

B. LE CYTOSQUELETTE

Introduction

Le cytosquelette est un réseau complexe de filaments protéiques s'étendant dans tout le cytoplasme, et organisant celui-ci, permettant aux cellules eucaryotes de s'adapter à une grande variété de changements morphologiques, d'effectuer des mouvements coordonnés. Donc l'aptitude des cellules eucaryotes à organiser le contenu de leur cytoplasme, à changer de forme à se mouvoir dépend de cet organite, qui correspond à un réseau hautement élaboré et complexe, de nature protéique, occupant tout le cytoplasme.

Le cytosquelette est constitué de trois types de filaments protéiques : les micros filaments d'actine (7 à 9 nm de diamètre), les microtubules (25 nm de diamètre) et les filaments intermédiaires (10 nm de diamètre).

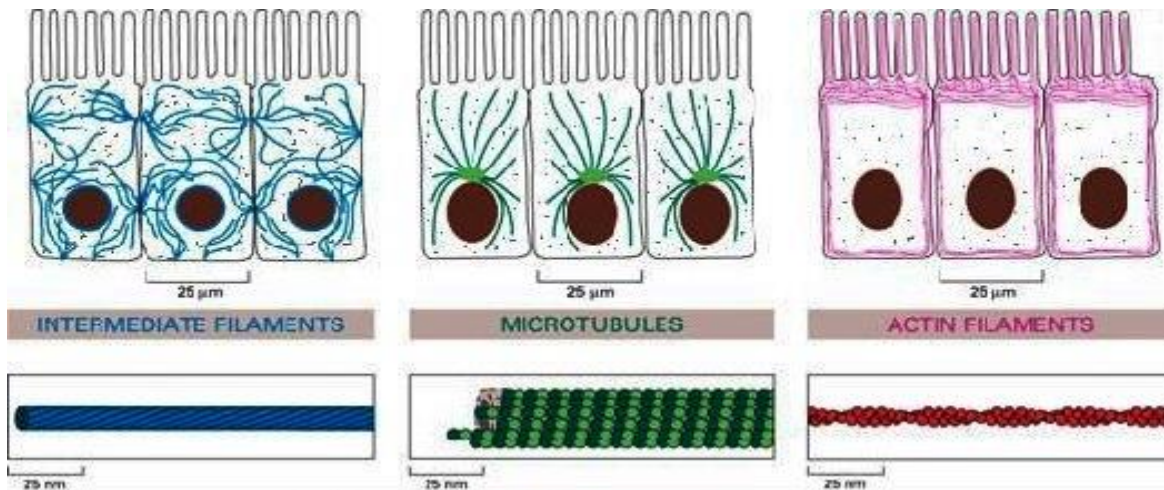


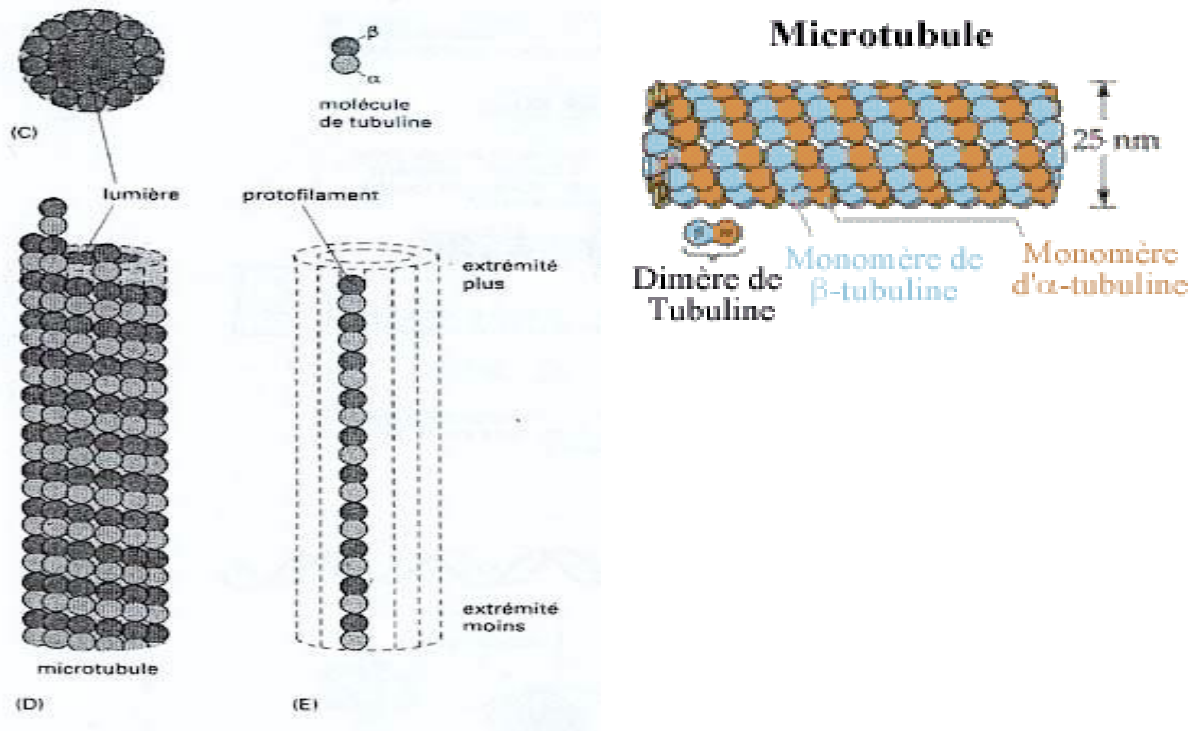
Figure III.1. Structure du cytosquelette

