

CYTOSQUELETTE

GENERALITES :

1) -Le cytosquelette est nécessaire au maintien de la vie (Indispensable et présent dans toutes les cellules):

- a) – Fonction cellulaire.
- b) – Prolifération, différenciation, inflammation••
- c) – Fécondation

2)- Le cytosquelette est l'ensemble des polymères protéiques fibreux qui forment dans la cellule les micros filaments, les filaments intermédiaires et les microtubules ainsi que les protéines qui leur sont associées dont le but est d'assurer la structure et la mobilité cellulaire.

3). Il est composé de polymères associés à des protéines qui assurent la structure, la déformation et la mobilité cellulaire et tissulaire mais aussi :

- a)-Sont responsables de la morphologie cellulaire et son adaptation dans les tissus
- b)-Régulent les flux de molécules intracellulaires pour permettre les mouvements biologiques.

Ces polymères sont des « rails » sur lesquels circulent des protéines qui permettent les mouvements biologiques (intra et inter cellulaire) et qui assurent l'activité cellulaire.

4)-Les monomères de protéines qui composent le cytosquelette sont:

a. 3 types de constituants du cytosquelette :

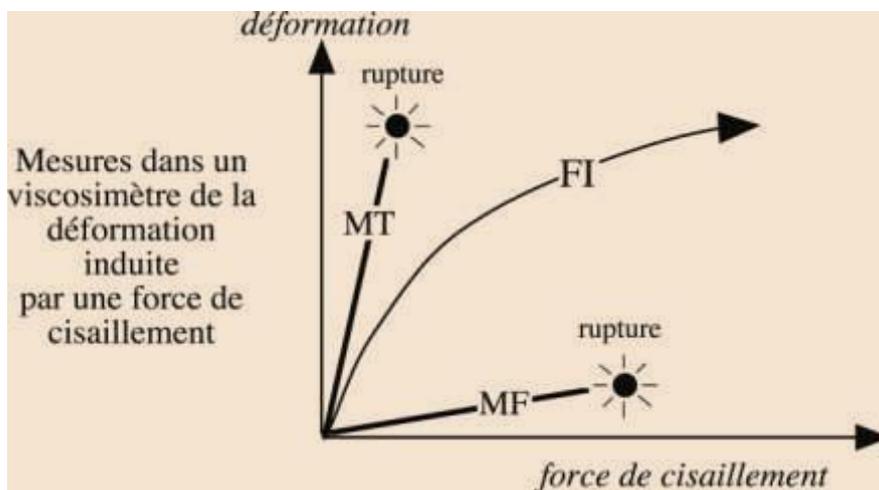
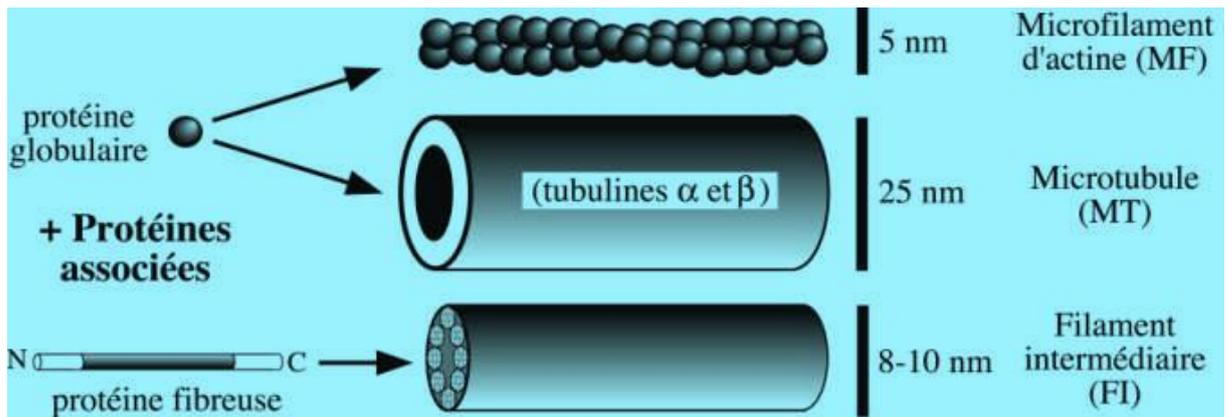
- micro filaments (actine) = MF
- microtubules (tubulines) = MT
- filaments intermédiaires (= FI, ≈ tresse, très résistants) + protéines associées

a)-Globulaires (**actine, tubuline**)

b)-Fibreux (filaments intermédiaires), cependant se ne sont pas des fibres au sens histologique du terme, on leur donne ce nom uniquement d'après leur forme allongée.

5)-Les monomères s'associent entre eux pour former des polymères fibreux (= polymérisation) :

- Micro filaments d'actine (**diamètre de 8nm**).
- Filaments intermédiaires (**diamètre de 10 nm**).
- Microtubules (**diamètre de 25 nm**).



6)-Les polymères protéiques sont formés à partir d'unités monomériques qui sont soit des protéines globulaires (micro filaments d'actine et microtubules), soit des protéines fibreuses (filaments intermédiaires).

7)-Les éléments du cytosquelette sont répartis essentiellement dans le cytosol où ils sont synthétisés, dans le nucléo-plasme qui comporte une famille spécifique de filaments intermédiaires (les lamines) et enfin à la périphérie de la cellule, où ils forment le cortex cellulaire. Cependant, la localisation des protéines induit leur fonction, telles les lamines dans le noyau

8)-Le cytosquelette est le siège de remaniements permanents à type de polymérisation-dépolymérisation, phosphorylation-déphosphorylation. De ce fait, les constituants du cytosquelette existent dans les cellules sous trois états différents en équilibre les uns avec les autres : des monomères libres, des polymères instables et des polymères stabilisés.

9)-Les polymères stabilisés jouent le rôle d'un véritable squelette cellulaire : ils déterminent la forme de la cellule, la forme des différenciations membranaires (microvillosités, cils, flagelles). Ils sont également responsables avec les polymères instables des mouvements cellulaires, exemples :

