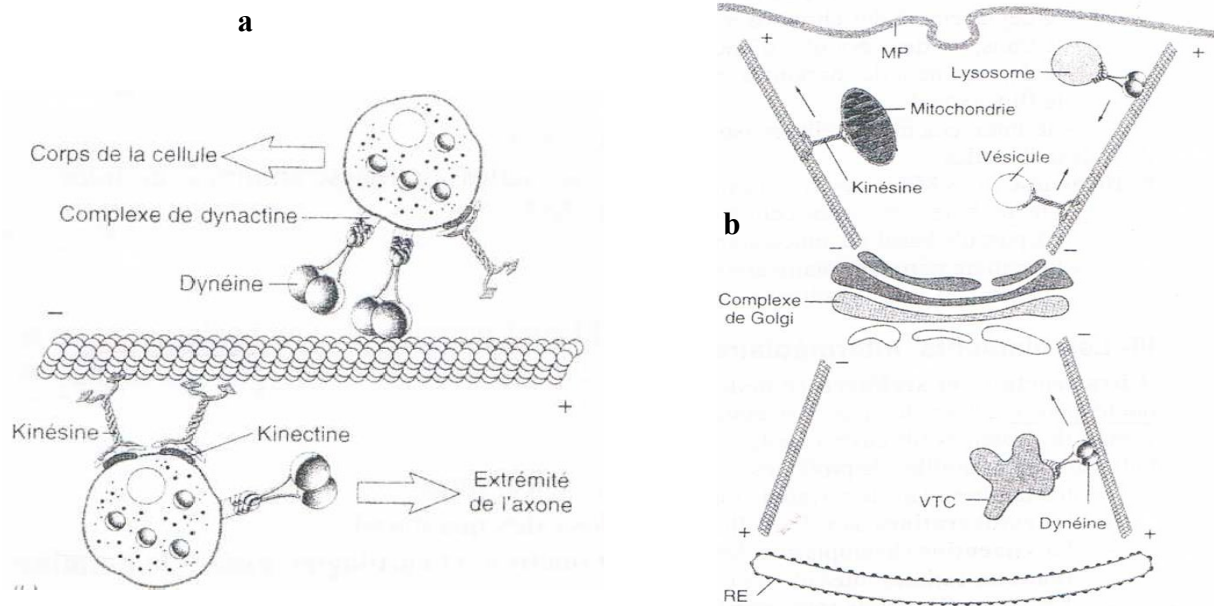


Figure 2. Les protéines associées aux MT : Moteurs moléculaires

(a) Schéma de deux vésicules (qui se déplacent en sens opposés le long du même microtubule, l'une actionnée par une kinésine qui avance vers l'extrémité plus de la voie et l'autre par la dynéine cytoplasmique vers son extrémité moins. Dans le modèle représenté, chaque vésicule contient les deux types de protéines motrices, mais les molécules de kinésine sont inactivées dans la vésicule supérieure et celles de dynéine sont inactivées dans la vésicule inférieure. Les deux protéines motrices sont fixées à la membrane des vésicules par un intermédiaire la kinectine et attachée par une protéine membranaire la kinectine et la dynéine par un complexe protéique soluble, la dynactine.

(b) Représentation schématique du transport des vésicules et des organites par la kinésine et la dynéine, dans une cellule en culture non polarisée.

3. Variétés de microtubules

On distingue deux types de MT selon le type de fixateur et selon la température de fixation.

a. Microtubules stables

Ils sont conservés quel que soit le type de fixateur et quelle que soit la température de fixation. Les MT stables sont des éléments cellulaires permanents.

a1. Centrioles

Deux centrioles situés près du noyau (cellule animale), disposés perpendiculairement l'un à l'autre et entourés d'une matrice amorphe constituent ensemble le centrosome. Chaque centriole est formé uniquement par 9 triplets de microtubules périphériques, chaque triplet est constitué des microtubules A, B et C. La cellule végétale renferme une matrice amorphe et ne contient pas de centrioles (centrosome).