I. Les microtubules

1. Définition

Les microtubules sont des tubes creux très fins constitués d'une protéine appelée tubuline, qui existe sous deux formes moléculaires : α et β . Quand les molécules de tubuline s'agrègent, elles donnent naissance à des filaments (protofilaments) caractérisés par une alternance des deux types de tubuline. Dans chaque microtubule, on trouve 13 protofilaments disposés parallèlement de façon à former un tube creux de quelques microns de longueur et d'environ 25 nanomètres de diamètre extérieur.

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.



2. Les protéines associées aux microtubules

Les microtubules sont organisés en un réseau supramoléculaire qui irradie du centrosome vers la périphérie (membrane plasmique).

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

- les protéines **MAP2 et 4** ainsi que **Tau** qui organisent et stabilisent le réseau de microtubules.
- 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 (-).

3. Rôles des microtubules

- Les microtubules participent au maintien de la forme cellulaire.
- Ils interviennent également dans des phénomènes moteurs :
 - * Déplacement des cellules pourvues de flagelles.
 - * Transport des vésicules d'endocytose, phagocytose, pinocytose.
 - * Déplacement des organites.
 - * Migration des chromosomes au cours de la mitose.

4. Le centre cellulaire ou centrosome

4.1. Définition de centrosome

Le centrosome, aussi appelé cytocentre, est une structure située près du noyau cellulaire qui joue un rôle crucial dans la division cellulaire. Dans les cellules animales, le centrosome est constitué de deux centrioles, structures composées de microtubules

4.2.Rôle du centrosome

Principales fonctions du centrosome :

- **Organisation des microtubules** : le centrosome joue un rôle clé en tant que "centre d'organisation des microtubules". Sa principale fonction est d'organiser et de promouvoir la polymérisation de la tubuline, la principale protéine des microtubules.
- **Ségrégation des chromosomes** : au cours de la division cellulaire, les centrosomes participent à la formation du fuseau mitotique, qui relie les chromosomes aux pôles de la cellule. Cette fonction est essentielle pour obtenir une ségrégation égale des chromosomes dans les cellules filles.

Fonctions secondaires du centrosome :

- **Maintien de la forme de la cellule** : les centrosomes jouent un rôle dans le maintien de la forme de la cellule.
- **Mouvements cellulaires** : ils sont impliqués dans les mouvements de la membrane, car ils sont liés aux microtubules et à d'autres composants du cytosquelette.
- **Stabilité du génome** : des études récentes suggèrent que les centrosomes sont également impliqués dans la stabilité du génome.

4.3.Structure du centrosome

Un centrosome est constitué de deux centrioles ou diplosome (2 centrioles) et est situé au centre du centrosome. La structure des centrioles est similaire à celle des corpuscules basaux des cils. Les centrioles sont orientés perpendiculairement les uns aux autres et sont en forme de cylindre, avec des parois composées de neuf triplets de microtubules, sans microtubule central, formant la structure dite 9+0. Les triplets de microtubules sont reliés par un pont de la protéine nexine.