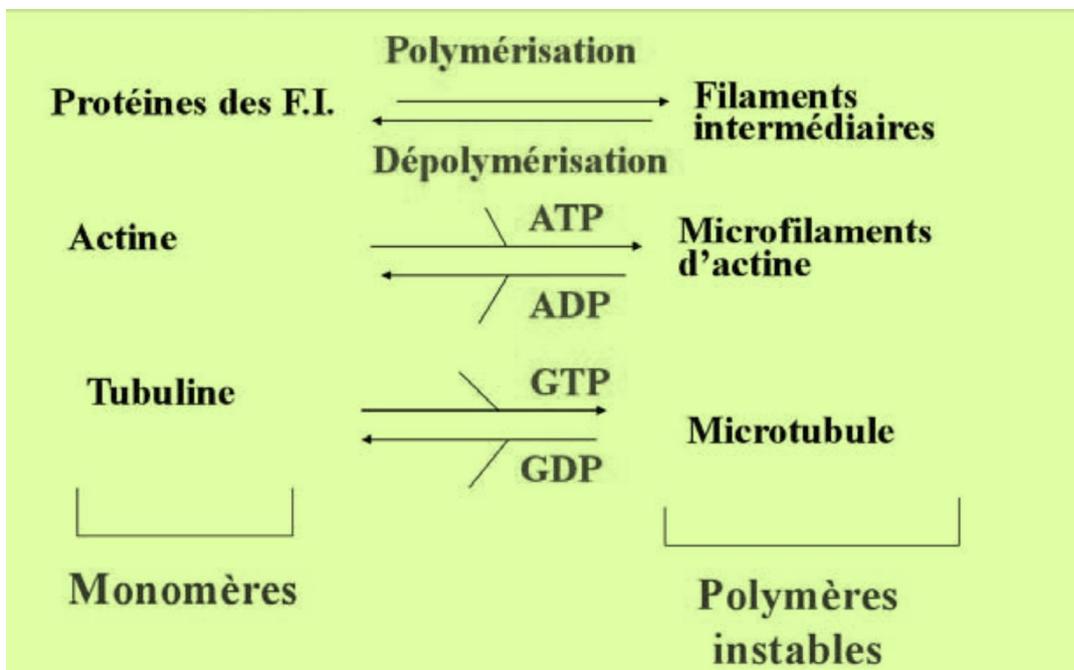
- a)-la contraction musculaire
- b)-la migration cellulaire pendant la vie embryonnaire
- c)-le déplacement des organites dans le cytosol.
- d)-les mouvements de la membrane cellulaire (endocytose, exocytose, pseudopodes...).

10)-On peut dire donc que de nombreuses protéines sont associées aux monomères et aux polymères des protéines constituant ainsi les édifices fibreux du cytosquelette. Ces protéines dites associées interviennent dans l'organisation et les fonctions du cytosquelette.

Il est remanié en permanence, afin de renouveler ses composants pendant la vie cellulaire.

Pour éviter la dépolymérisation constante, les polymères instables peuvent se lier à des organites ou à des protéines associées à la membrane plasmique ou au cytoplasme (protéine G, M.A.P=Microtubules Associated Protéins).

—————> **Ce sont alors des polymères stables**



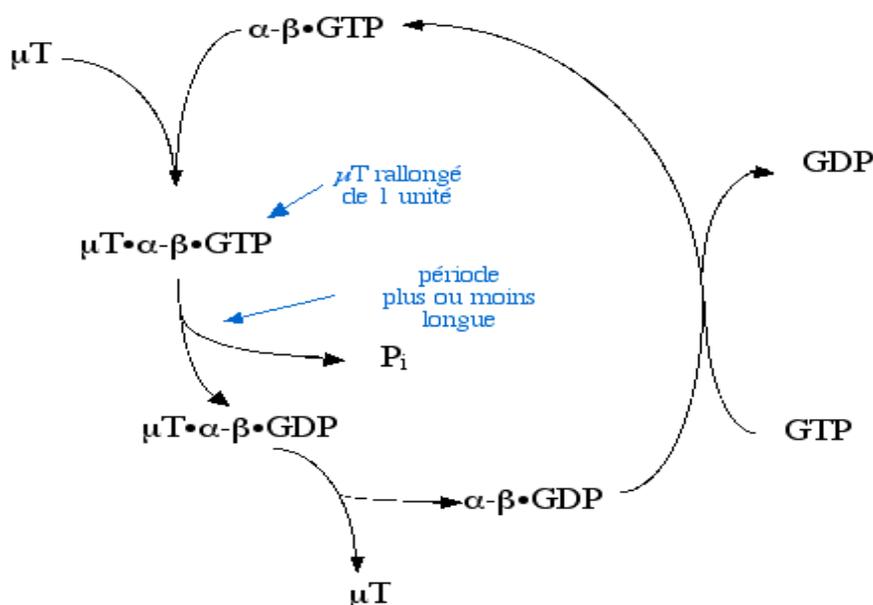
I. LES MICROTUBULES

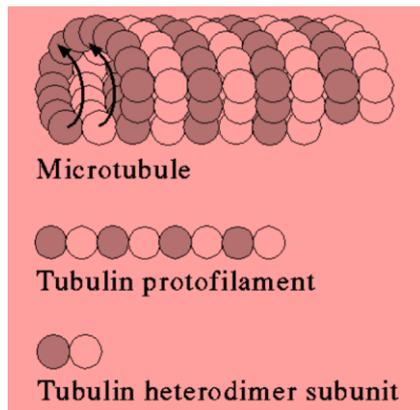
D) - Structure: Ce sont des tubes creux de 25 nm d'épaisseur, formés par la polymérisation d'une protéine globulaire, la tubuline (tubuline α et β). Elles s'associent en dimères (hétéro- dimères) qui se polymérisent pour constituer des proto-filaments qui à leur tour s'assemblent pour former un microtubule (13 proto-filaments par microtubule). Dans le microtubule, les molécules de tubuline α et β de deux proto-filaments voisins sont décalés d'une unité ce qui est responsable de leur disposition hélicoïdale.

Les microtubules sont des structures polaires caractérisées par une extrémité positive, à croissance rapide, et par une extrémité négative, à croissance lente ; ils se forment suivant un processus programmé. La cellule possède des centres d'organisation des microtubules, qui en dirigent la formation : les centrioles, les corpuscules basaux des cils et les centromères

