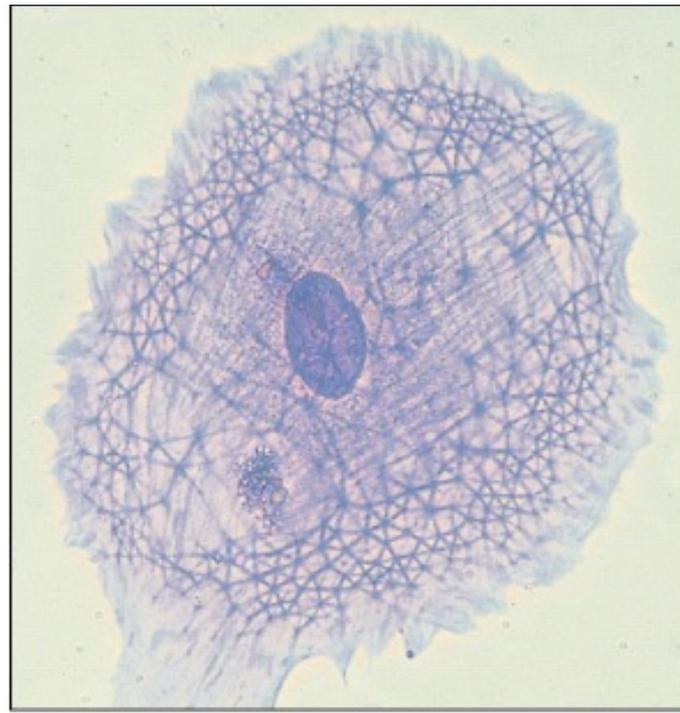


Chapitre 5:

Structuration du cytosol par des filaments : le cytosquelette

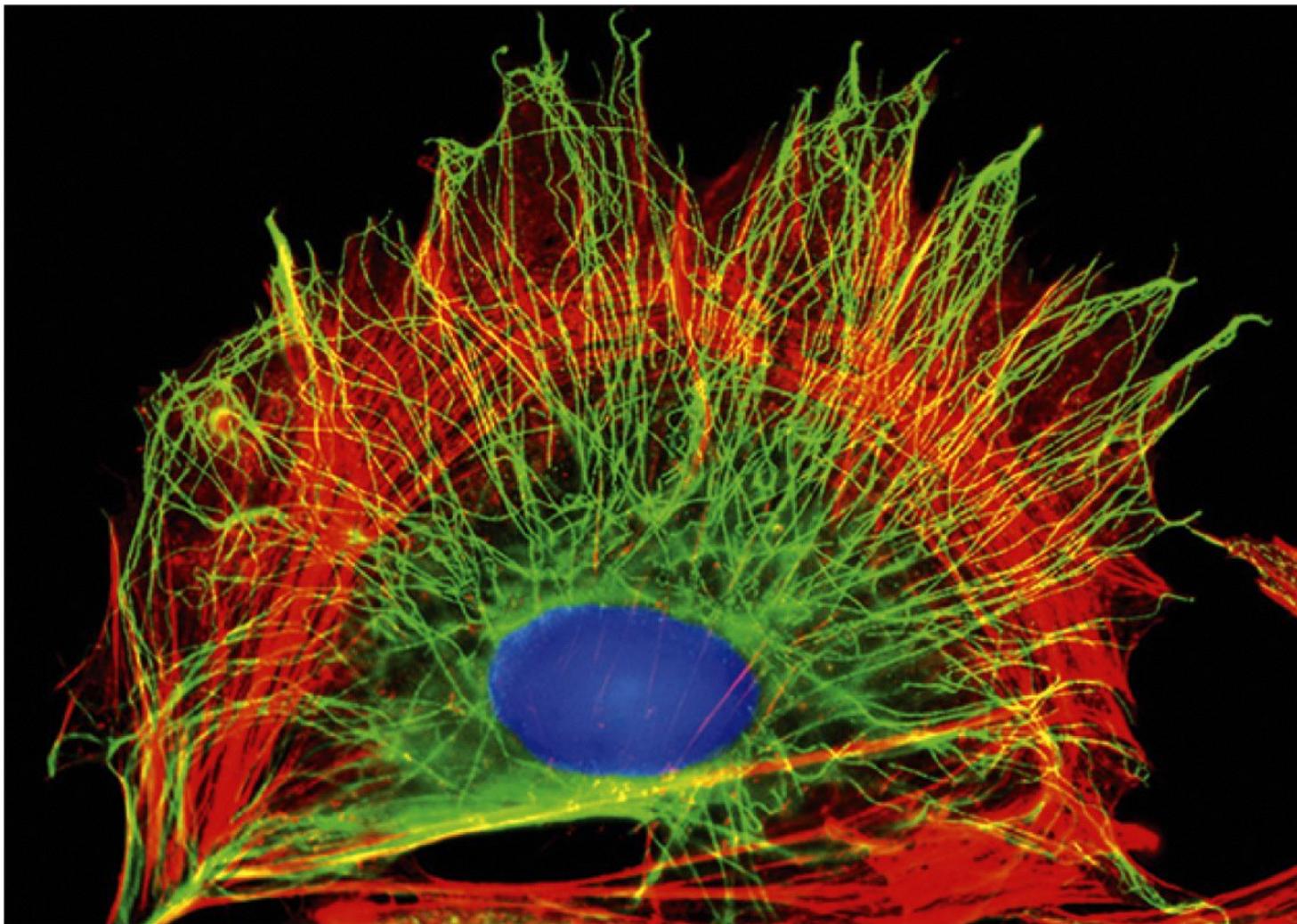
INTRODUCTION



10 μm

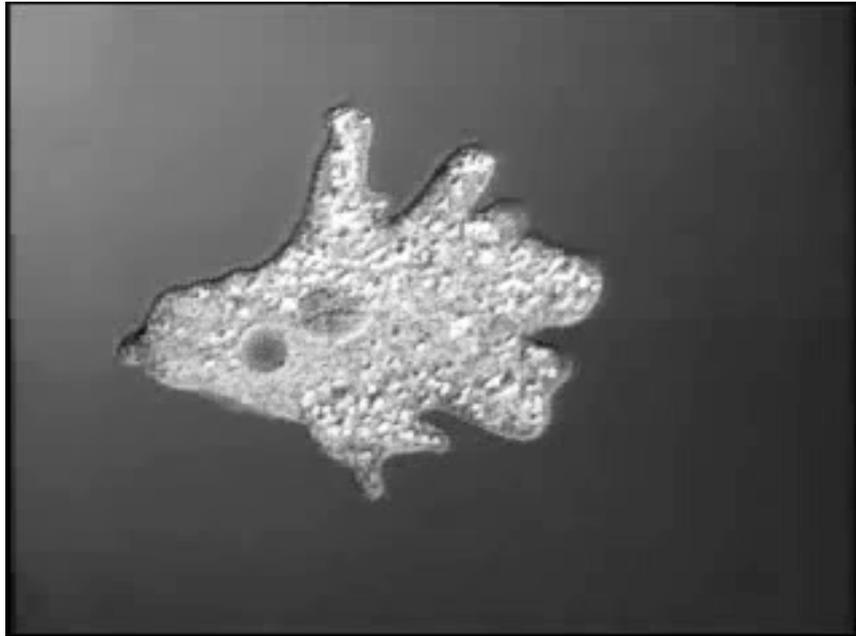
Le cytosquelette d'une cellule en culture
après fixation et coloration au bleu de Coomassie

Cytosquelette : système de filaments constitués de protéines dans le cytoplasme d'une cellule eucaryote qui donne sa forme à la cellule et confère à cette dernière la capacité de diriger ses mouvements. Ses composés les plus abondants sont les filaments d'actine, les microtubules et les filaments intermédiaires.



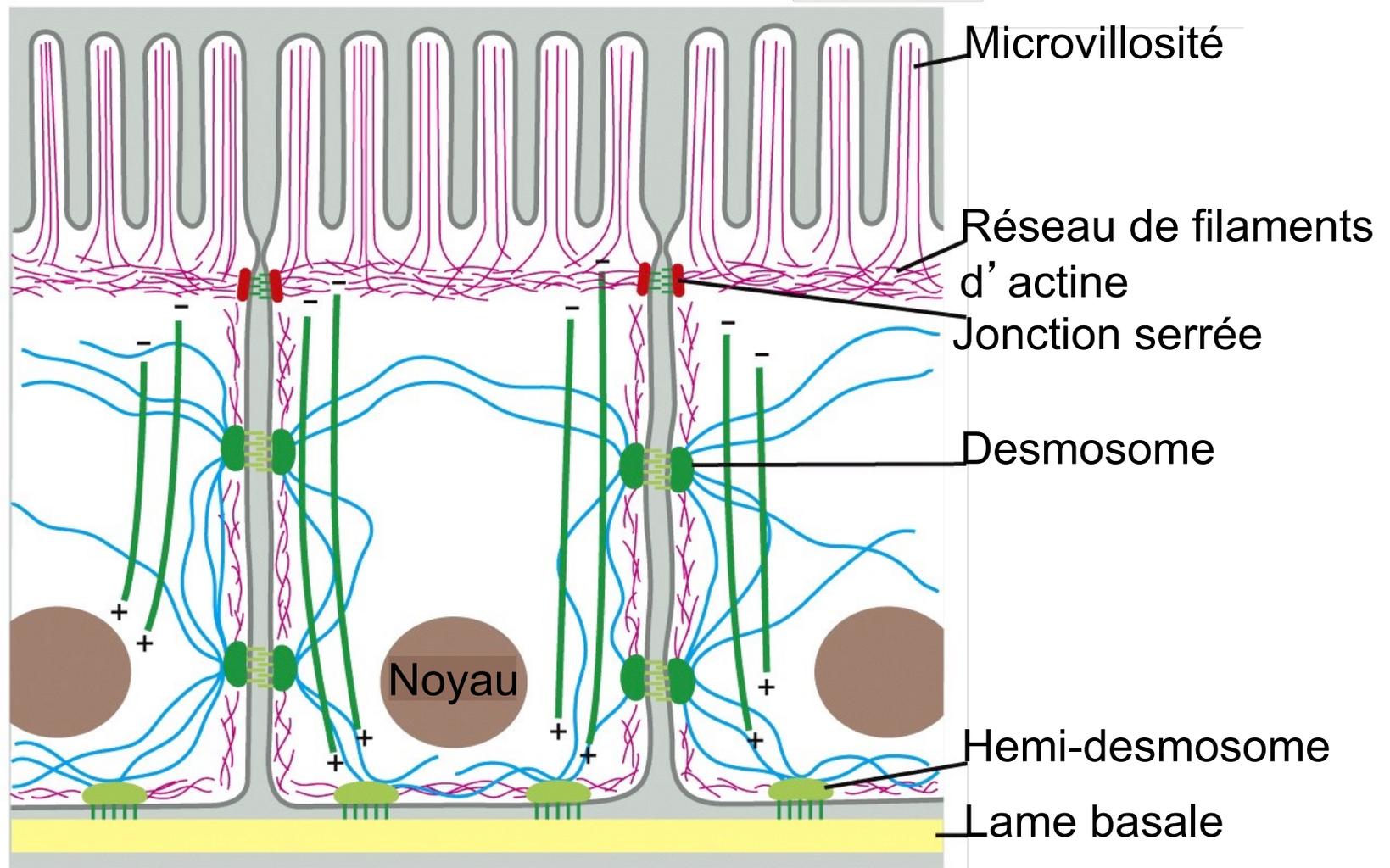
10 μm

Le cytosquelette d'une cellule en culture
Microtubules en vert - Filaments d'actine en rouge - ADN en bleu



Mouvements d'une amibe par polymérisation d'actine et déplacement des organites intracellulaires par réarrangement des microtubules

Pôle apical



Pôle basal

-  **Filaments intermédiaires: force mécanique**
-  **Microtubules: position des organites et transport**
-  **Microfilaments d'actine: forme et locomotion**

Organisation du cytosquelette d'une cellule épithéliale polarisée

Chapitre 5:

Structuration du cytosol par des filaments : le cytosquelette

1-Filaments d'actine

Filament d'actine ou microfilament : filament de protéine qui présente la forme apparente d'une hélice formé par la polymérisation de molécules d'actine globulaire. Il est l'un des constituants majeurs du cytosquelette de toutes les cellules des eucaryotes et fait partie de l'appareil de contraction du muscle squelettique.

Filaments d'actine

OU

microfilaments

-Actine : produit de un à plusieurs gènes (6 chez l' être humain, jusqu' à 60 chez les plantes), très conservés dans les différentes espèces animales et végétales

-Polymères de monomère d'actine,
sous forme **apparente** d'une hélice à deux brins

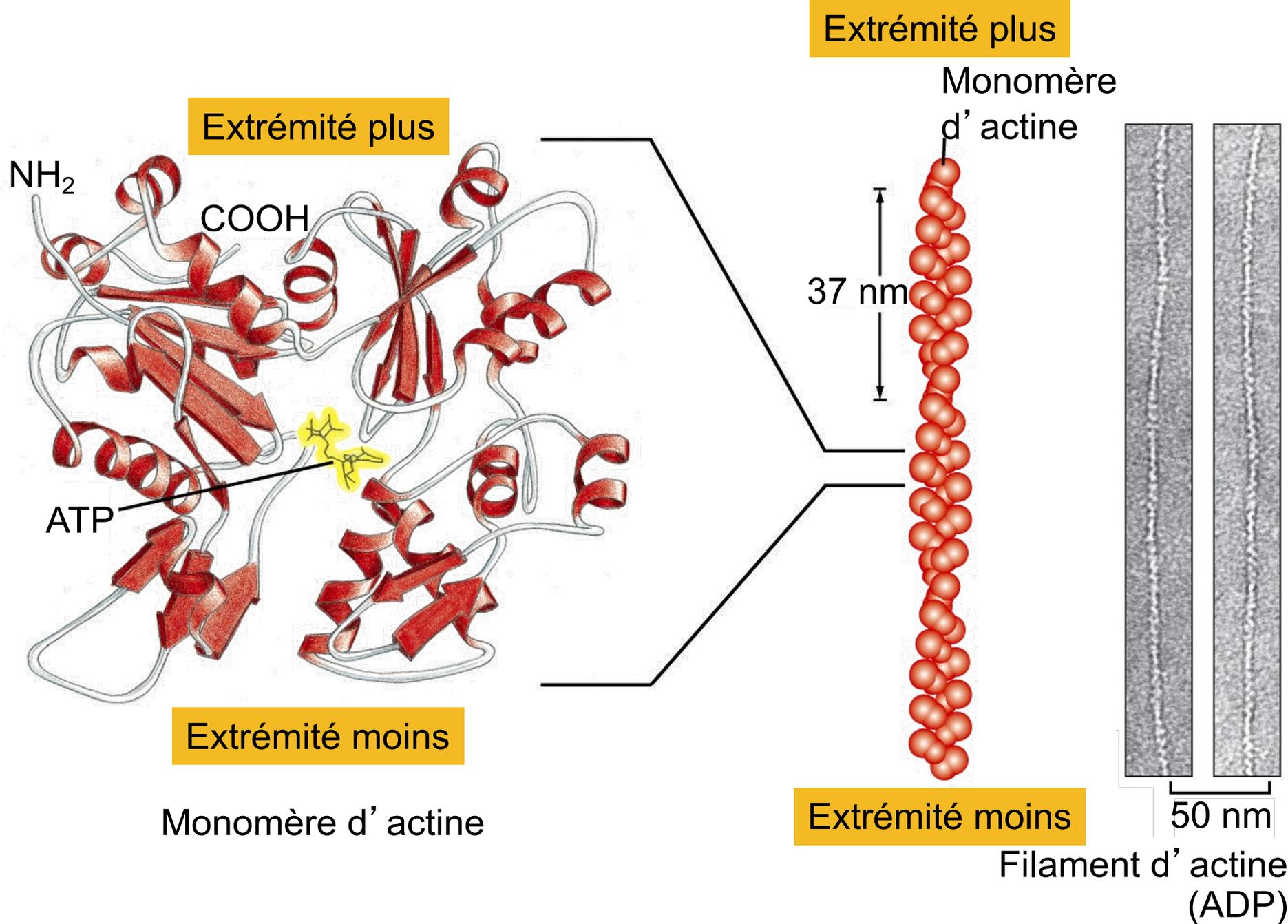
-Structures flexibles de 5 à 9 nm de diamètre organisées :