Les microtubules du centriole sont divisés en trois types :

- **Microtubule A (intérieur)** : il a une section circulaire (13 protofilaments) et est le plus proche de l'axe du cylindre.
- **Microtubule B** : il est situé entre les microtubules A et C. Il a une section transversale en forme de croissant. Il a une section transversale en forme de croissant et partage trois protofilaments avec le microtubule A.
- **Microtubule C (externe)** : il a une section transversale en forme de croissant et partage trois protofilaments avec le microtubule B.

Les centrioles et le matériel péricentriolaire forment ensemble le centre d'organisation des microtubules (COMT). Une autre structure importante est l'aster, qui consiste en des fibres formées par des microtubules qui se développent et s'organisent de manière radiale autour du centrosome. Les microtubules de l'aster donnent naissance aux microtubules du fuseau achromatique lors de la division cellulaire.

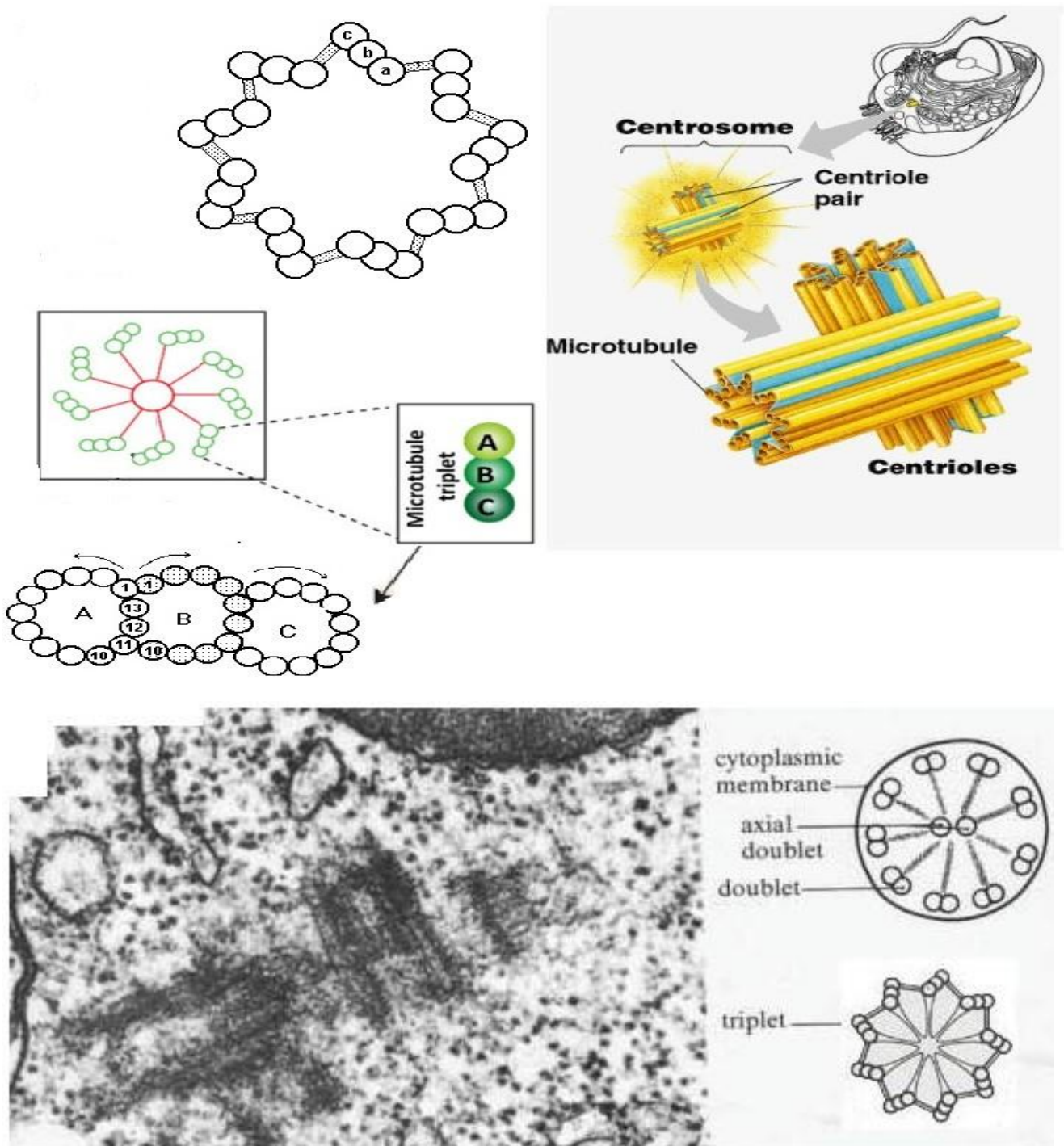


Figure III.2. Structure de centrosome

5. Cils et flagelles

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

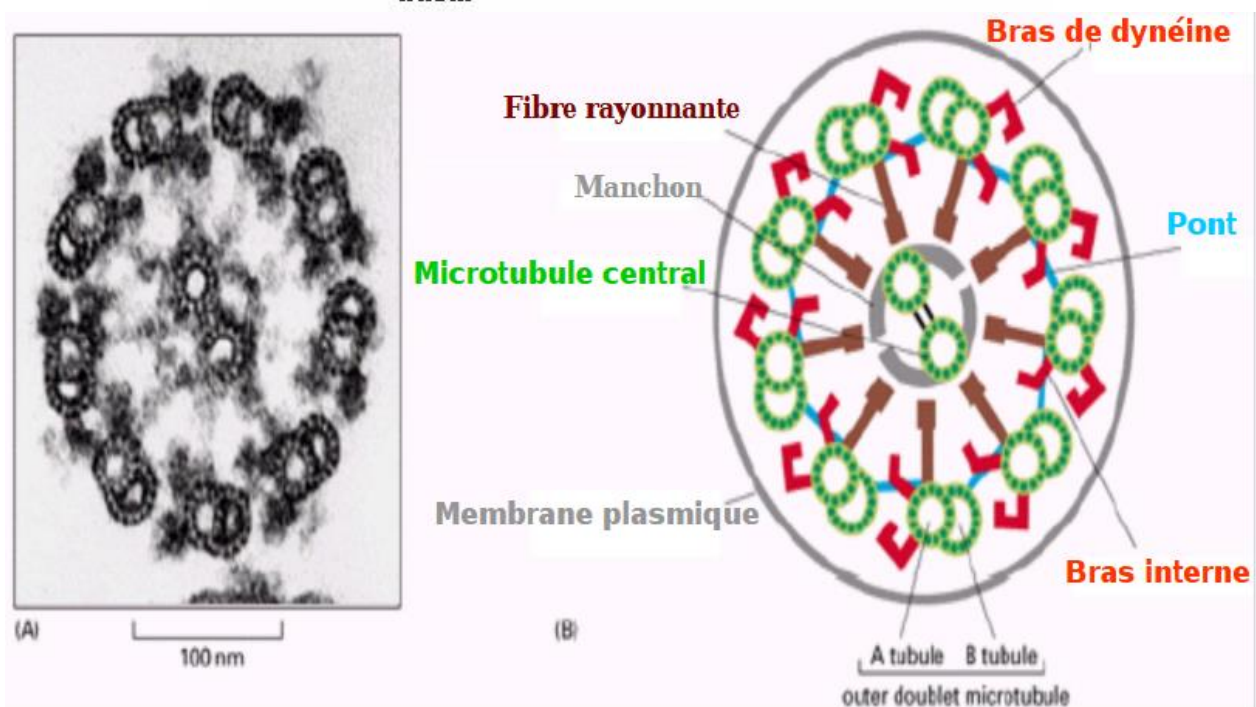
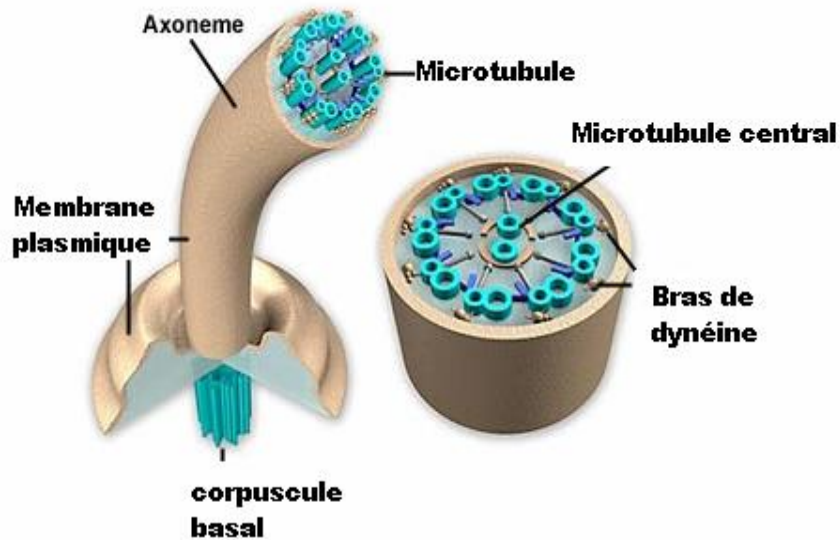