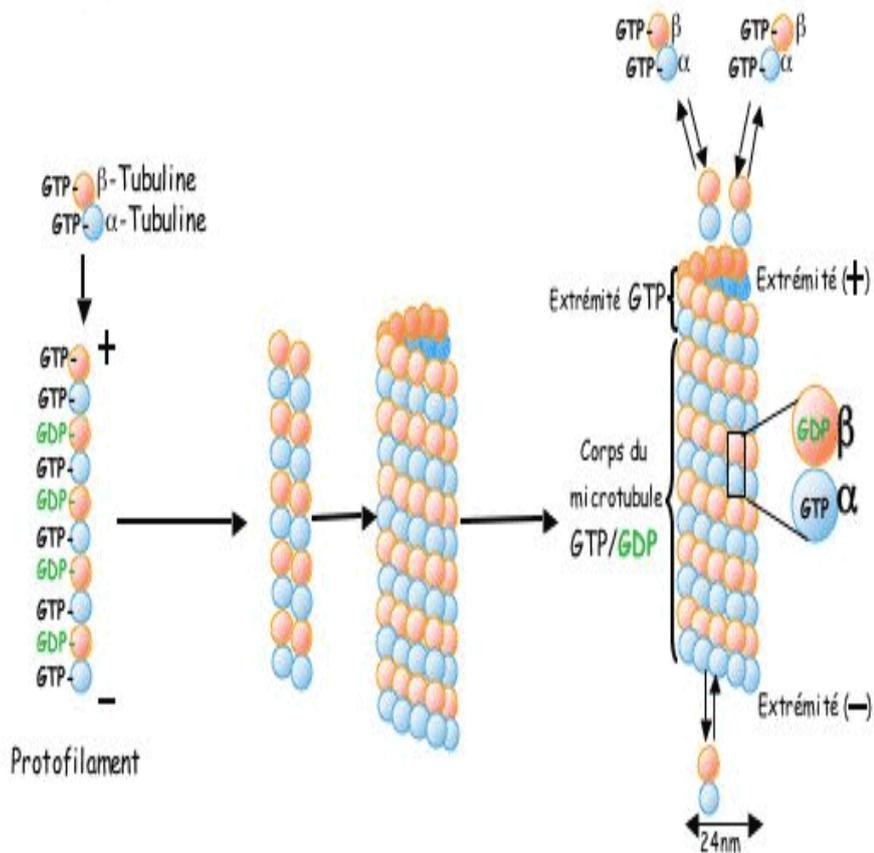
Dans les cellules animales, les microtubules se dépolymérisent et se repolymérisent continuellement, constituant un réseau dynamique (énergie fournie par le GTP) polarisé qui irradie du centrosome vers la périphérie.

Comme dans le cas de l'actine, des protéines peuvent, selon les types cellulaires, exercer une stabilisation des microtubules. Ces protéines, appelées MAP ("Microtubule Associated Protein"), sont capables de stabiliser les microtubules en des localisations précises du cytoplasme; ainsi, dans les neurones, la protéine MAP2 est présente dans les dendrites et le corps cellulaire, mais absente de l'axone, où sont trouvées certaines formes de protéine Tau, suggérant un rôle des MAPs dans la compartimentation cytoplasmique et l'orientation sélective des microtubules.





DYNAMIQUE DE LA POLYMERISATION DES MICROTUBULES



1-Assemblage du protofilament:
polymérisation de dimères
de tubulines α et β

2-Association latérale
de protofilaments

3-Elongation du microtubule

Microtubules et protéines associées.

1. Les protéines associées aux microtubules :

Les protéines associées aux microtubules sont dénommées MAP (microtubule-associated proteins) et on les subdivise en deux groupes :

a. les protéines MAP2 et 4 ainsi que **Tau** qui organisent et stabilisent le réseau de microtubules. Les MAP2 et 4 sont surtout très présentes dans les corps cellulaires neuronaux et les dendrites alors que Tau est localisée dans l'axone.

b. les protéines motrices : kinésines et dynéine qui assurent le transport des organites et des vésicules vers différents compartiments de la cellule en se déplaçant sur le microtubule. Les kinésines se déplacent vers l'extrémité (+) et les dynéines se déplacent vers l'extrémité (-). Comme la myosine II (associée aux filaments d'actine) ces protéines motrices utilisent l'énergie dérivée de l'hydrolyse de l'ATP pour se déplacer. Ces trois types de protéines motrices sont des ATPases capables de transformer l'énergie chimique de l'ATP en énergie mécanique.

Kinésine est un terme issu du grec kinêsis, qui signifie se mouvoir, et découverte en 1984. La kinésine est une protéine capable de se déplacer en présence d'ATP. Ces déplacements se font principalement au niveau des microtubules. Cette faculté la place au rang des protéines motrices, au même titre que la dynéine.

La détermination de la structure de cette protéine par diffraction des rayons X et microscopie électronique a révélé une queue, constituée des chaînes lourdes emmêlées, ainsi que deux têtes, constituées des chaînes légères. La queue est la partie qui se fixe à l'objet à déplacer, tandis que les deux têtes permettent le mouvement le long des microtubules de façon antérograde.

Les polymères de tubulines sont associés à d'autres protéines, les MAP (Microtubules Associated Proteins) comme la dynéine, la nexine, les kinésines... Les unes interviennent dans la stabilisation des MT (MAP2), les autres dans le transport orienté de vésicules et des organites le long des MT.

2)-PROPRIETES:

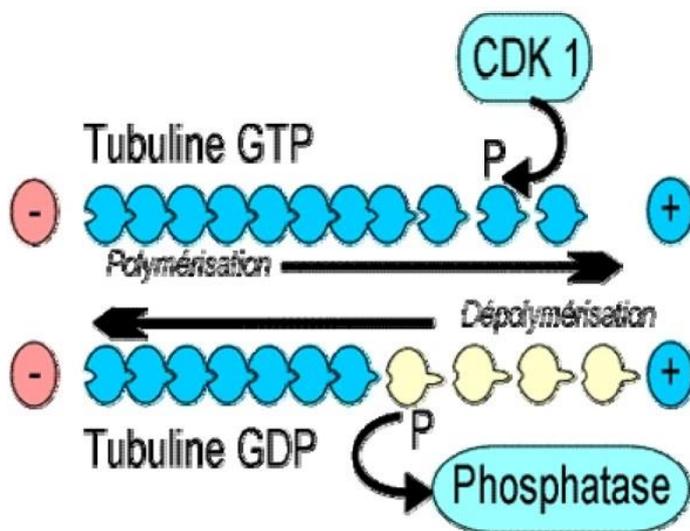
a)-Les microtubules cytosoliques sont des polymères dynamiques et instables. Leur demi-vie est de quelques minutes dans des cellules en culture.

b)-Ce sont des structures polarisées, présentant simultanément à leurs deux extrémités une polymérisation et une dépolymérisation.

c)-La polymérisation est plus rapide à l'extrémité « + ».

L'allongement du microtubule y est donc plus rapide.

d)-La polymérisation des tubulines est couplée à la phosphorylation du GDP en GTP. Dans le microtubule, les polymères de tubulines sont donc liés aux molécules de GTP en particulier à la molécule β qui possède des sites de fixation pour le GTP et le Mg^{2+} .



Polymérisation et dépolymérisation des microtubules.