- linéairement sous forme de faisceaux
- dans le plan sous forme de réseaux
- dans l'espace sous forme de gels

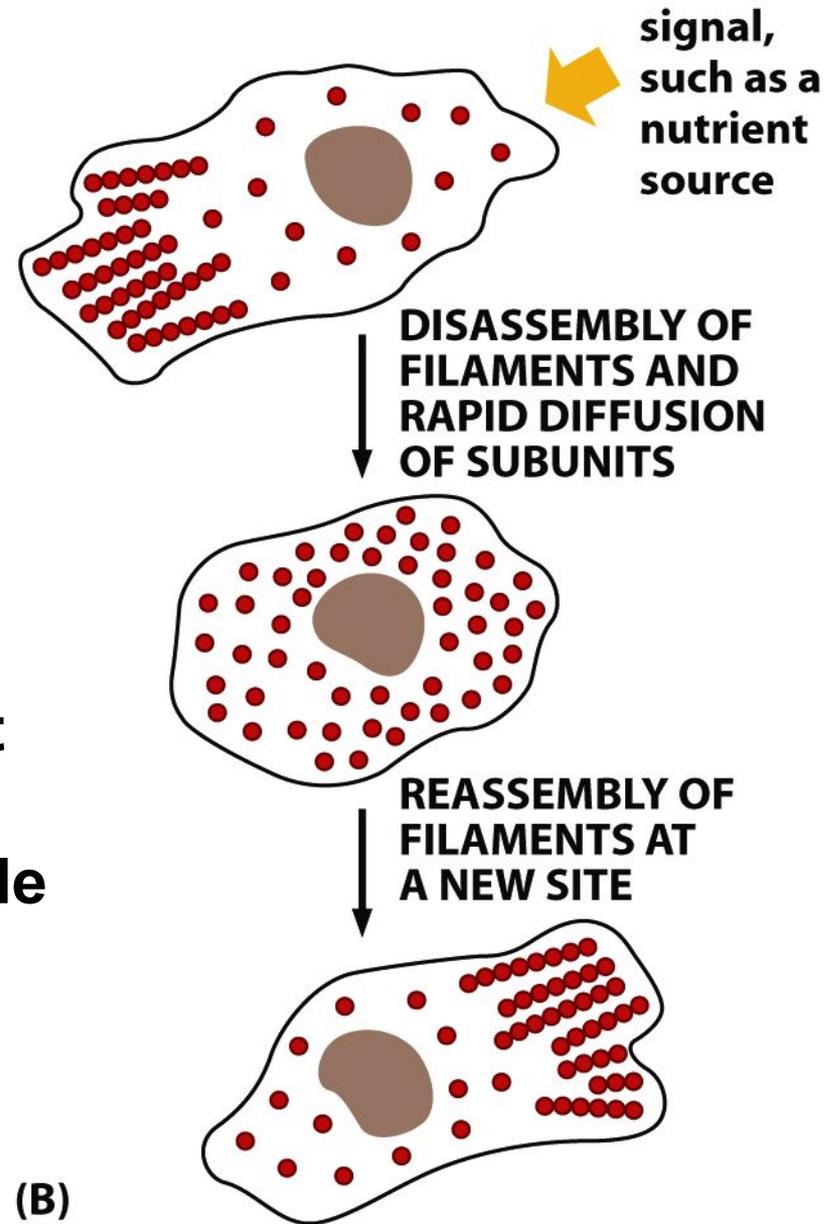
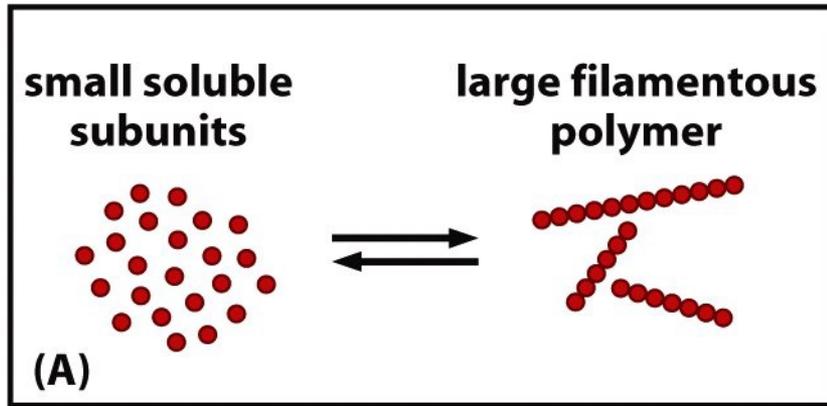
-Dispersés dans toute la cellule

mais surtout concentrés sous la membrane plasmique

-Contrôlent la forme et les mouvements de la surface des cellules animales

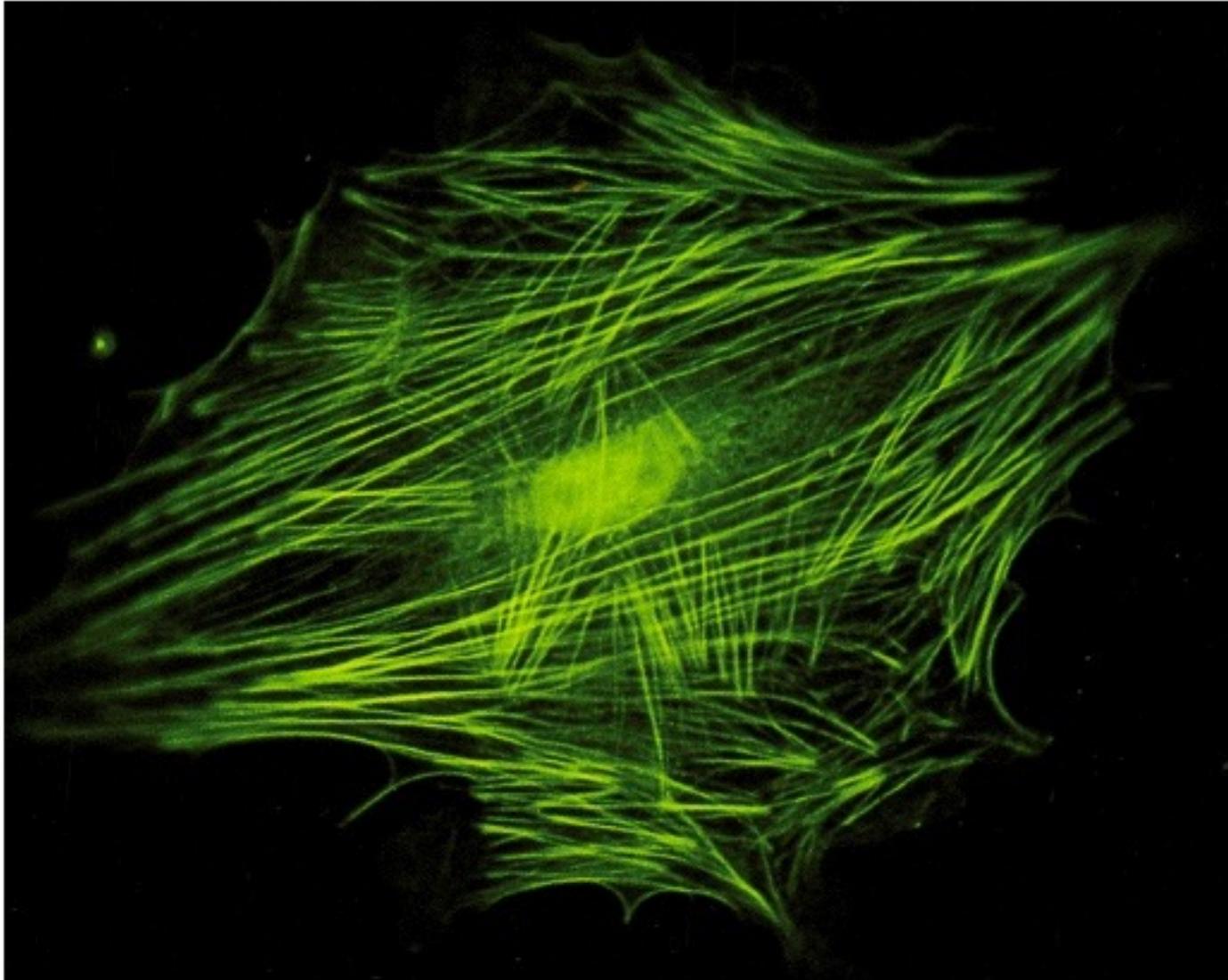


Structures du monomère d'actine (actine G) et du filament d'actine (actine F)

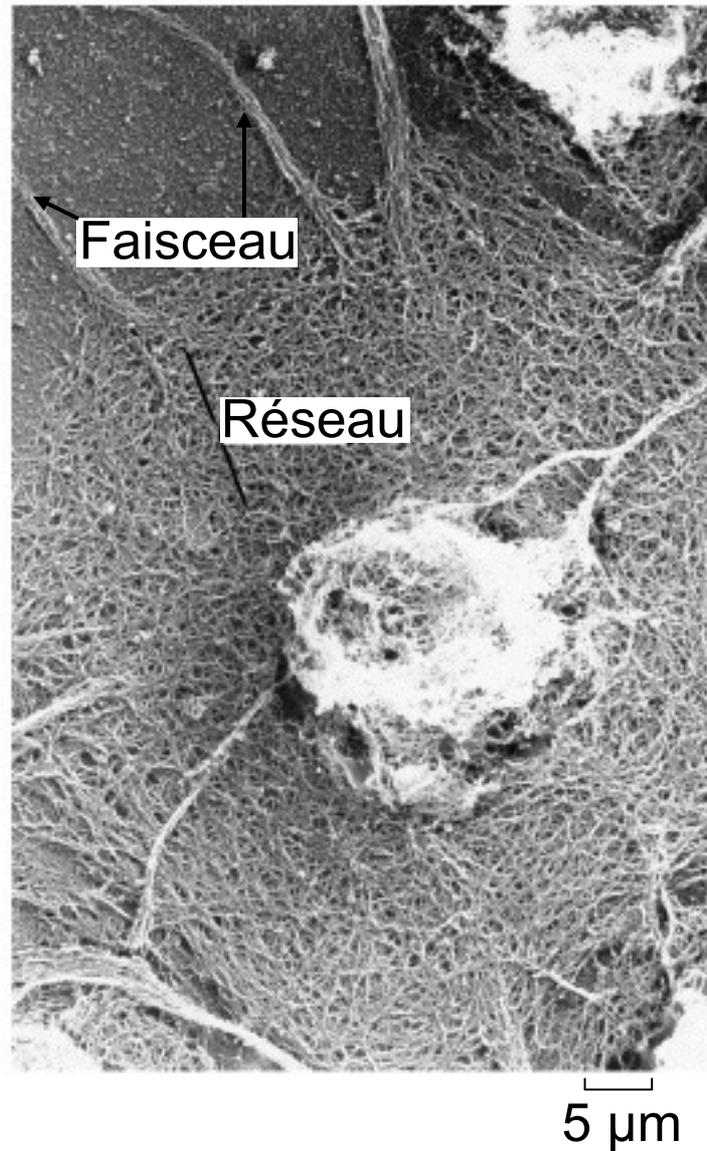


La structure modulaire permet de réguler l'assemblage et la dissociation des filaments et de modifier rapidement la forme du cytosquelette.