a2. Corpuscule basal ou cinétosome

Il se trouve à proximité de la membrane plasmique, à la base des cils et des flagelles et possède une structure centriolaire (9 triplets périphériques).

a3. Cils et flagelles

Ce sont des expansions de la membrane plasmique contenant un axonème dont l'organisation est la même dans les cils et les flagelles. L'axonème est constitué de 9 doublets de microtubules périphériques et un doublet central entouré par un manchon protéique. Chaque doublet périphérique est formé de MT A et B.

b. Microtubules labiles

Ils se conservent par des fixateurs aldéhydiques (ex. glutaraldéhyde) et à une température supérieure à 4°C, c'est le cas des MT du fuseau mitotique ou achromatique (polycopié p.135 à 139).

4. Fonctions

Les MT stables et labiles interviennent dans le:

- maintien de la forme de la cellule,
- déplacement des chromosomes en mitose et en méiose,
- transport des vésicules d'endocytose et d'exocytose,
- déplacement des organites intracellulaires,
- flux axonal,
- mouvement de cellules isolées (paramécie, spermatozoïde...), à l'aide des cils et des flagelles.

5. Biogénèse

Les MT se polymérisent à partir de centres organisateurs (MTOC), ces centres sont :

- le kinétochore, centre organisateur des MT kinétochoriens,
- le corpuscule basal ou cinétosome centre organisateur de l'axonème des cils et des flagelles,
- la matrice péricentriolaire amorphe (cellule animale) ou la masse amorphe (cellule végétale), centres organisateurs des autres MT.

III. MICROFILAMENTS D'ACTINE

Ce sont des polymères instables et polarisés présents dans le hyaloplasme, ils sont mis en évidence par la technique d'immunofluorescence.

1. Ultrastructure et architecture moléculaire

Les MF ont un diamètre d'environ 5 à 7nm, l'actine G (globulaire) se polymérise en actine F (filament d'actine) (**figure 3**), la polymérisation nécessite la présence de l'ATP et du Mg^{++} (polycopié p.67). Les MF d'actine présentent deux extrémités, une extrémité (+) où la polymérisation est plus rapide et une extrémité (-) où la polymérisation de l'actine est plus lente. La cytochalasine bloque la polymérisation des MF d'actine en se fixant à leur extrémité (+).

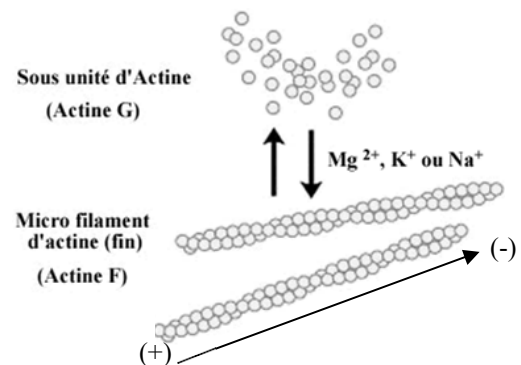




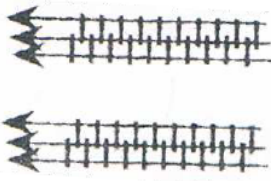

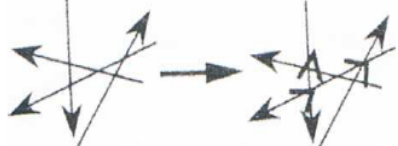


Figure 3. Architecture moléculaire des MF d'actine.

2. Protéines associées Plusieurs types de protéines s'associent aux microfilaments d'actine et interviennent dans différentes fonctions :

a. Contrôle de la polymérisation et de la dépolymérisation des MF: la profiline favorise la polymérisation et le caldesmon empêche la dépolymérisation.