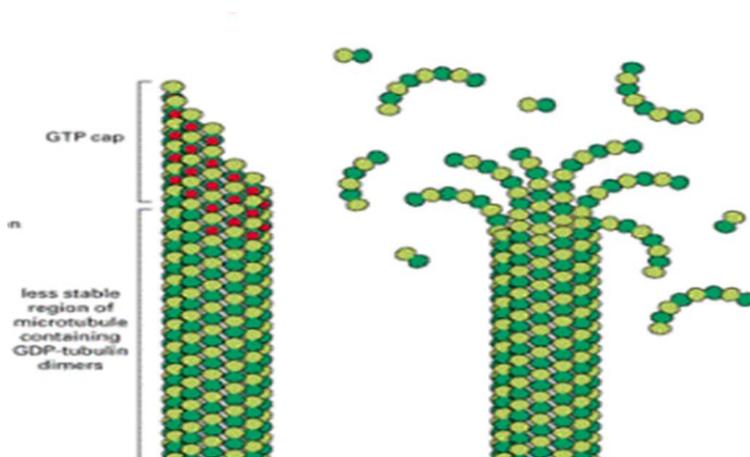
e)-La dépolymérisation du microtubule est couplée à l'hydrolyse du GTP en GDP. Cette hydrolyse s'accompagne du détachement des monomères α et β .

f)- De nombreuses substances utilisées en thérapeutique perturbent la polymérisation ou la dépolymérisation des microtubules :

***la colchicine (alcaloïde extrait de *Colchicum autumnale*) se fixe sur la tubuline libre, non polymérisée et empêche la formation de polymères ainsi que la vinblastine (alcaloïde extraits de la pervenche) se lie aux dimères de tubuline et forment des agrégats.

L'absence ou l'insuffisance de microtubules lors de la mitose a pour conséquence de bloquer la division cellulaire au stade métaphase, ce qui explique son action anti-tumorale.

***Le taxol, par contre exerce l'effet contraire car il stabilise les MT et empêche leur dépolymérisation. Ainsi, le taxol (extrait de l'écorce d'if) en se fixant sur la tubuline β induit la formation de microtubules stables. La persistance du réseau lors de la mitose empêche la cellule de se diviser car la dépolymérisation des microtubules (au niveau des kinétochores) qui est une étape cruciale lors de la séparation des chromosomes ne peut avoir lieu.



Polymérisation

Dépolymérisation

3-ROLES DES MICROTUBULES :

a)- Les microtubules participent au maintien de la forme cellulaire.

b)- Ils interviennent également dans des phénomènes moteurs :

*** déplacement des cellules pourvues de flagelles

*** déplacement du milieu liquidien au contact du pôle apical des cellules ciliées (bronches)

*** déplacement des vésicules et des organites

*** migration des chromosomes au cours de la mitose.

3.1-Le centre cellulaire ou centrosome :

Il est constitué de deux centrioles (dont chacun est constitué de 9 triplets de microtubules) disposés près du noyau perpendiculairement l'un à l'autre et sont entourés par une matrice de MAP. Le microtubule le plus interne de chaque triplet (A) est complet (13 protofilaments). Les microtubules distaux (B et C) sont incomplets (10 protofilaments). Le microtubule C est relié au microtubule A voisin par des liaisons transversales qui lui-même est relié par des liaisons radiales avec le centre du centriole.

Le centrosome se duplique pendant l'interphase et chacun occupe un des deux pôles de la cellule au début de la mitose et servira ainsi de centre de nucléation des microtubules du fuseau mitotique.

3.2-Cils et flagelles :

Ce sont des expansions de la membrane plasmique contenant un squelette organisé de microtubules et de MAP, l'axonème.

Structure des cils et des flagelles

a)- L'axonème est composé de :

--- 9 doublets de microtubules périphériques : le microtubule le plus interne (A) est complet (13 protofilaments), le microtubule externe (B) est incomplet.

--- 1 doublet de microtubules centraux, reliés entre eux.

--- l'extrémité « - » de ces microtubules est située à la base du cil. L'extrémité « + » au contact de la membrane plasmique, au sommet du cil ou à l'extrémité du flagelle.

--- Le microtubule B d'un doublet périphérique est relié au microtubule A du doublet voisin par une MAP (la nexine).

----- Les microtubules centraux sont entourés par un manchon de MAP relié au microtubule A et des doublets périphériques par des MAP mal connues constituant des fibres radiaires.

---- Chaque microtubule A des doublets périphériques présente une MAP motrice spécifique (la dynéine) formée deux bras, l'un interne, l'autre externe

--- La dynéine est une ATPase responsable du glissement des doublets de microtubule les uns par rapport aux autres et donc des mouvements ciliaires et flagellaires.

b- Le corpuscule basal :

Le corpuscule basal a une structure comparable à celle du centriole. Il constitue le point d'insertion intra-cytoplasmique du cil dans les cellules ciliées.

Il est constitué de 9 triplets de microtubules. Deux de ces microtubules se prolongent dans les doublets de microtubules périphériques du cil ou du flagelle. Les 2 microtubules centraux du cil n'ont pas d'équivalent dans le corpuscule basal

II. LES MICROFILAMENTS D'ACTINE

A- Structure et propriétés :

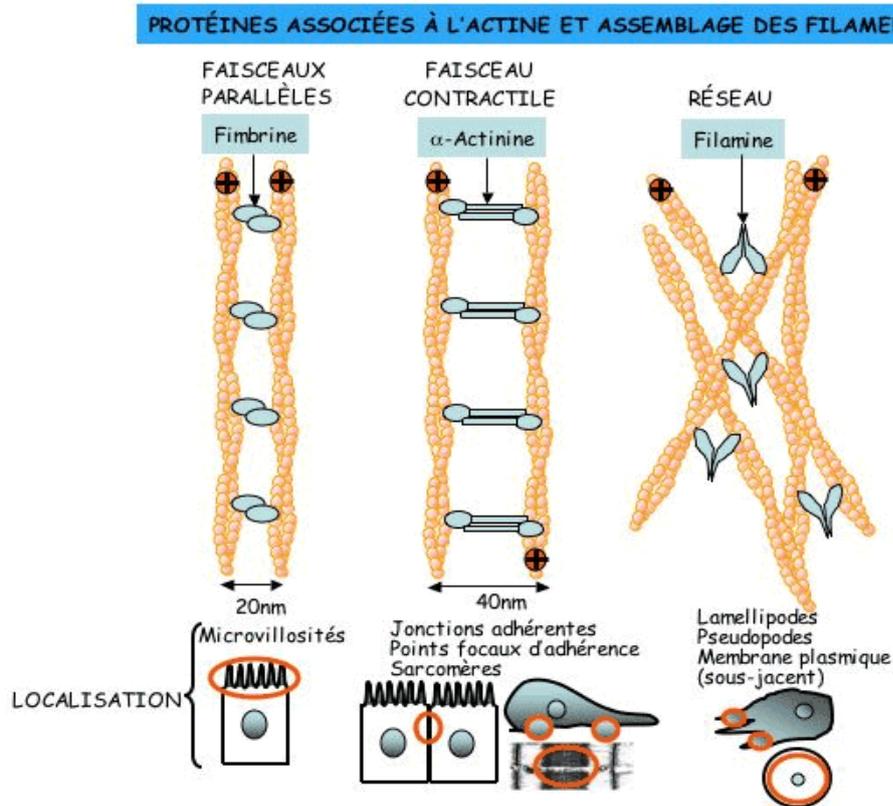
Ce sont de fines fibres résultant de la polymérisation d'une protéine globulaire, l'actine G. Ils ont une épaisseur de 7 nm et sont constituées de deux chaînes de molécules globulaires enroulées en hélice.