(B)



Distribution des filaments d'actine dans un fibroblaste en culture
(immunofluorescence indirecte grâce à un anticorps anti-actine fluorescent)



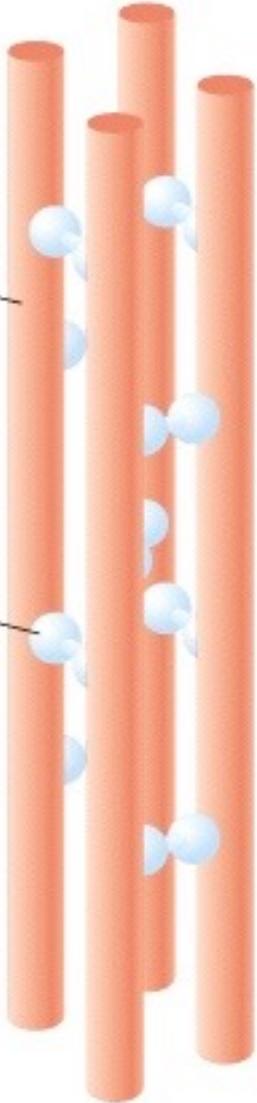
Filaments d'actine organisés en faisceaux et en réseaux dans le cytosol d'une plaquette traitée par un détergent pour solubiliser les membranes

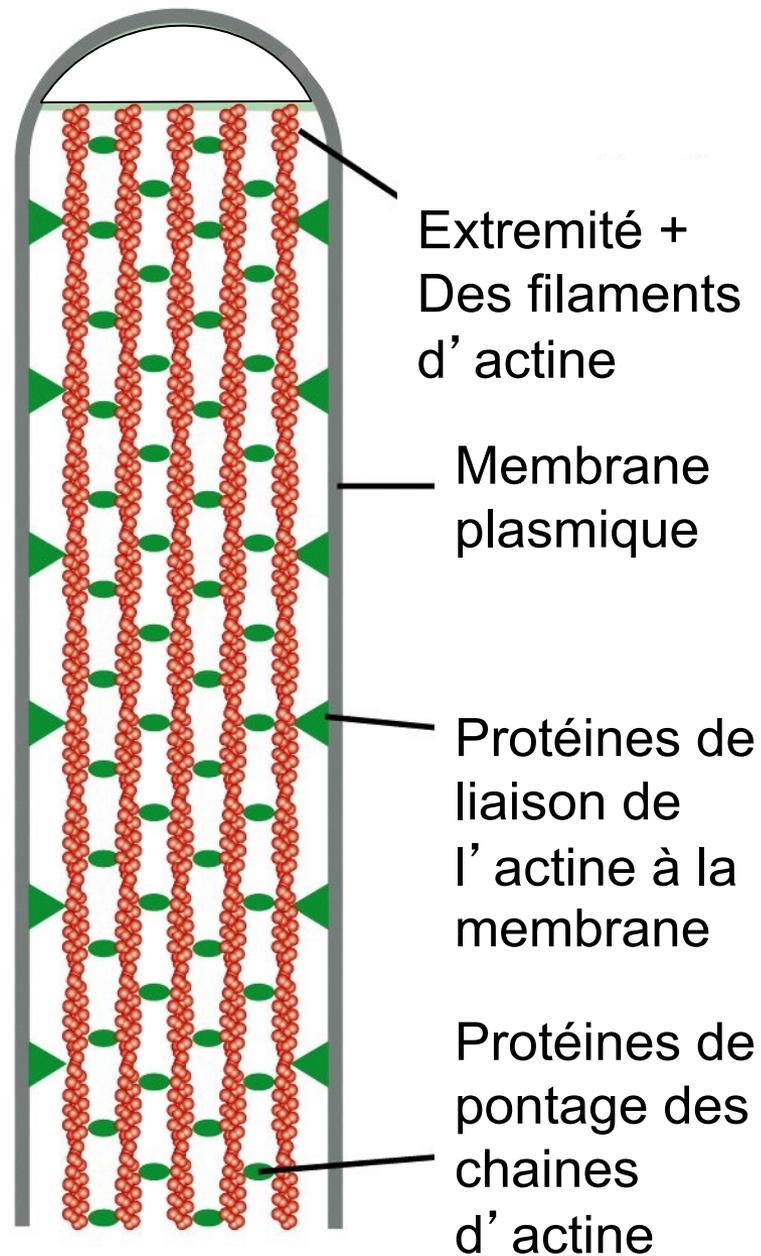
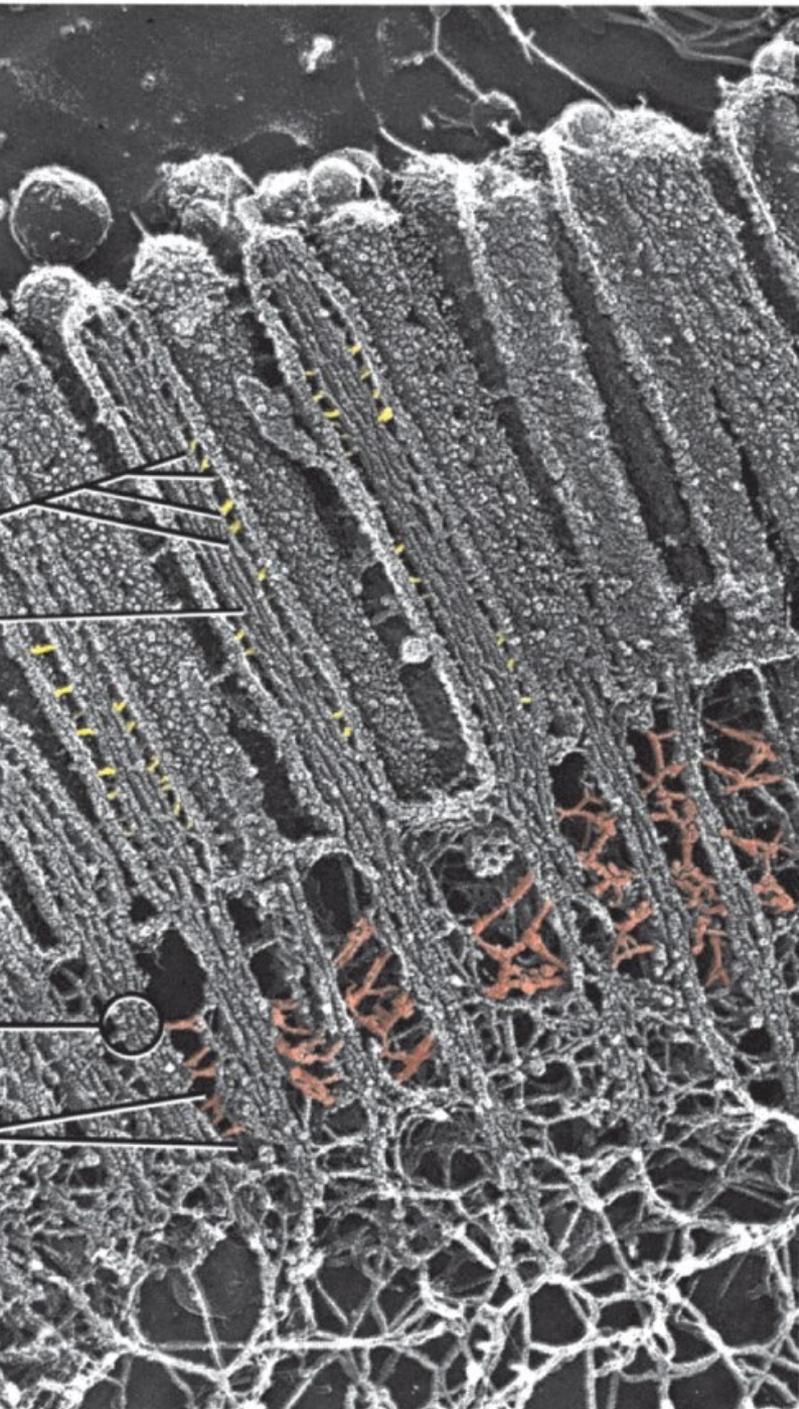
Filament d'actine