Figure III. 3. Structure des cils et des flagelles

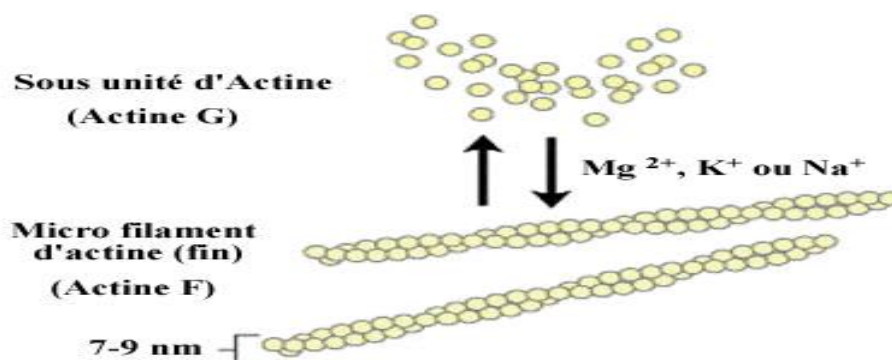
L'axonème est composé de :

- 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 radiales.
- 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.

II. Les microfilaments d'actine

L'actine est la protéine intracellulaire prépondérante dans la cellule eucaryote, et représente, selon les types cellulaires, de 1 à 10% de la quantité totale des protéines cellulaires. Cette protéine de taille moyenne (375 acides aminés) se présente dans la cellule soit sous forme de monomère globulaire (actine G) soit sous forme de polymère (actine F). Le microfilament d'actine F, d'un diamètre de 7 à 9 nm, est une structure polaire, avec une extrémité à croissance rapide "+" et une extrémité à croissance lente "-". La polymérisation de l'actine G en micro filaments d'actine F est amorcée par l'ajout d'ions Mg^{2+} , K^+ ou Na^+ , selon un processus réversible, l'actine F se dépolymérise quand on abaisse la force ionique de la solution.



Le réseau d'actine est localisé d'une part juste sous la membrane plasmique, où il constitue un maillage associé à la membrane, et au sein de la cellule, où il constitue un réseau conférant un aspect gélatineux au cytosol. De nombreuses protéines interagissant avec l'actine ont été identifiées: elles sont impliquées dans des fonctions aussi diverses que la consolidation des filaments (ex: tropomyosine), la formation de faisceaux de filaments (ex: fimbrine), la fragmentation des filaments (ex: gelsoline), le mouvement des vésicules sur les filaments (ex: myosine II) ou encore l'ancrage des

filaments à la membrane plasmique (ex: spectrine). Tous ces jeux de protéines liant l'actine peuvent agir de façon coopérative pour engendrer les mouvements de la surface cellulaire, la phagocytose et la locomotion cellulaire.

- **Le cortex cellulaire**

C'est un réseau de microfilaments d'actine situé sous la membrane plasmique à laquelle il est fixé par de nombreux points d'ancrage. Ce cortex est responsable des mouvements d'expansion et de rétraction cellulaire et de déplacement des cellules sur leur support. Il intervient également dans les mouvements de la membrane plasmique pendant l'exocytose et l'endocytose et pendant la formation des pseudopodes dans les macrophages.

- **L'appareil contractile**

Les sarcomères qui représentent les unités de contraction musculaire. Le sarcomère résulte de l'assemblage hautement organisé de l'actine, de la myosine et de protéines associées.