Les micro-filaments d'actine sont des structures polarisées instables. La dépolymérisation nécessite l'hydrolyse préalable de l'ATP fixé à l'actine.

L'actine est l'une des protéines les plus abondantes des cellules (5% et 20% respectivement des protéines des cellules non musculaires et des cellules musculaires)

Trois classes d'actine sont présentes dans les cellules :

- l'actine α : majoritaire dans les cellules musculaires
- les actines β et γ : majoritaires dans les autres types cellulaires. Plusieurs types de protéines sont associés à l'actine et contrôlent la polymérisation et la dépolymérisation des micro-filaments d'actine ou interviennent dans leurs différentes actions:

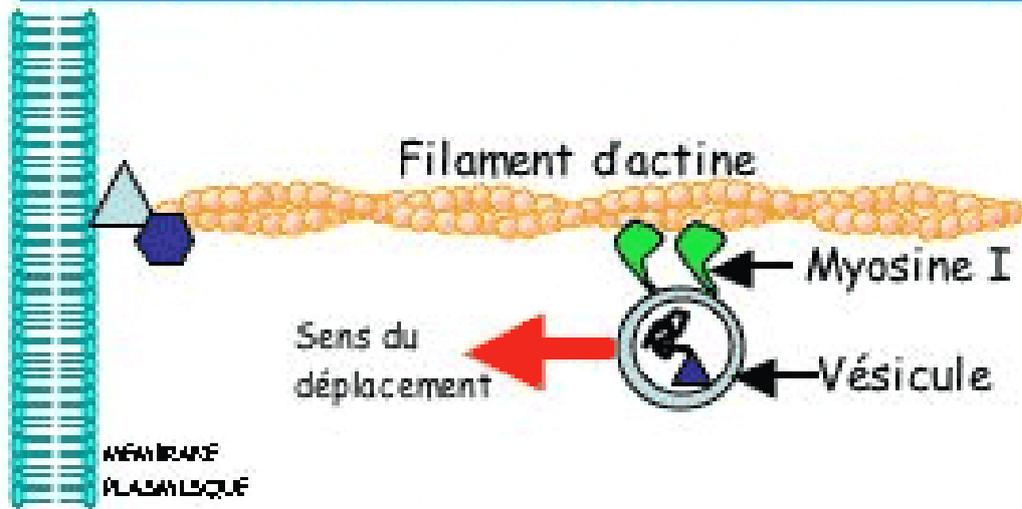


Exemples:

- . La thymosine : bloque la polymérisation
- . La profiline : favorise la polymérisation
- . Le caldesmon et la tropomyosine: stabilisent les micro-filaments
- . La myosine : intervient avec l'actine dans la contraction cellulaire.

Il faut noter aussi que les micro-filaments jouent un rôle très important dans le transport des vésicules

TRANSPORT DE VÉSICULES PAR LES MICROFILAMENTS



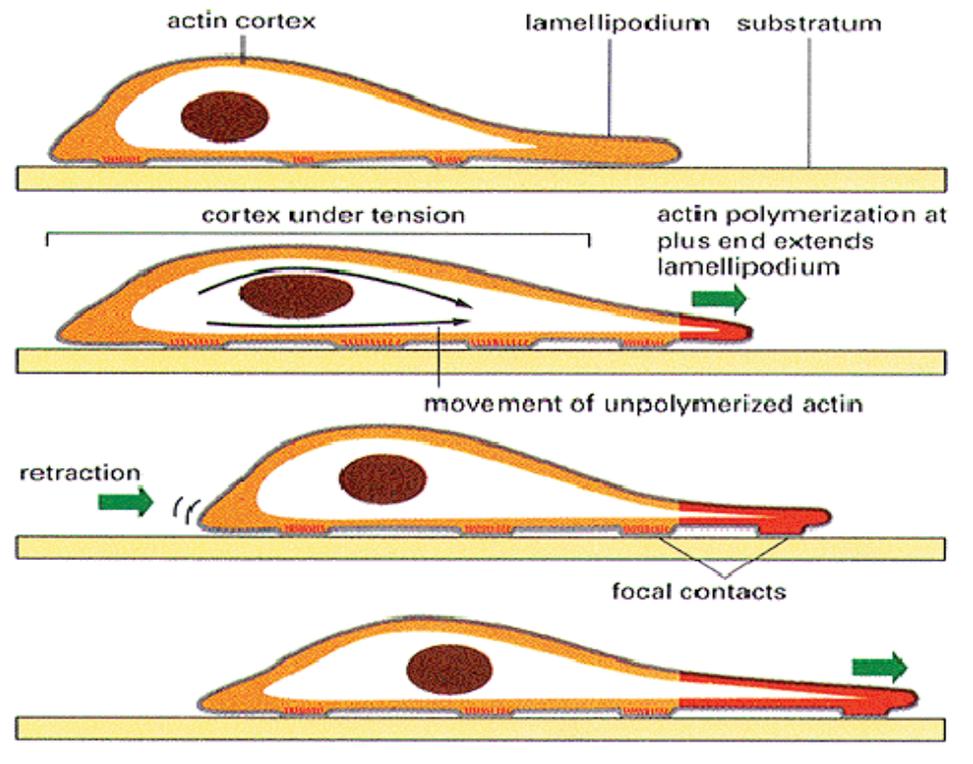
B- Modes d'organisation et rôles des micros filaments d'actine :

Les micro-filaments d'actine forment dans les cellules de nombreuses structures temporaires ou permanentes très organisées intervenant dans les fonctions de ces cellules.

Les principales structures formées par les micros filaments d'actine sont:

a- Le cortex cellulaire :

C'est un réseau de micro-filaments d'actine situé sous la membrane plasmique à laquelle il est fixé par de nombreux points d'ancrage. Il est responsable des mouvements d'expansion et de rétraction cellulaire et de déplacement des cellules sur leur support.



Le cortex cellulaires formé par les micro-filaments d'actine

Il intervient également dans les mouvements de la MP pendant l'exocytose et l'endocytose et aussi la formation des pseudopodes dans les macrophages.

Mobilité de la cellule (MF)

Dans le globule rouge, le réseau cortical d'actine forme avec une protéine particulière, la spectrine un réseau grillagé qui adhère à la membrane plasmique par des protéines transmembranaires.

b- L'appareil contractile

***dans les cellules non musculaires, il s'agit de :

---l'anneau contractile de la cytotdiérèse à la fin de la mitose.

---les fibres de stress dans les fibroblastes en culture.

---faisceaux contractiles des cellules épithéliales polarisées en relation étroite avec les complexes jonctionnels.