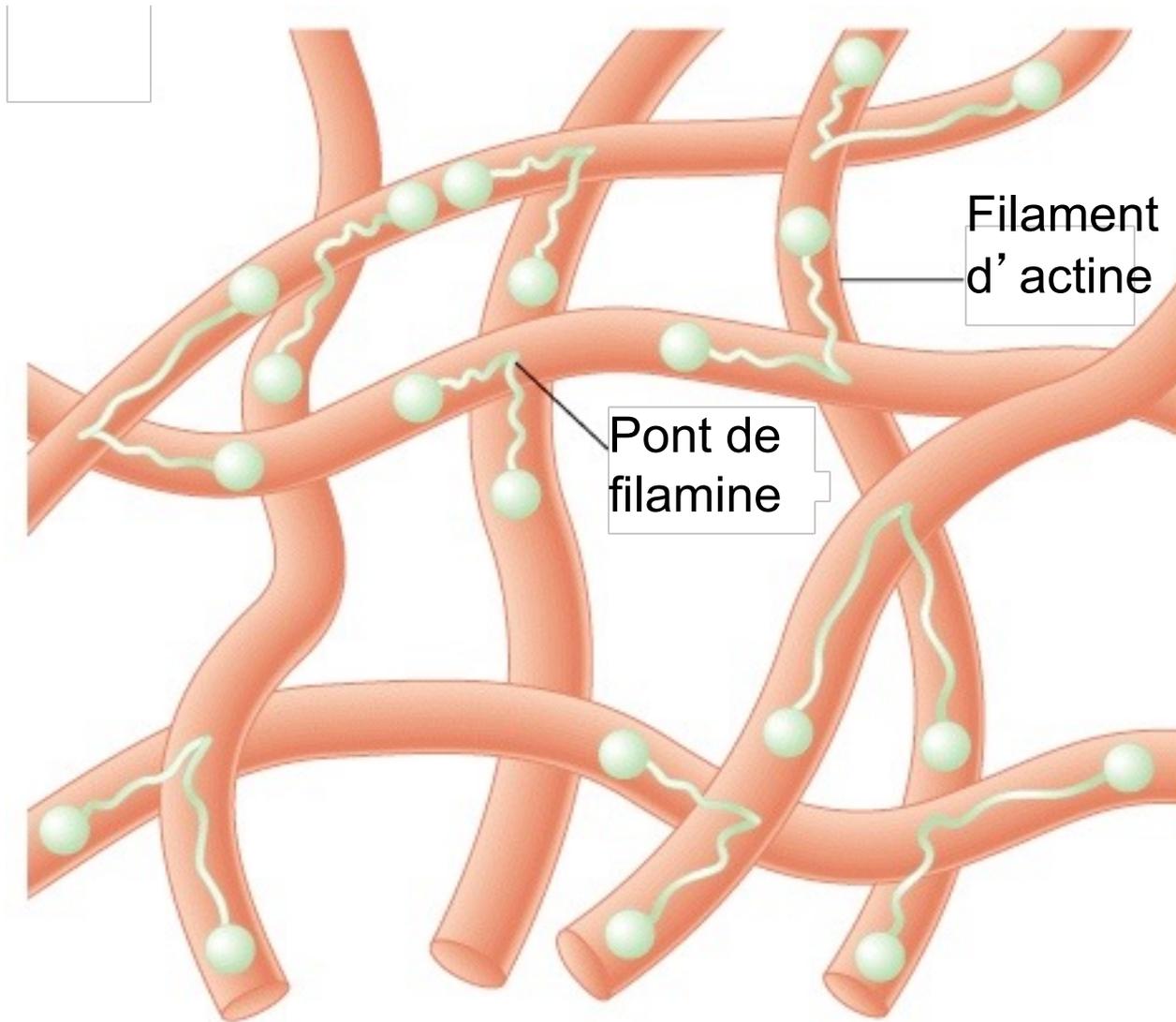
Pont de fascine

36 nm

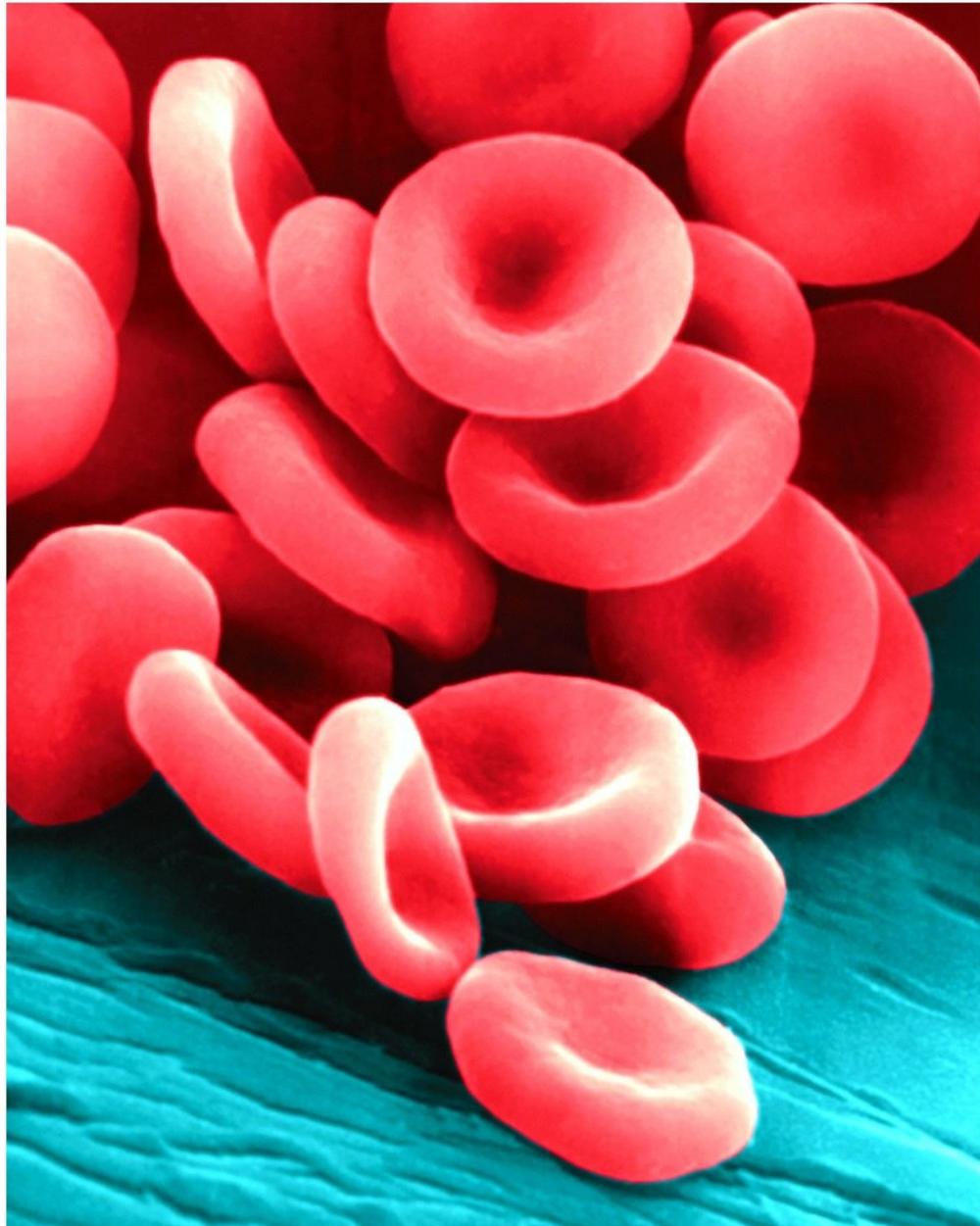
Faisceau de filaments d'actine

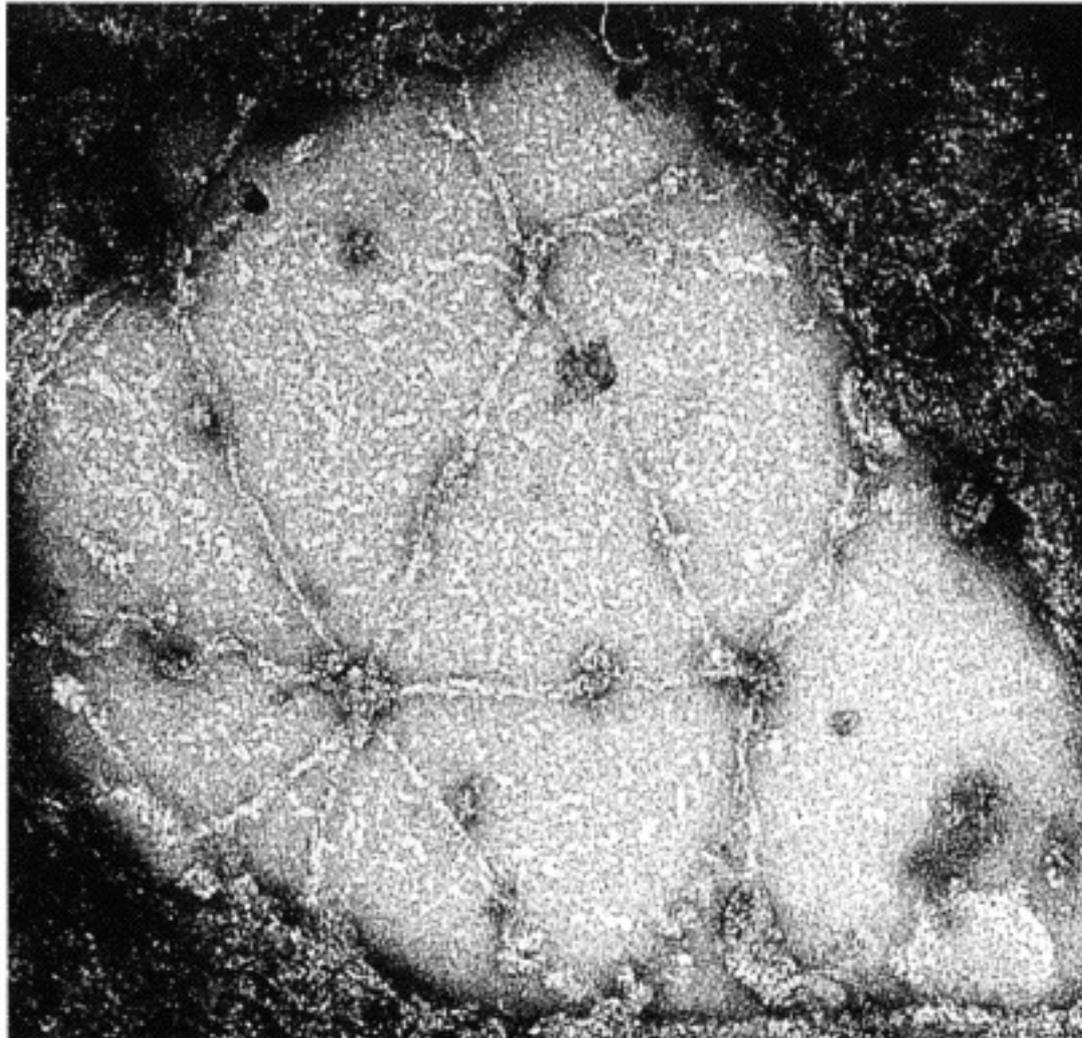






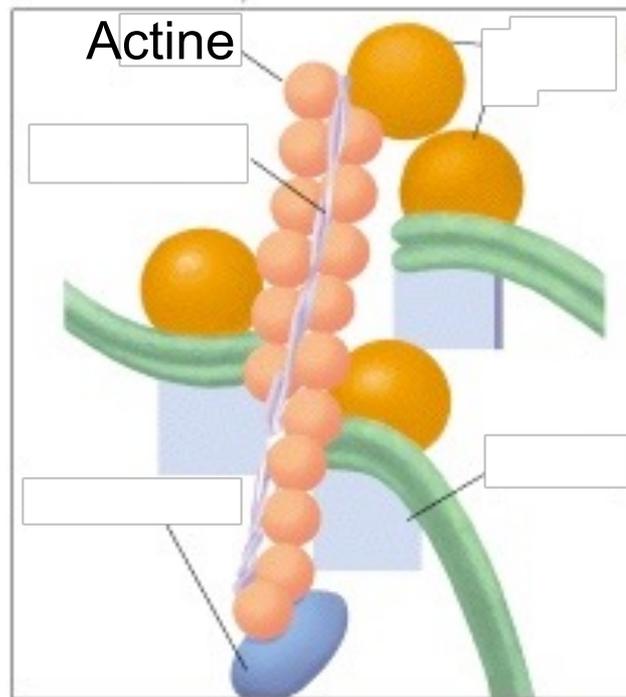
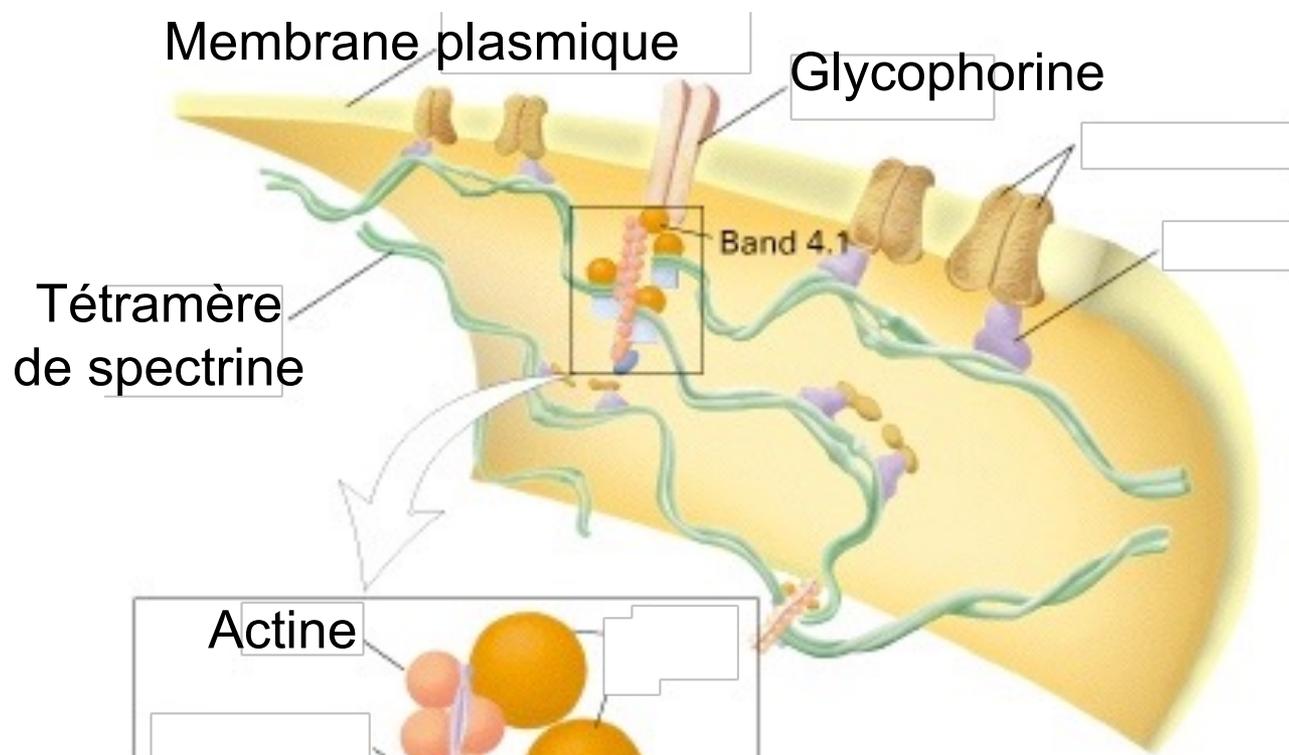
Réseau de filaments d'actine





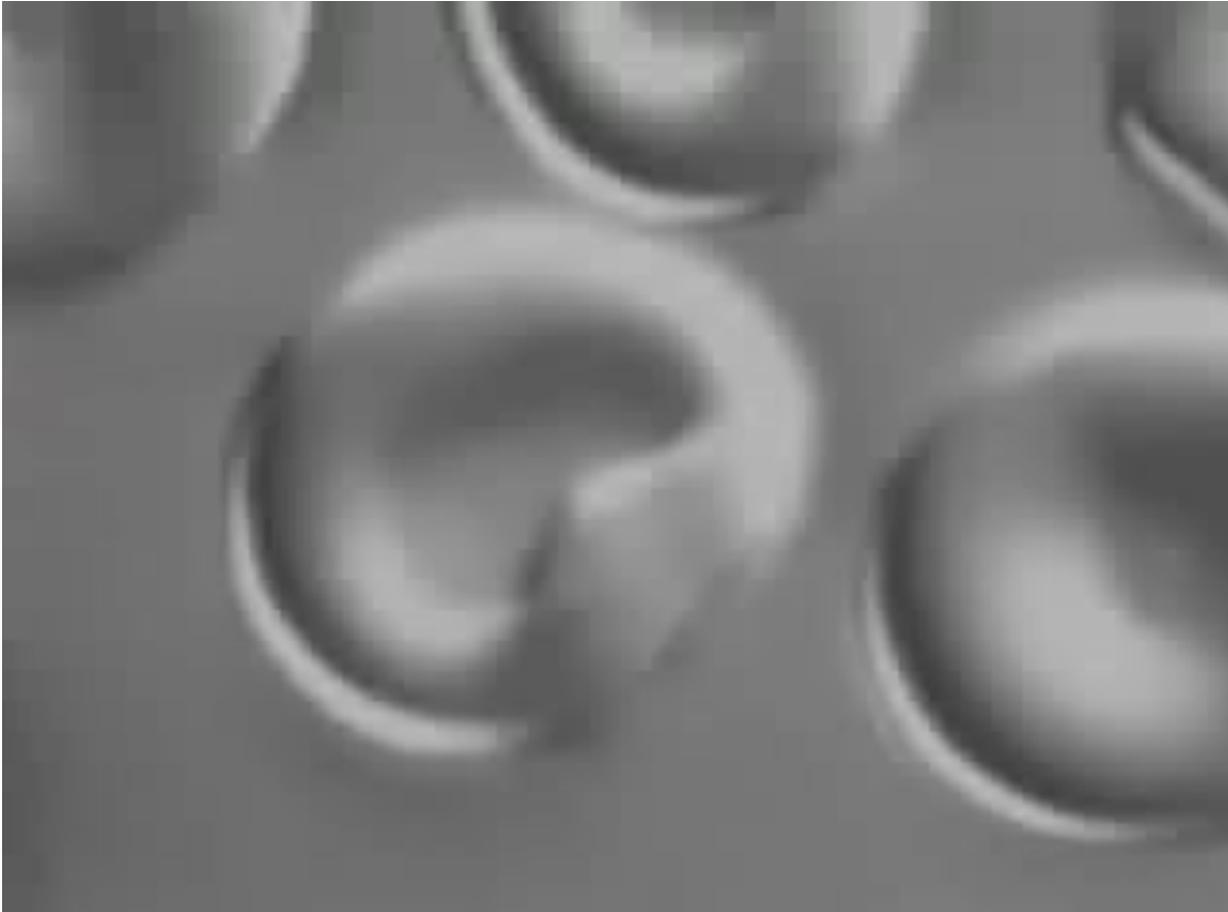
0,1 μm

Partie de cytosquelette d'un érythrocyte de l'être humain (ME)



Organisation des protéines majeures
du cytosquelette de l'érythrocyte

Interaction des protéines du cytosquelette et des protéines de la membrane



Mouvements du globule rouge
et changement de sa forme en solution hypertonique

Filaments d'actine ou microfilaments

-Actine : produit de un à plusieurs gènes (6 chez l' être humain, jusqu' à 60 chez les plantes), très conservés dans les différentes espèces animales et végétales

-Polymères de monomère d'actine,
sous forme **apparente** d'une hélice à deux brins

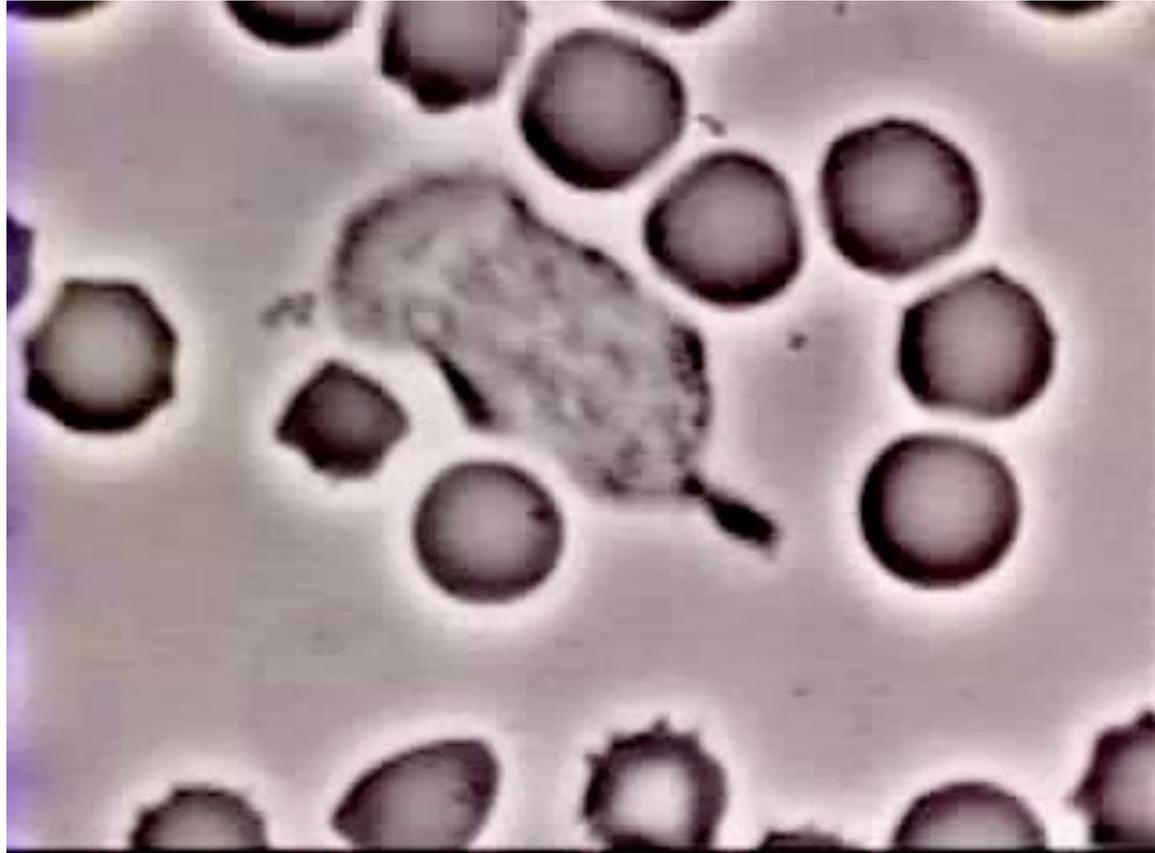
-Structures flexibles de 5 à 9 nm de diamètre organisées :