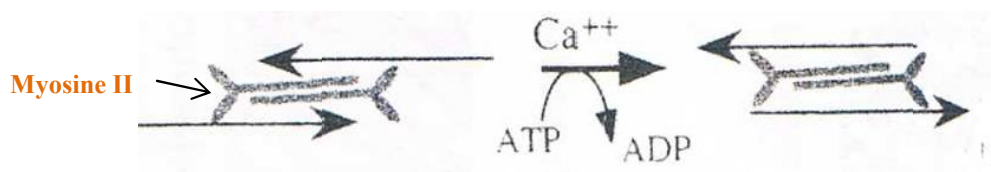
b. Organisation des MF: l' α -actinine, la fimbrine, la villine et la filamine interviennent dans l'organisations des MF en faisceaux ou en réseau (tableau ci-dessous).

Organisation des MF	Protéine associée	Représentation schématique
Faisceaux larges	α -actinine 	 Fixation à l'extrémité (+)
Faisceaux serrés	Fimbrine  Villine 	 Microvillosités
En réseau	Filamine 	 Stabilisation des MF

c. Mouvements de vésicules et d'organites : la myosine I, protéine motrice en présence d'ATP, permet de déplacer les vésicules et les organites tout le long des MF d'actine de l'extrémité (-) vers l'extrémité (+).



d. Contraction musculaire : au cours de la contraction musculaire, la myosine II à activité ATPasique en présence de Ca^{++} se lie au MF d'actine pour former un complexe actomyosine.



2. Fonction

Les microfilaments d'actine interviennent dans plusieurs fonctions :

- la forme et le maintien de la polarité des cellules (ex. microvillosités),
- les mouvements intracellulaires des organites (mouvements de cyclose des chloroplastes chez la cellule végétale,
- les mouvements des vésicules intracellulaires,
- les mouvements cellulaires à l'aide de pseudopodes (ex. déplacement : amibe et leucocytes),
- la cytotdiérèse, au cours de la division cellulaire,
- la formation des jonctions cellulaires.

IV. FILAMENTS INTERMEDIAIRES

1. Ultrastructure et architecture moléculaire

Les filaments intermédiaires sont des polymères stables présents dans le hyaloplasme et dans le nucléoplasme, leur diamètre est compris entre 8 et 10nm (**figure 4**). Ils sont formés de protéines fibreuses.

2. Familles de protéines fibreuses

a. **Lamines** : forment un réseau à la périphérie du noyau (face nucléoplasmique) des cellules eucaryotes, elles ont un rôle de soutien de l'enveloppe nucléaire et un point d'attache à la chromatine dense. Au moment de la division cellulaire le réseau de lamines est déstructuré et l'enveloppe nucléaire fragmentée en vésicules.

b. **Cytokératines** : protéines fibreuses spécifiques des cellules épithéliales, elles forment un réseau qui s'ancre dans le desmosome et l'hémidesmosome. Ce réseau de kératine est en continuité avec les cellules voisines, elles participent à la résistance aux forces de traction.

c. **Vimentine** : protéine fibreuse spécifique des cellules des cellules conjonctives et cartilagineuses, elle se trouve dans le hyaloplasme.

d. **Desmine** : elle est spécifique des cellules musculaires, elle consolide les myofibrilles et confère au muscle son aspect strié en microscopie photonique.

e. **Protéines des neurofilaments** : sont des protéines spécifiques des neurones.

V. FONCTIONS DU CYTOSQUELETTE

Le cytosquelette assure plusieurs fonctions telle que :

- La structure et le support de la cellule
- Le transport des vésicules et organite à l'intérieur de la cellule
- La contractilité et la motilité
- L'organisation spatiale dans la cellule

Pour en savoir plus

1. Cau P. et Seite R. 2002- Cours de Biologie Cellulaire. Éd. Ellipses.
2. Campbell N.A. et Reece J.B. 2004- Biologie. Éd. De Boeck.
3. Rescott L., Harley J.P. et Klein D.A. 1995- Microbiologie, traduit de l'anglais par Bacq-calberg CM., Coyette J., Hohet P. et Nguyen-Distèche M. Éd. De Boeck, 1014p.
4. Raven PH et Johnson 2000- Biology. Éd. Mc Graw.
5. Albert, Bray, Johnson, Lewis, Raif, Roberts et Walter 1999- L'essentiel de la biologie cellulaire: introduction à la biologie moléculaire de la cellule. Éd. Flammarion Médecine Sciences.