III. LES FILAMENTS INTERMÉDIAIRES

Les filaments intermédiaires forment dans la cellule un réseau constitué par des polymères de protéines fibreuses. Ils sont présents dans le cytosol et dans le nucléoplasme. Les filaments intermédiaires forment un réseau fibreux résistant sous les membranes, conférant ainsi des propriétés mécaniques à la cellule. Ils fournissent un support mécanique interne à la cellule et permettent le positionnement des organites-stress mécanique. Ils transmettent les contraintes mécaniques.

Ils ne sont pas polarisés (pas de transport directionnel)

Localisation: concentrés autour du noyau et irradient vers la périphérie de la cellule.

Ils ne se répartissent pas partout dans la cellule au hasard mais il y a une régulation fine de leur distribution.

***Dans le cytosol, ils forment des réseaux fibreux rigides et résistants qui s'étendent de l'enveloppe nucléaire jusqu'à la membrane plasmique

***Dans le nucléoplasme, il forme un réseau périphérique fixé à la face interne de l'enveloppe nucléaire par des récepteurs spécifiques.

Les filaments intermédiaires ont un diamètre de 8 à 10 nm et sont formés de proto-filaments; dont chacun est constitué par un assemblage d'unités tétramériques, (chaque unité est formée de 4 monomères fibreux).

Les protéines entrant dans la constitution des filaments intermédiaires appartiennent à quatre familles principales de protéines.

***Les lamines forment le réseau périphérique du noyau cellulaire.

*** la vimentine et les protéines apparentées:

Elle est caractéristique des cellules d'origine mésenchymateuse épithéliales ou non (mésothélium et fibroblaste). Les protéines qui lui sont apparentées sont:

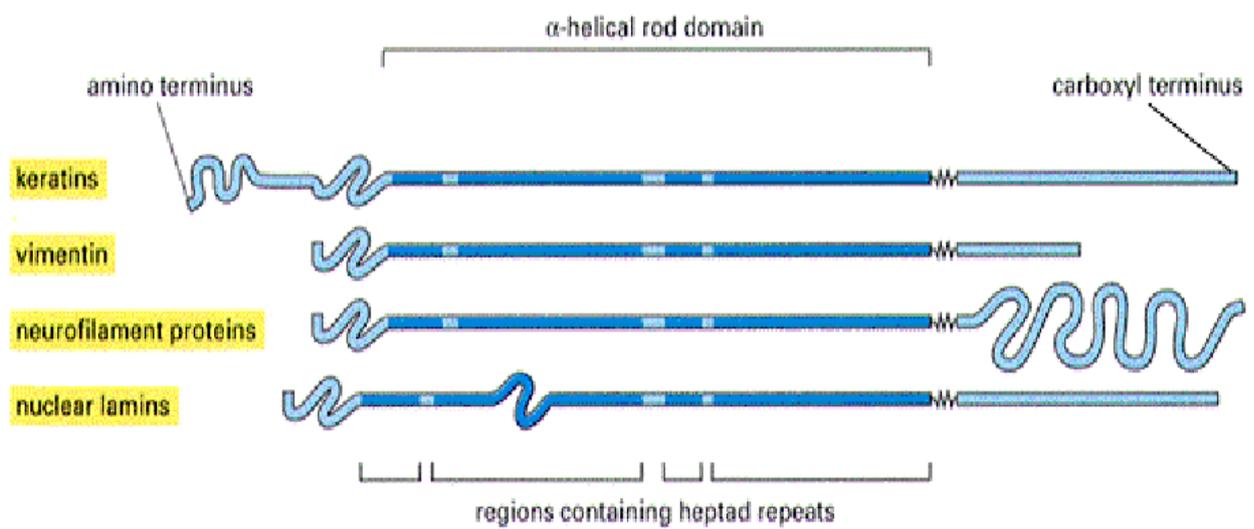
---la *desmine* caractéristique des cellules musculaires relie les myo-filaments entre eux et à la membrane plasmique.

---Les **cytokératines** **sont** présentes dans toutes les cellules épithéliales

****Les protéines fibrillaires acides des cellules gliales*

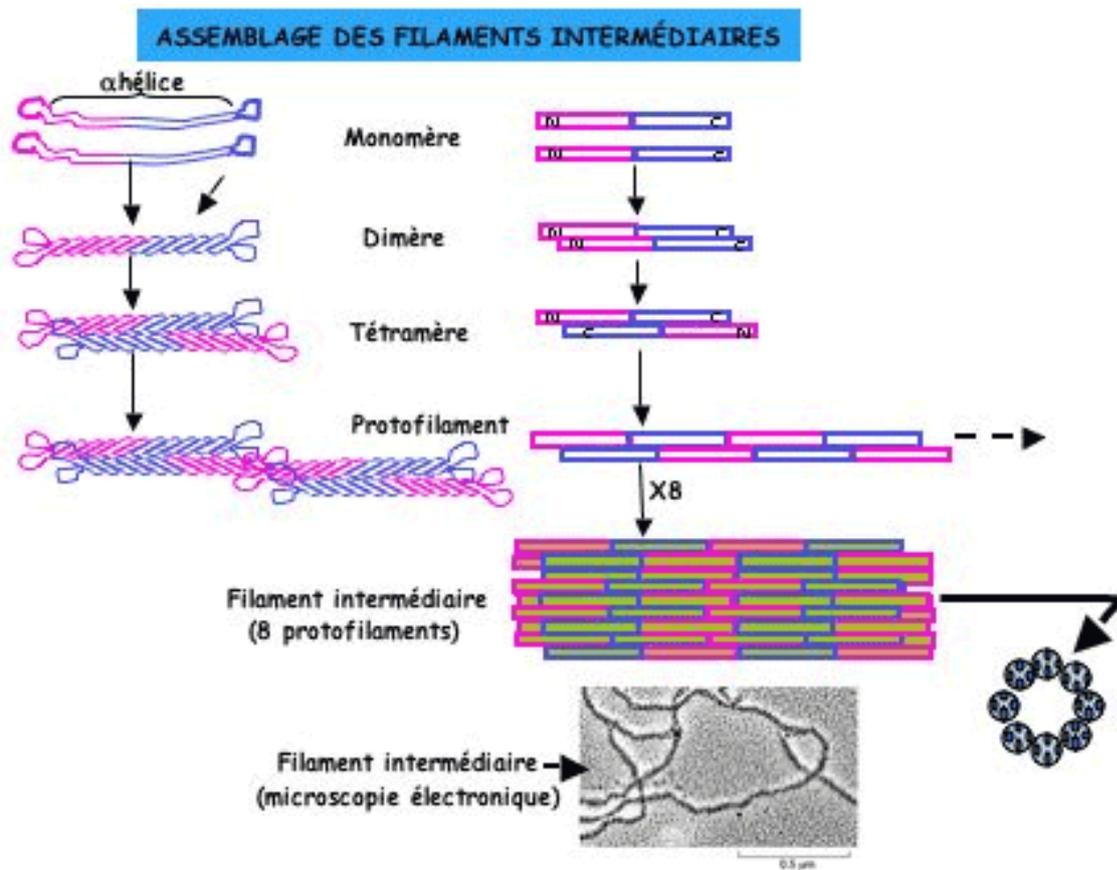
(GFAP) qui sont caractéristiques des astrocytes et des cellules de Schwann.