- linéairement sous forme de faisceaux
- dans le plan sous forme de réseaux
- dans l'espace sous forme de gels

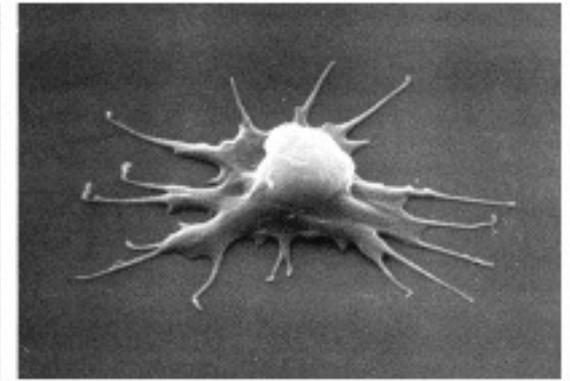
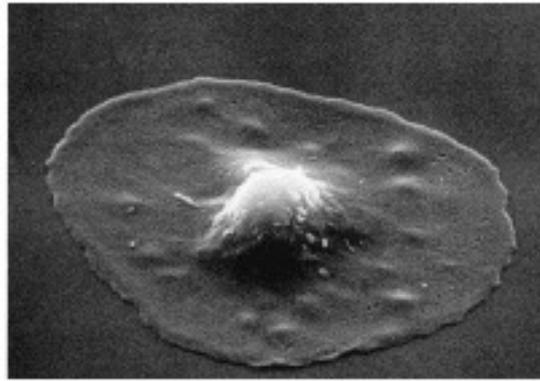
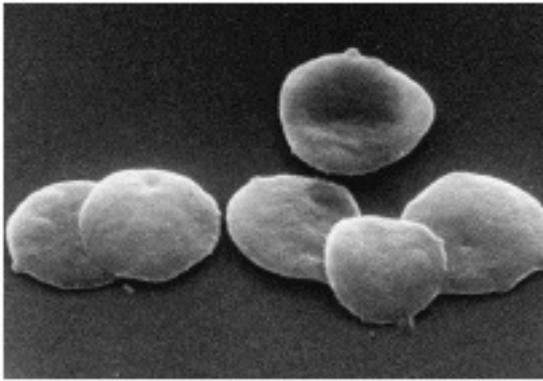
-Dispersés dans toute la cellule

mais surtout concentrés sous la membrane plasmique

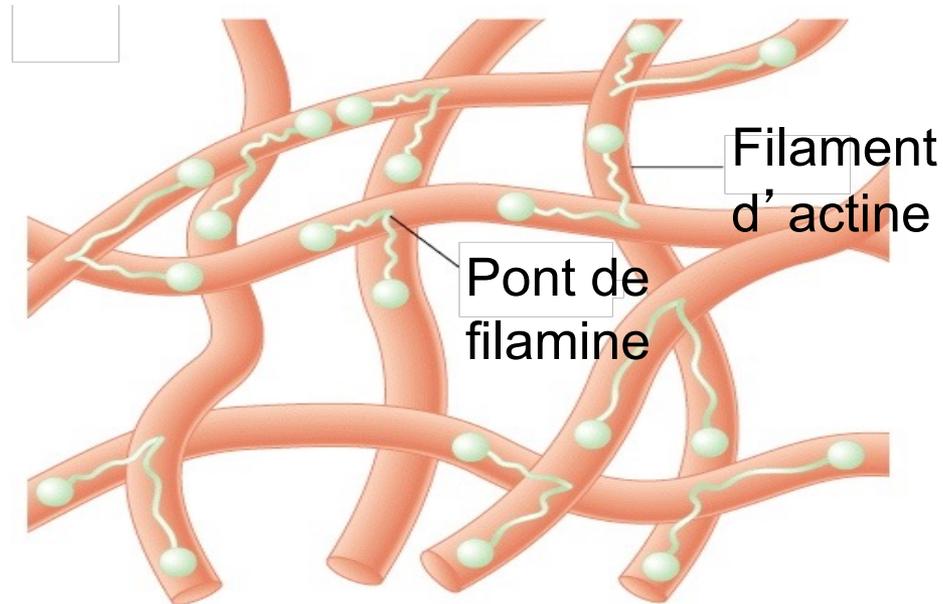
-Contrôlent la forme et les mouvements de la surface des cellules animales



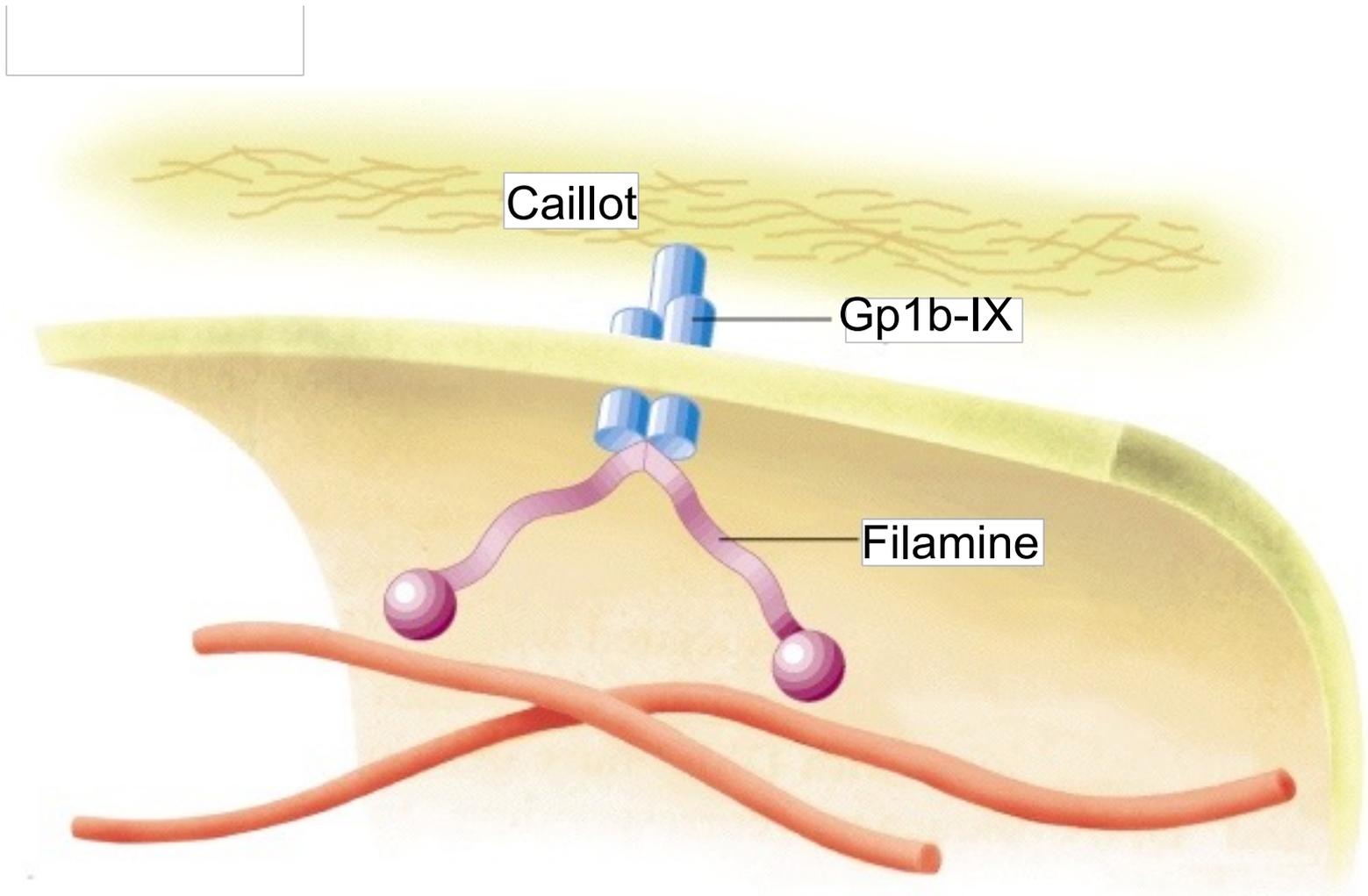
Cellule neutrophile à la poursuite d'un staphylocoque doré
parmi des globules rouges



Changement de forme des plaquettes au cours de la coagulation du sang dû à des réarrangements complexes des filaments d'actine pontés à la membrane plasmique

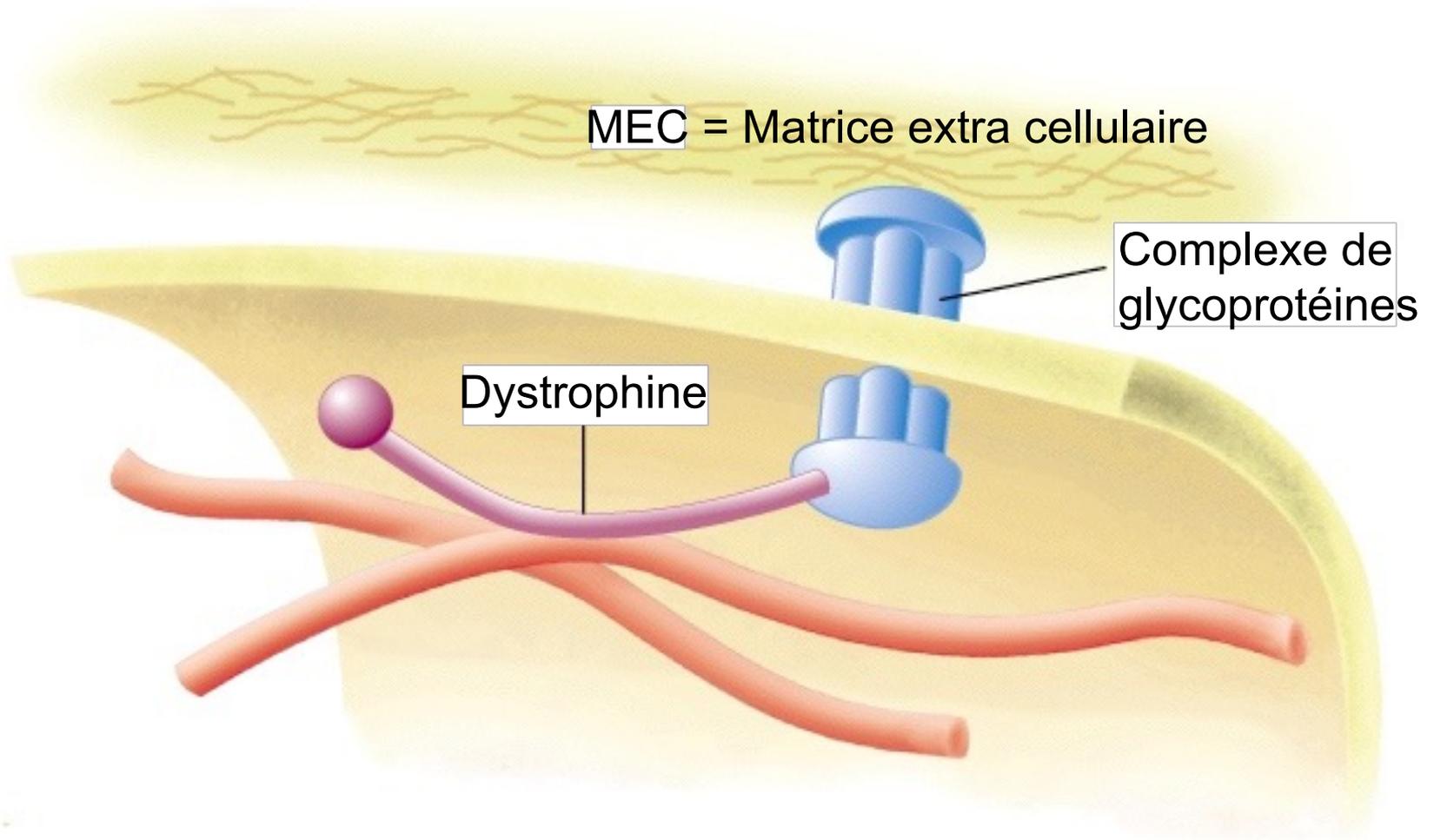


Réseau de filaments d'actine



Arrangement des filaments d'actine dans les plaquettes

Dystrophine : protéine responsable de la dystrophie musculaire de Duchenne



Arrangement des filaments d'actine dans les cellules du muscle strié

Chapitre 5:

Structuration du cytosol par des filaments : le cytosquelette

1-Filaments d'actine

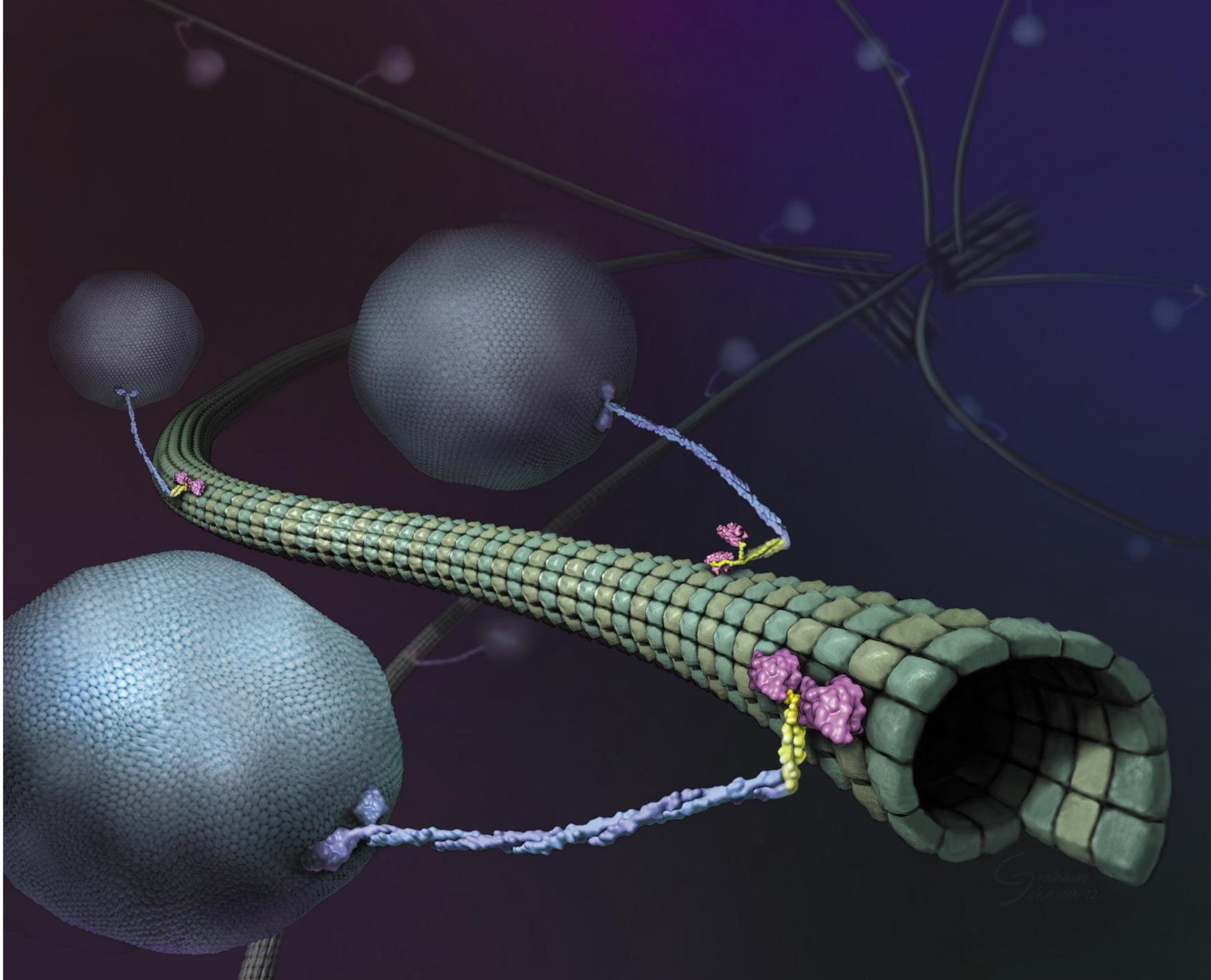
2-Microtubules : tubuline

Microtubule : structure cylindrique, creuse et longue composée de tubuline. Il constitue l'une des trois classes majeures de filaments du cytosquelette.

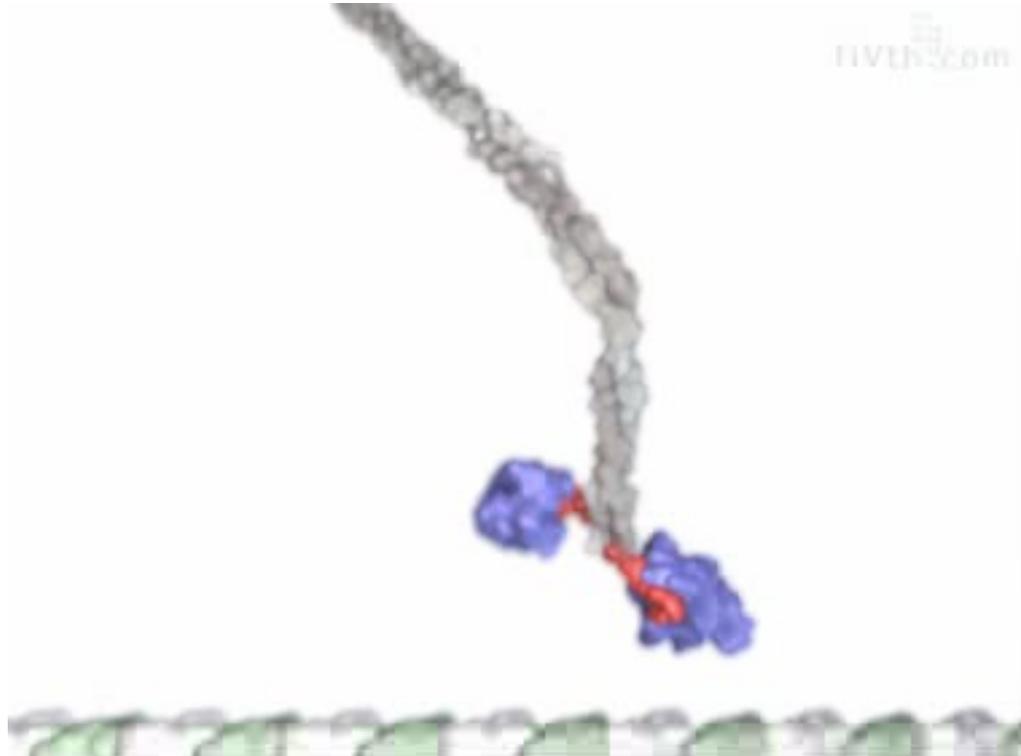
Microtubules

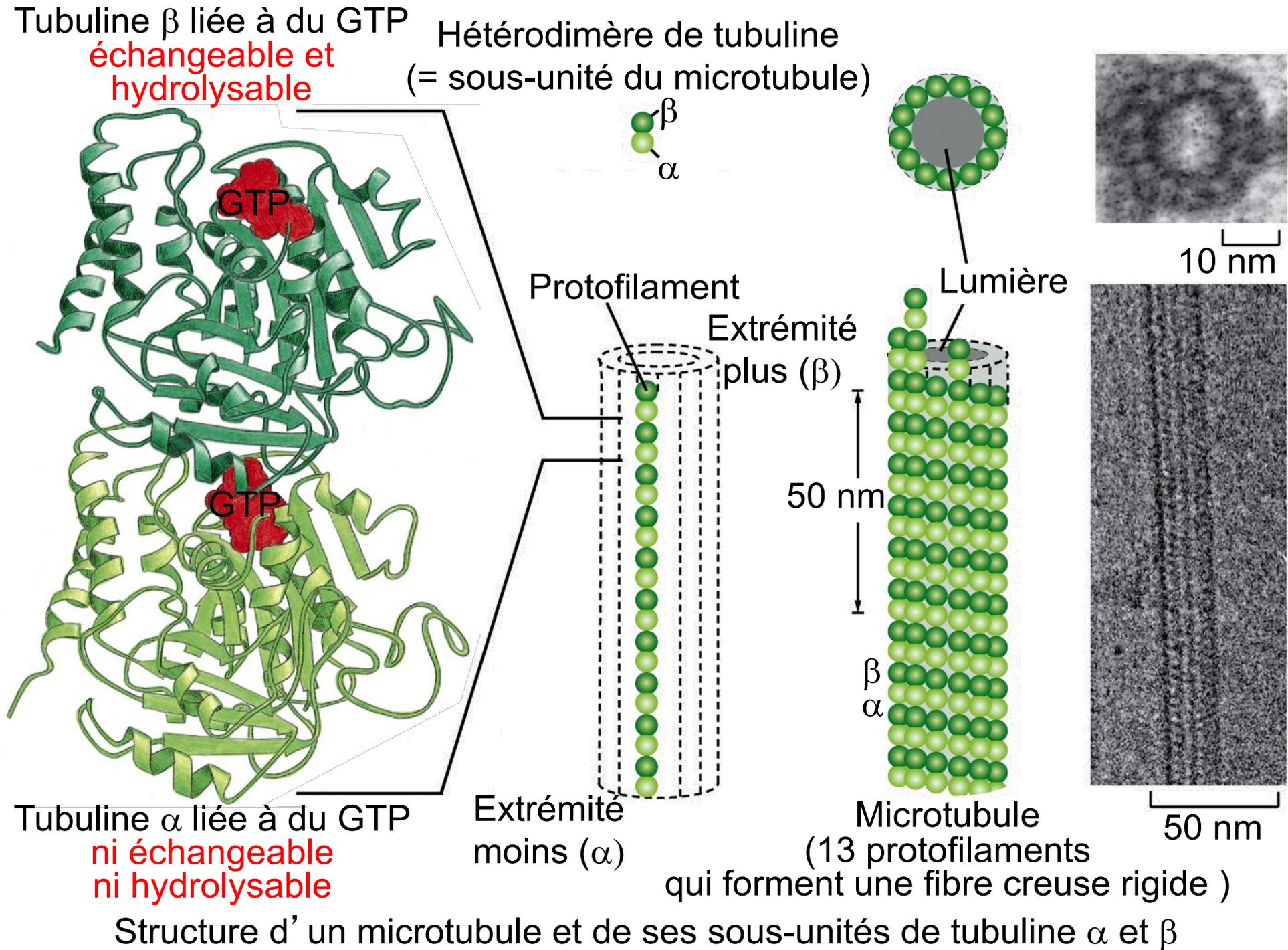
- Longs cylindres creux constitués de tubuline α et β associées en hétérodimère
- Diamètre externe de 25 nm, beaucoup plus rigides que les filaments d'actine
- Longs avec, le plus souvent, une extrémité attachée au centrosome ou MTOC
- Structures très dynamiques capables de s'allonger
de se raccourcir très rapidement
par addition ou perte de tubuline
- Servent de support au déplacement de protéines qui agissent comme moteur (dyneines, kinésines) dans le transport des organites à l'intérieur de la cellule
Dynéines: transport rétrograde (du + vers le - des MT)
Kinésines: transport antérograde (du - vers le + des MT)
- Servent à la migration des chromosomes dans les cellules en mitose

MTOC = «**M**icro**t**ubule **O**rganizing **C**enter»
Centre d'organisation des microtubules



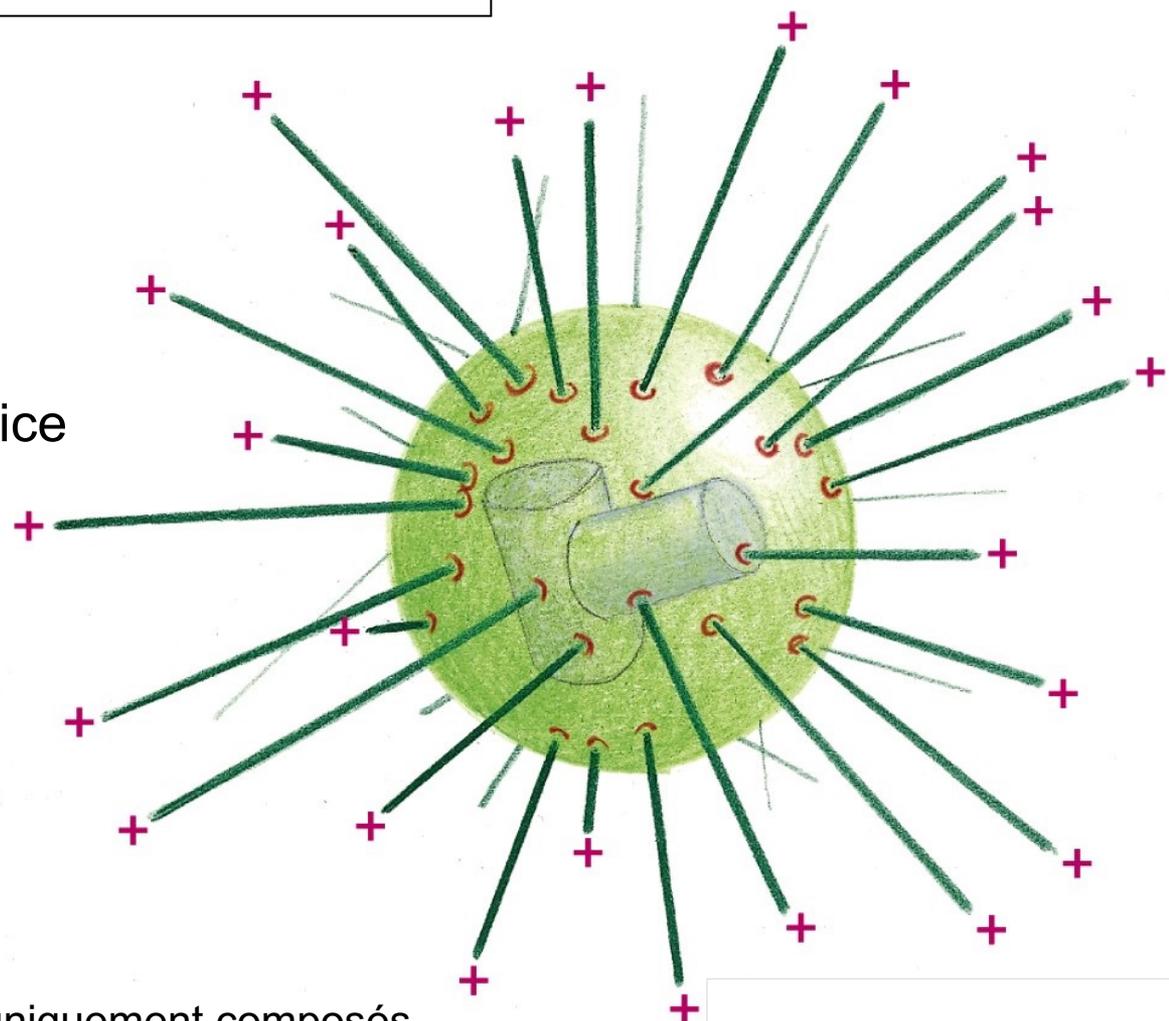
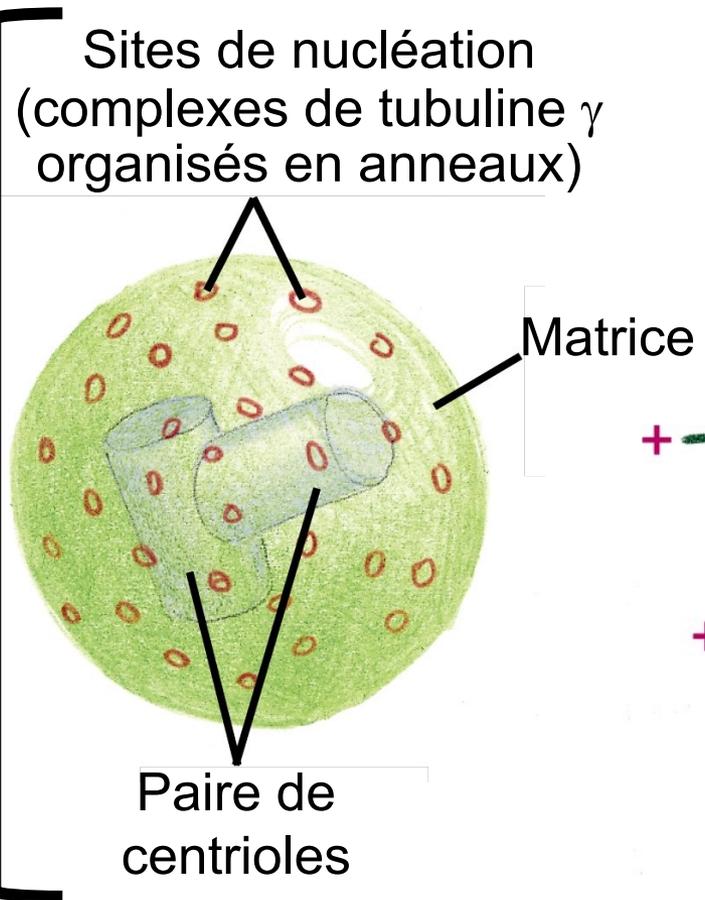
September 12