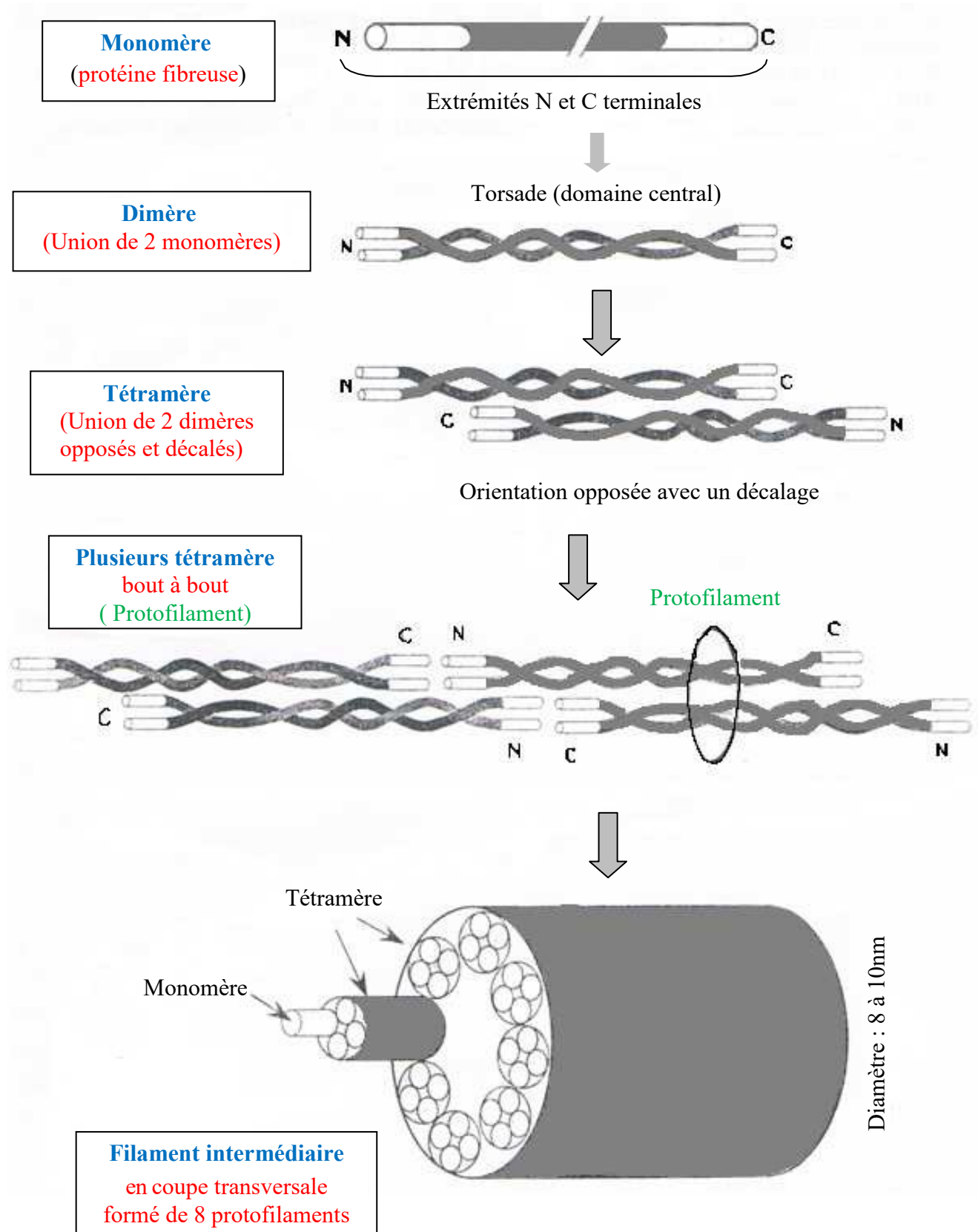


Figure 4. Biogenèse et architecture moléculaire d'un filament intermédiaire.