***Les neuro-filaments : spécifiques des neurones et forment le squelette des axones et des dendrites.



PROTÉINES DES FILAMENTS INTERMÉDIAIRES

TYPE	PROTÉINES	SPÉCIFICITÉ D'EXPRESSION
I	Kératines acides	Epithélium
II	Kératines neutres/basiques	Epithélium
III	Desmine	Muscles
	GFAP (glial fibrillary acidic protein)	Astrocytes
	Vimentine	Cellules mésenchymateuses Cellules précurseurs embryonnaires
	Péripérine	Neurones
IV	Neurofilaments: NFL, m, h	Neurones
	Internexines	Neurones
V	Lamines	Noyau
VI	Nestine	Cellules souches neuroépithéliales



IV. ROLE DU CYTOSQUELETTE

Les polymères stables assurent:

A. Structure de la cellule et des organites

Microvillosités,
 flagelles=>polarisation cellulaire.
 Microtubule pour le Golgi; lamine
 pour le noyau.

B. Mobilité cellulaire

---Migration cellulaire (déplacement..)
 ---Contractilité cellulaire
 ---Migration des organites et vésicules
 ---Mouvement de la membrane plasmique (endo-exocytose)

Déplacement cellulaire (flagelle) Mobilité des pôles cellulaires
 (cil) Déplacement des organites Migration des chromosomes

C. Activité métabolique (fonction cellulaire= maintien de l'activité cellulaire)

- Pendant la traduction (*transport d'ARNm du noyau vers le cytoplasme; liaison des kinases lors de la synthèse des protéines*),
- Cycle cellulaire (noyau:les lamines).

D. Activité mitotique (plusieurs composés du CS interviennent)

- Réorganisation des microtubules pour le fuseau mitotique
- Individualisation des cellules filles par l'actine
- Activation des enzymes de la mitose (kinase).

E. Prolifération bactérienne ou virale

Fonction des microtubules

Seuls les microtubules et les micro-filaments sont impliqués dans les phénomènes de motilité. Dans les deux cas la motilité est assurée par les protéines motrices.

➤ **Transport des vésicules de sécrétion**

Il est assuré par les deux protéines motrices (**dynéine** et **kinésine**) spécifiquement associées aux microtubules (les **myosines** étant associées aux filaments d'actine). Elles possèdent une tête globulaire qui interagit avec les microtubules et une région terminale qui interagit avec les vésicules de sécrétion.

Le transport axonal de différents types de vésicules illustre cette fonction. La kinésine assure le transport antérograde vers l'extrémité (+) du microtubule (du corps cellulaire vers la synapse), alors que la dynéine assure le transport rétrograde, c'est à dire vers l'extrémité (-) des microtubules. Des organites entiers (mitochondries) sont aussi transportés par les microtubules. A noter que dans la partie terminale de l'axone c'est la myosine associée aux filaments d'actine qui prend le relais du transport vésiculaire.

➤ **Transport des vésicules d'endocytose, phagocytose, pinocytose .**

➤ **Transport des vésicules membranaires entre le réticulum endoplasmique et le Golgi**

Si on inhibe la polymérisation des microtubules avec le **nocadazole**, les vésicules perdent leur forme et leurs fonctions et on prévient leur mouvement du réticulum vers le Golgi.

➤ **Tri et adressage des protéines dans les cellules polarisées (épithélium des tubules**

rénaux, intestin...)

Les vésicules membranaires issues du Golgi et dans lesquelles sont enchâssées les protéines destinées au pôle apical ou baso-latéral sont transportées par les protéines motrices le long des microtubules.

➤ **Mouvement des organites**

Les microtubules, avec les protéines motrices qui leur sont associées, sont en grande partie responsables de l'organisation spatiale et des mouvements dirigés des organites dans le cytoplasme. Cette fonction est illustrée en particulier lors de la division cellulaire. Les microtubules assurent le transport et la répartition en quantité à peu près équivalente des différents organites entre les deux cellules filles.

➤ **Transport viral**

Lors d'une infection virale, la particule virale est transportée de la périphérie vers le centre de la cellule (transport **rétrograde**) après s'être associée à la **dynéine** du réseau microtubulaire.

A la sortie du noyau, elle est transportée vers la périphérie (transport **antérograde**) en s'associant à une **kinésine** des microtubules.

➤ **Mise en place du fuseau mitotique et migration des chromosomes**

Ils jouent également un rôle important dans les divisions cellulaires : ce sont eux qui permettent le déplacement des chromosomes en formant le fuseau. Les mouvements seraient dû ici à la polymérisation / dépolymérisation des microtubules sur leur extrémité positive et négative.

Au cours de la prophase chaque centrosome se place à un pôle de la cellule pour initier la polymérisation des microtubules et former le fuseau mitotique. C'est ce fuseau qui capture les chromosomes et les positionne sur la plaque équatoriale métaphasique et les sépare ensuite en deux jeux égaux. La migration des chromosomes est réalisée grâce à leur interaction avec de protéines apparentées aux kinésines ainsi qu'à la dynamique de polymérisation/dépolymérisation des microtubules.

➤ **Battement des cils et des flagelles**

Les flagelles et les cils sont des expansions membranaires extracellulaires. Ces structures peuvent permettre le déplacement de la cellule par rapport au milieu (flagelle sur le spermatozoïde) ou le déplacement du milieu par rapport à la cellule (cils de la muqueuse trachéo-bronchique et de la trompe de Fallope).

Le mouvement du flagelle est une ondulation alors que celui du cil est un battement car il est de taille plus courte. Ces deux structures comportent un faisceau central de microtubules :

l'axonème. Ce dernier est constitué de 9 doublets externes (un tubule complet de 13 tubulines + un tubule incomplet de 9) entourant une paire centrale de tubules complets. Chaque doublet est relié à son voisin par un bras de nexine (protéine d'amarrage) et par deux bras de dynéine ciliaire (protéine motrice) qui assure le glissement des microtubules les uns par rapport aux autres. Ce glissement exige de l'ATP. Des protéines radiaires relient les microtubules périphériques à la paire centrale, elle-même rigidifiée par des protéines de liaison. La paire centrale assure la solidité de la structure et l'orientation du mouvement. Cils et flagelles sont insérés dans la cellule au niveau des corpuscules basaux dont la structure est faite de 9 triplets sans axe central. Deux des microtubules du triplet se prolongent dans les doublets du cil ou du flagelle. Les corpuscules basaux se formeraient à partir des centrioles dont la structure est très semblable et s'insèrent dans le cytosquelette sous-cortical; cils et flagelles naissent ou régénèrent à partir des corpuscules basaux.