MTOC = « **M**icro**t**ubule **O**rganizing **C**enter »
Centre d'organisation des microtubules

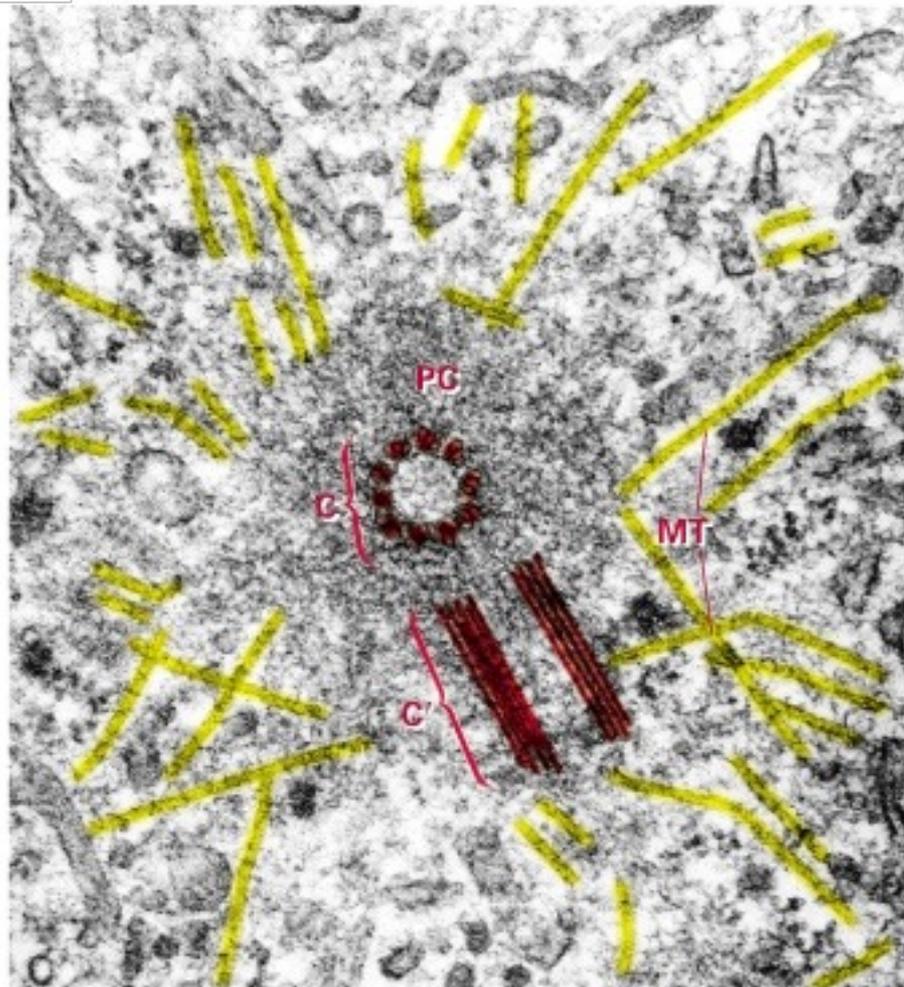
MTOC



Microtubules croissant à partir
des complexes de tubuline γ
organisés en anneaux

Remarque: les centrioles ne sont pas uniquement composés
de tubuline α et β . Ils contiennent également
d'autres tubulines.

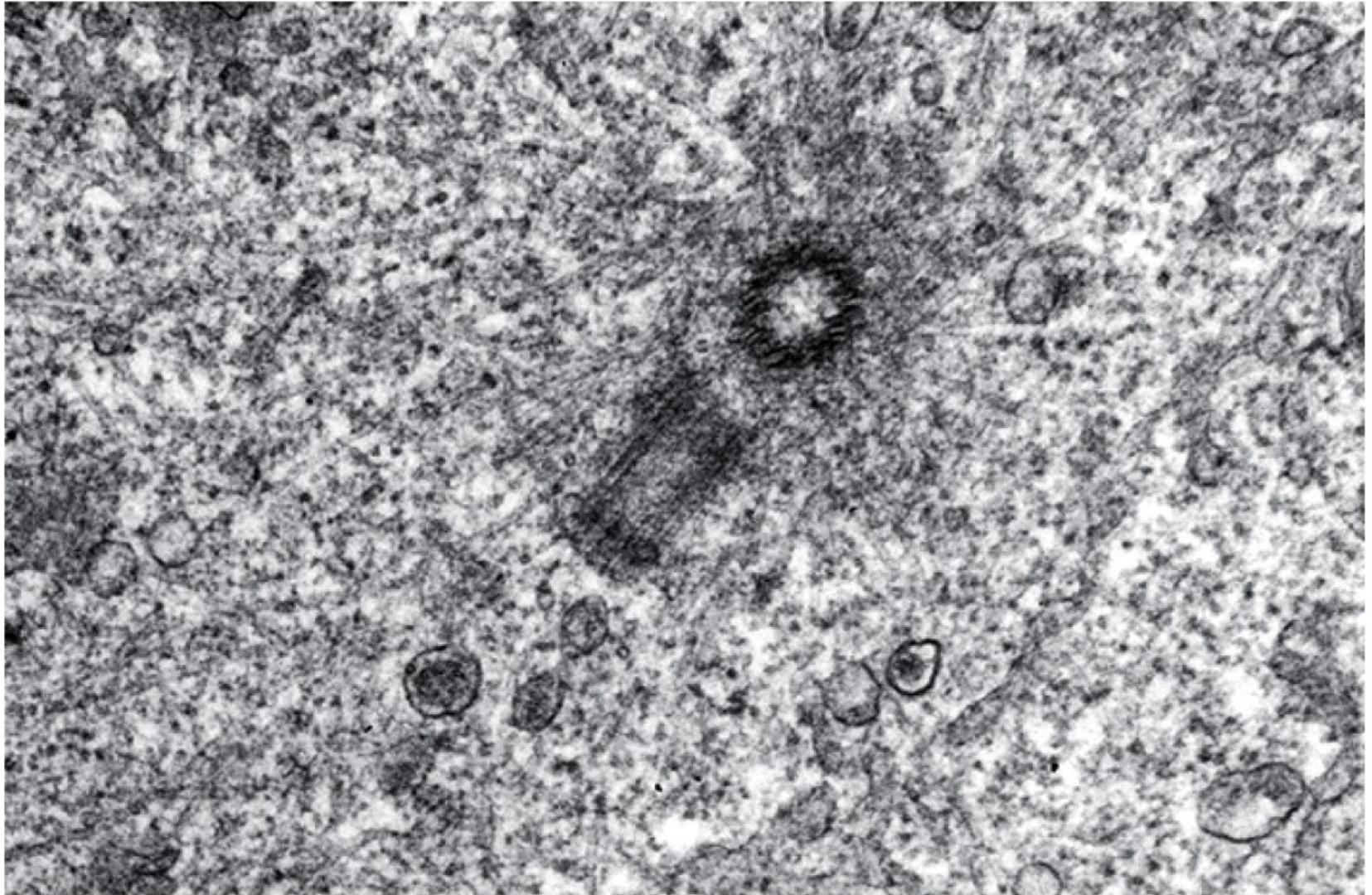
Le centrosome ou centre d'organisation des microtubules



MT = microtubules
C et C' = paire de centrioles
PC = zone autour du centriole

0,5 µm

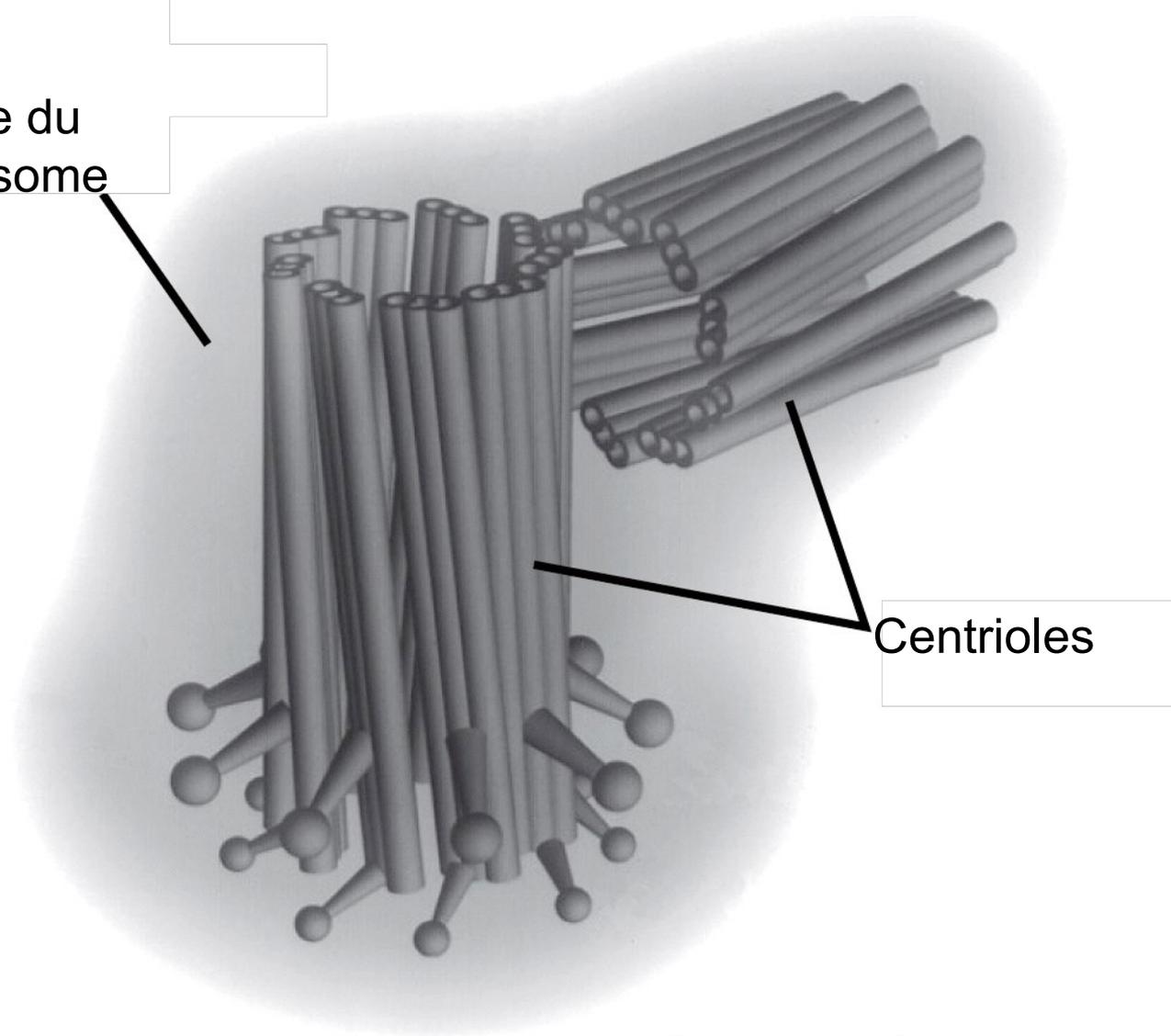
Centre d'organisation des microtubules ou centrosome vu au ME