III. Les filaments intermédiaires

Les filaments intermédiaires sont des polymères protéiques résistants et durables de 10 nm de diamètre. Ils sont appelés intermédiaires car leur diamètre apparent est compris entre celui des microfilaments d'actine et celui des microtubules. Ils sont présents dans le cytosol et dans le nucléoplasme.

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. Ils sont formés de protofilaments ; chaque protofilament est un assemblage d'unités tétramériques, formée chacune de 4 monomères fibreux.

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

* **les lamines** : formant le réseau périphérique du noyau cellulaire.

* **la vimentine** et les protéines apparentées :

La vimentine est caractéristique des cellules d'origine mésoblastique épithéliales et non épithéliales (mésothélium et fibroblaste). Les protéines qui lui sont apparentées sont : -La desmine : caractéristique des cellules musculaires. Elle relie les myofilaments entre eux et à la membrane plasmique.

-Les protéines fibrillaires acides des cellules gliales (GFAP) : caractéristiques des astrocytes et des cellules de Schwann.

* **Les cytokératines** : présentes dans toutes les cellules épithéliales.

* **Les neurofilaments** : spécifiques des neurones. Ils forment le squelette des axones et des dendrites.

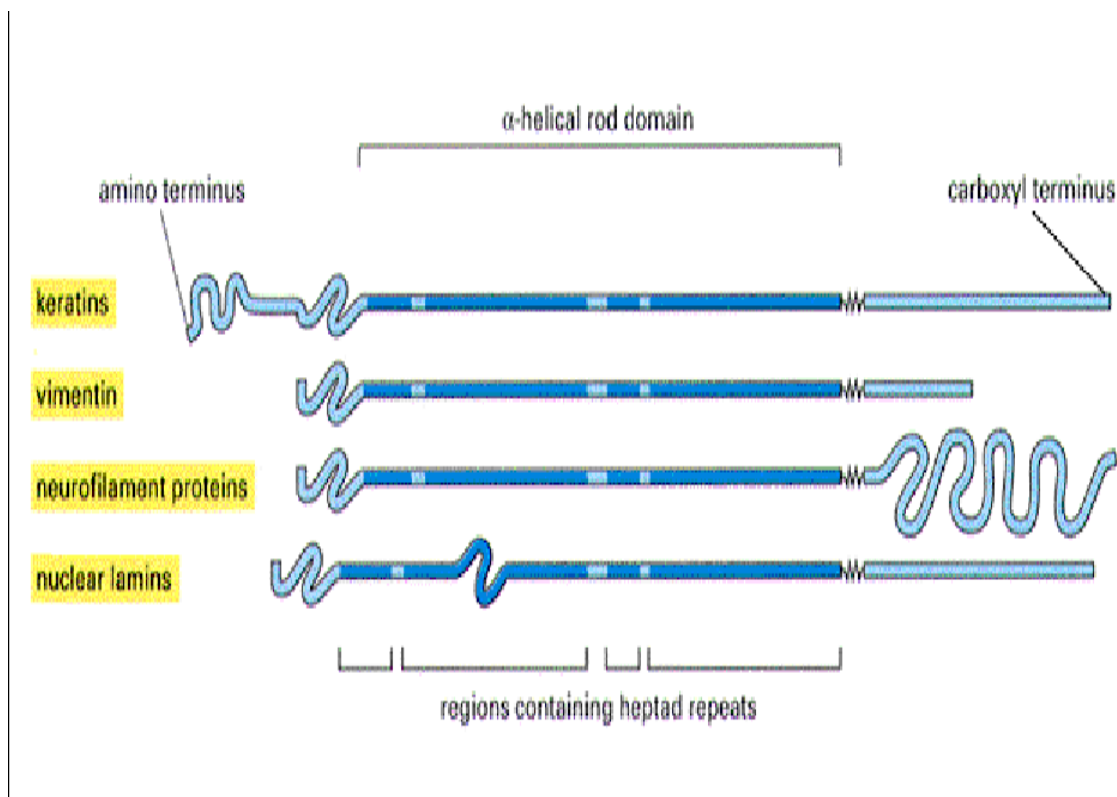


Figure III. 4. Les quatre familles de protéines formant les filaments intermédiaires