Lors de la séparation des chromosomes ne peut avoir lieu.

Dynéines / kinésines

Dynéines

- Direction –
- Très gros
- Très rapides
- 14 $\mu\text{m}/\text{sec}$

Kinésines

- Direction +
- Plus petites
- Plus lentes
- Les plus rapides : 2-3 $\mu\text{m}/\text{sec}$

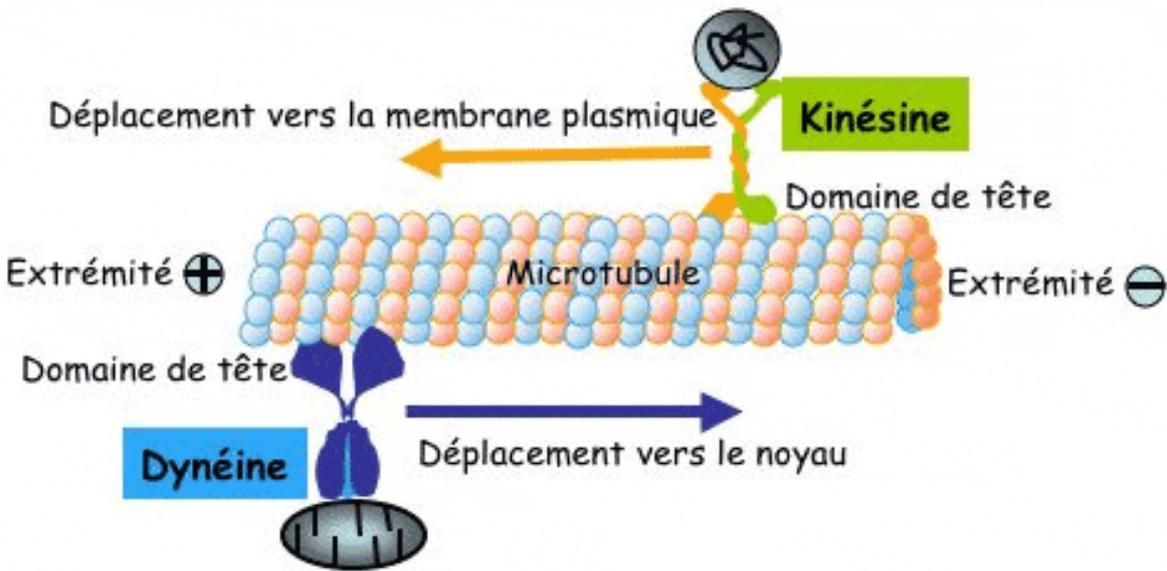
41

Généralités

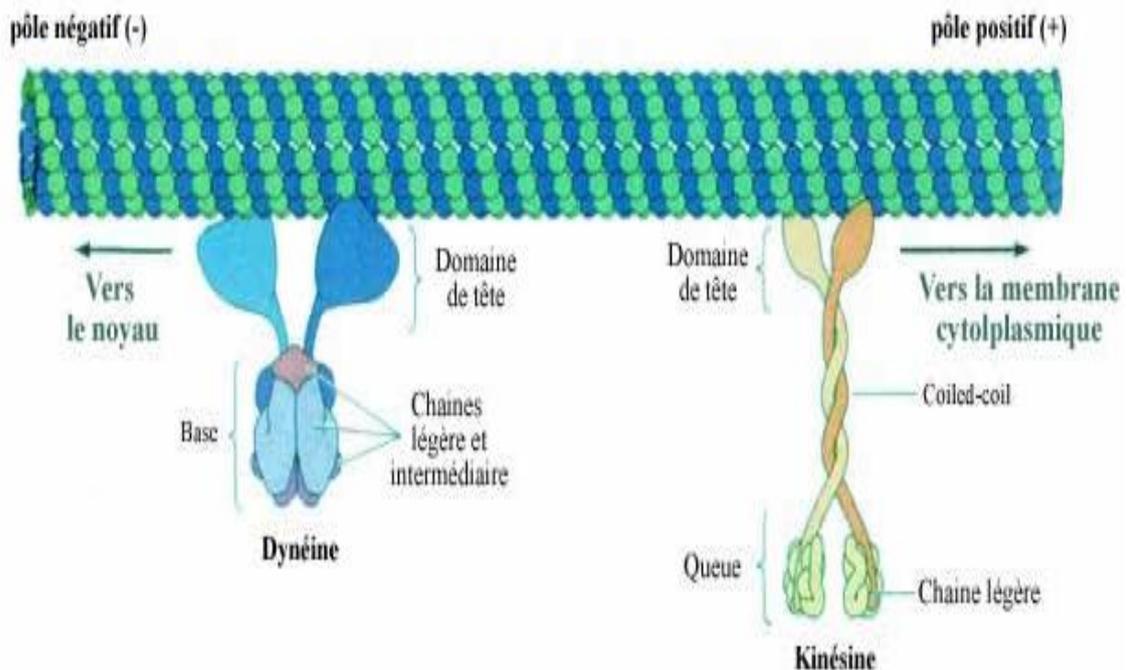
- Protéines associées au cytosquelette
- Se déplacent sur un filament polarisé
- Cycle d'hydrolyse de l'ATP
- Des douzaines

3

KINÉSINE ET DYNÉINE (PROTÉINES MOTRICES)



Le réseau micro-tubulaire intervient particulièrement dans la mobilité intra- et extracellulaire, dans la morphologie et la division cellulaire par deux mécanismes distincts: d'une part l'assemblage et le désassemblage des microtubules permettent la migration d'un "cargo" lié à l'une des extrémités; d'autre part, les microtubules peuvent constituer de véritables rails, sur lesquels des moteurs moléculaires, ayant lié un cargo, peuvent se déplacer.



Ainsi des molécules de la famille des kinésines permettent le transport du pôle négatif au pôle positif du microtubule (transport antérograde, c'est-à-dire du centre de la cellule vers la

périphérie), tandis que la dynéine permet un transport du pôle positif vers le pôle négatif (transport rétrograde, c'est-à-dire de la périphérie vers le centre cellulaire).

C - Les dynéines

- Moteur protéique
- Se déplacent sur les **microtubules**
- Transport dans le **sens -**
- Sans rapport avec la super famille des kinésines
- Deux ou trois chaînes lourdes associées à de nombreuses chaînes légères
- Deux catégories
 - ancienne : cytoplasmique
 - plus récente : axonémale

39

Analogie myosine kinésine

- Moteur myosine > moteur kinésine (850 vs 350 $\alpha\alpha$)
- Myosine marche sur actine / kinésine sur MT
- Pas de séquences d' $\alpha\alpha$ en commun
- Mais moteurs presque identiques en 3-D
- Les différences viennent des boucles qui s'échappent du noyau central
 - site de liaison à l'actine (pour la myosine)
 - site de liaison aux microtubules (pour la kinésine)

42