┌──────────┐
0.5 μm

Deux centrioles perpendiculaires l'un à l'autre dans un centrosome

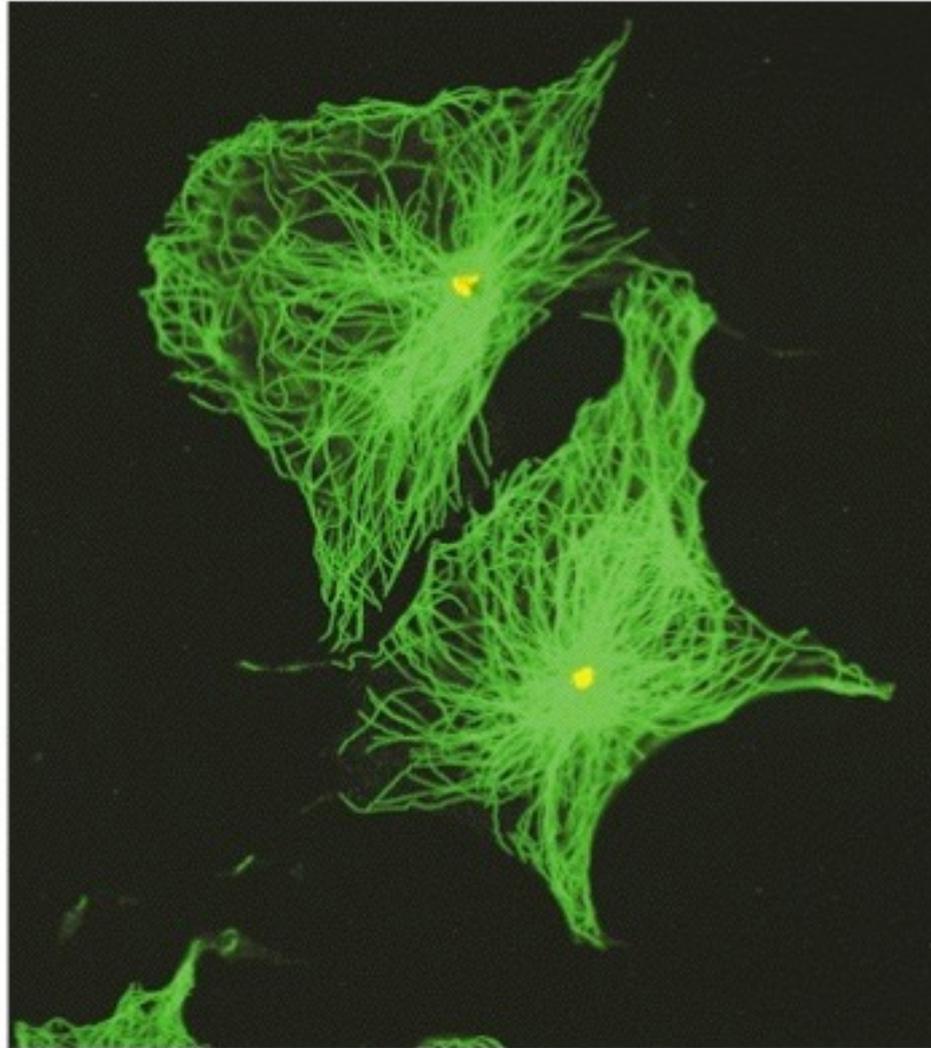
Matrice du centrosome



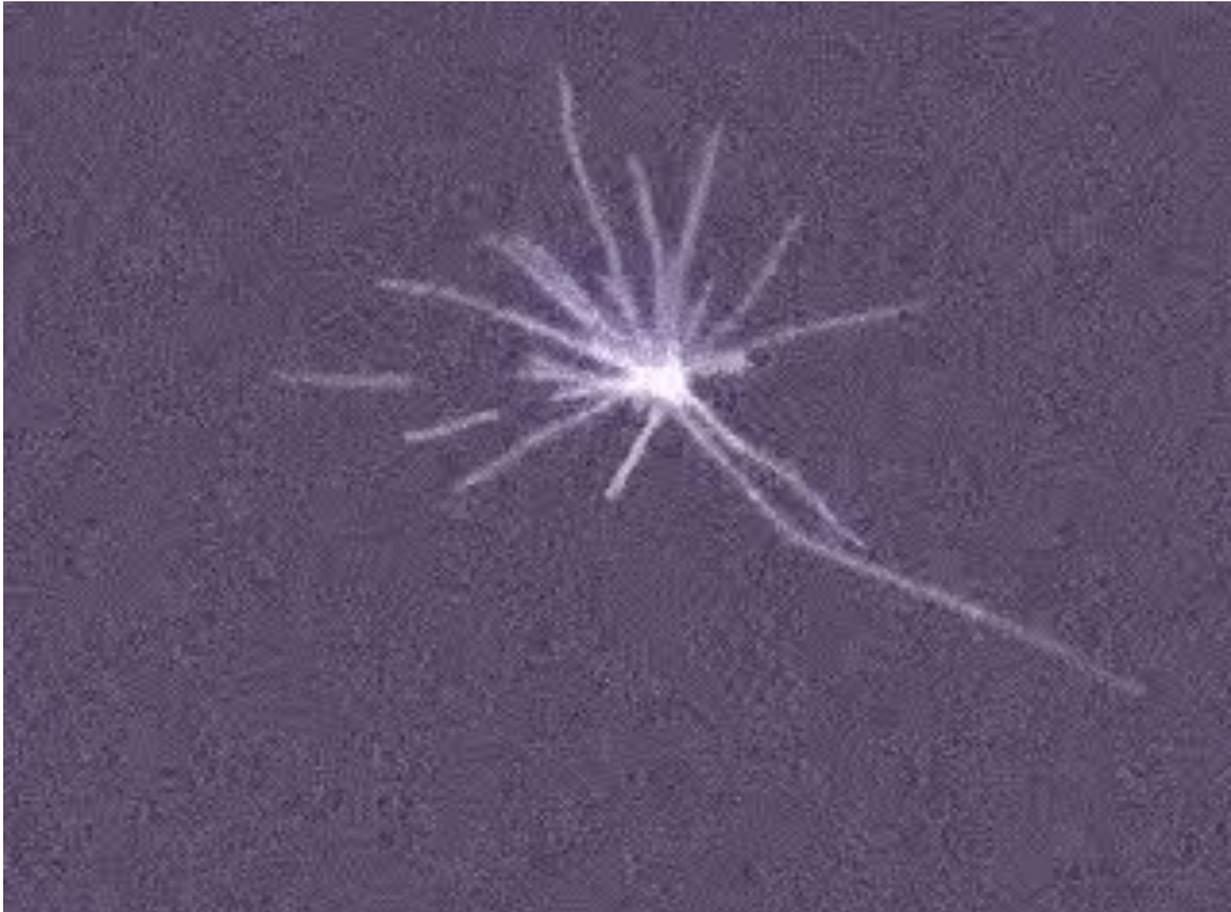
Centrioles

200 nm

Deux centrioles perpendiculaires l'un à l'autre dans un centrosome



Microtubules associés au centrosome de cellules CHO



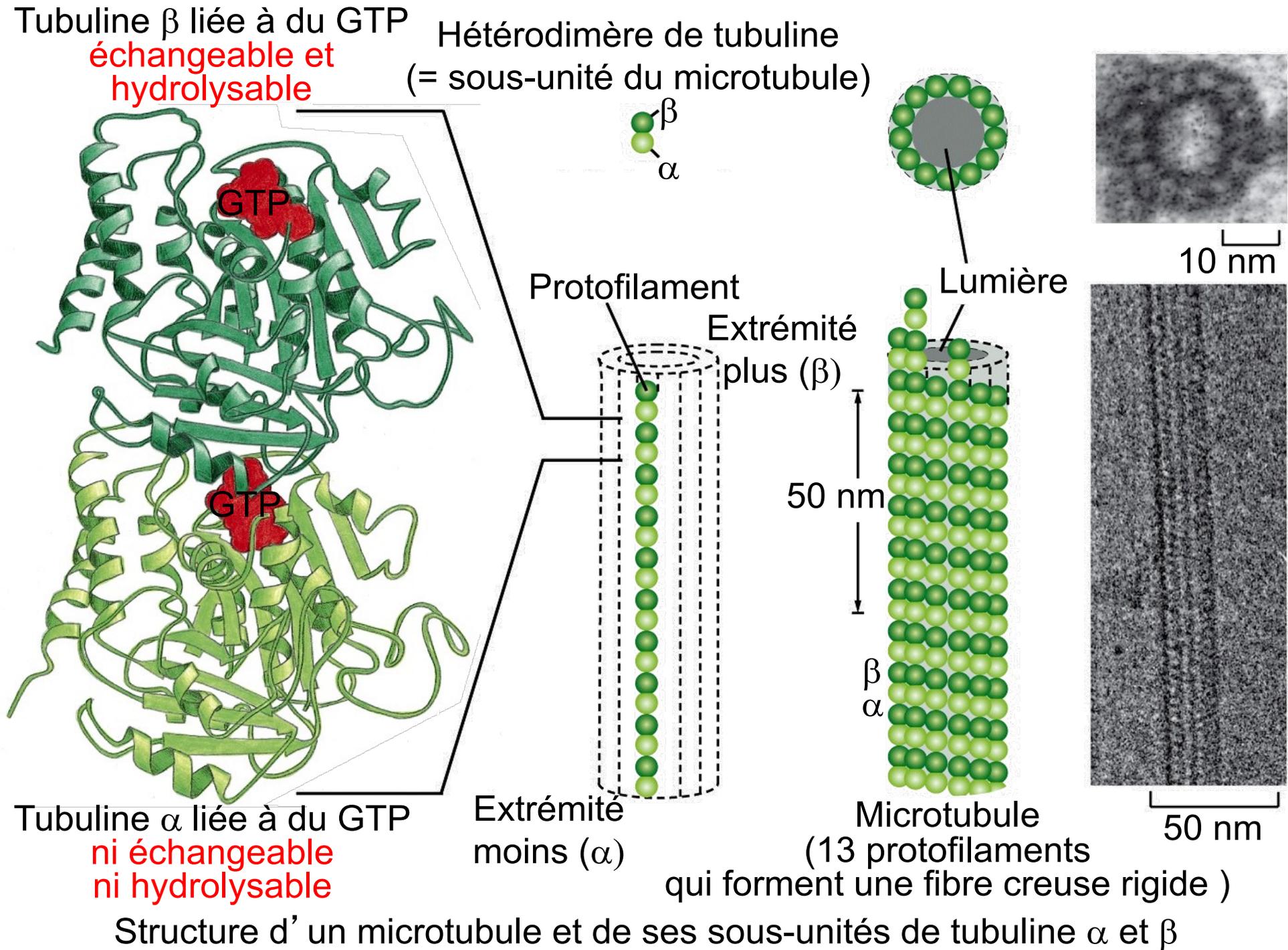
Instabilité dynamique des microtubules
(reconstitution *in vitro* avec un centrosome ajouté à un extrait de cytosol)

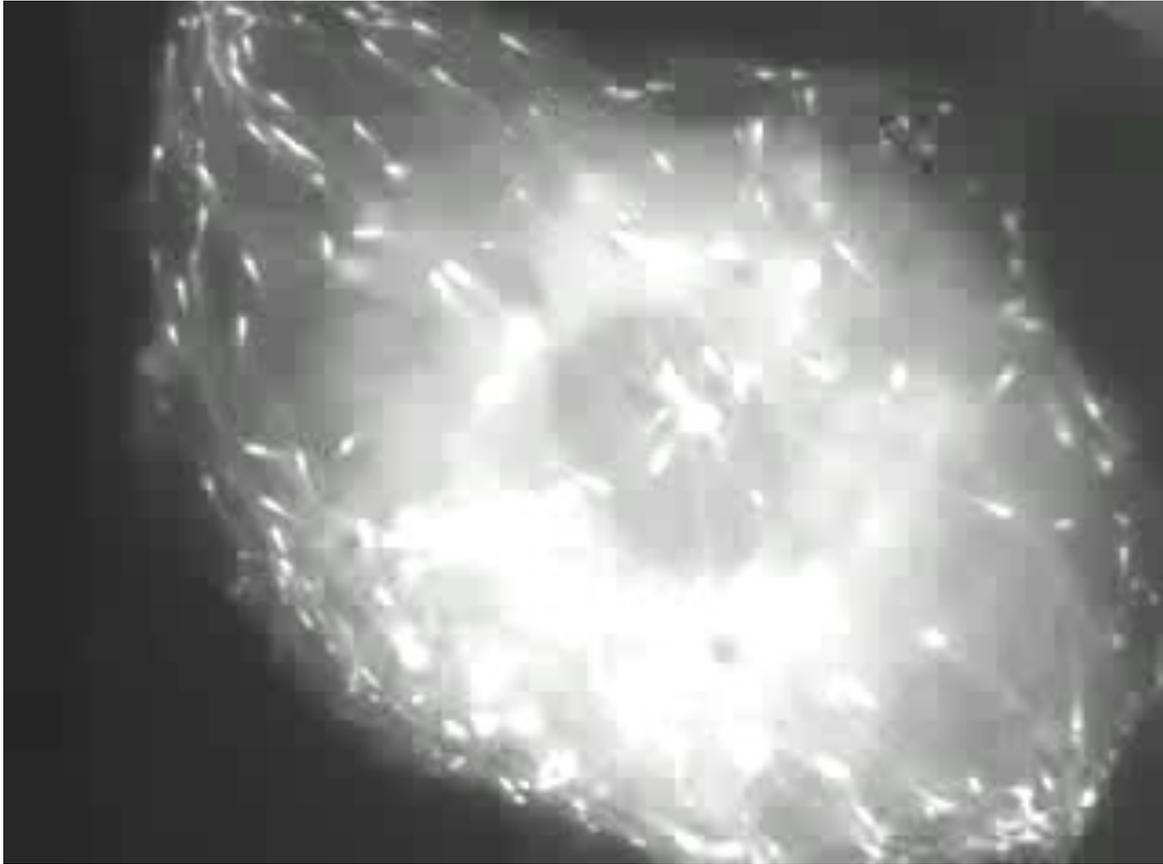
Microtubules

Membranes du RE



Instabilité dynamique des microtubules dans une cellule en cours de migration et expansion d'une cellule avec son RE





Migration de la protéine hybride EB1-GFP
associée à l'extrémité plus de la tubuline β liée au GTP
et

instabilité dynamique des microtubules visualisée par un hybride tubuline-GFP

Chapitre 5:

Structuration du cytosol par des filaments : le cytosquelette

1-Filaments d'actine

2-Microtubules : tubuline

3-Filaments intermédiaires : grande famille hétérogène de protéines

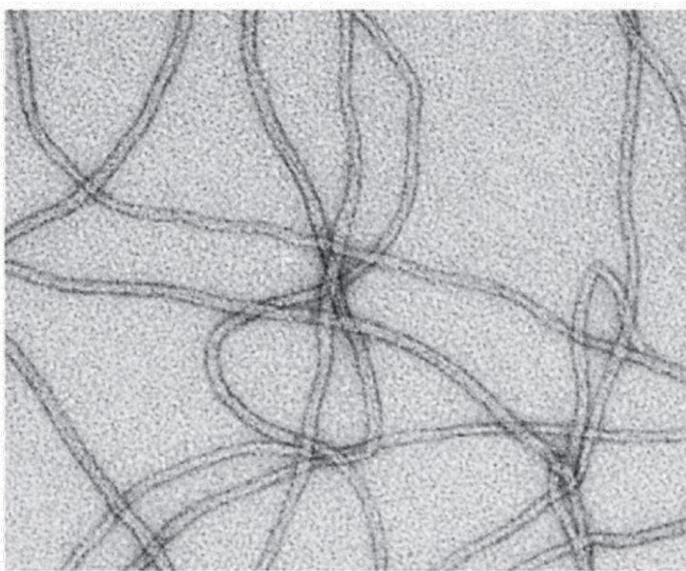
Filament intermédiaire : Filament de protéines fibreuses (\varnothing 10 nm environ) qui ressemble à une corde et qui forme des réseaux dans les cellules des animaux. Il constitue l'un des trois types prédominants de filaments du cytosquelette.

Filaments intermédiaires

- Fibres qui ressemblent à des cordes, de 10 nm de diamètre
- Constitués de protéines qui forment une grande famille hétérogène
- Un type forme la lamina, juste à la face interne de la membrane du noyau
- D'autres types s'étendent à travers le cytoplasme
- Confèrent une résistance mécanique à la cellule et répartissent les efforts mécaniques dans un épithélium, en s'étirant à travers le cytoplasme d'une jonction à une autre jonction de la cellule

Exemples de filaments intermédiaires :

[kératines
	vimentine, desmine
	protéines des neurofilaments



0,1 μm

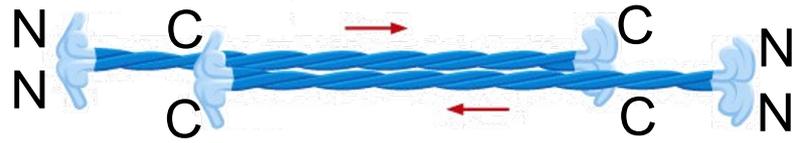


Région en hélice α dans le monomère



48 nm

Dimère super-enroulé

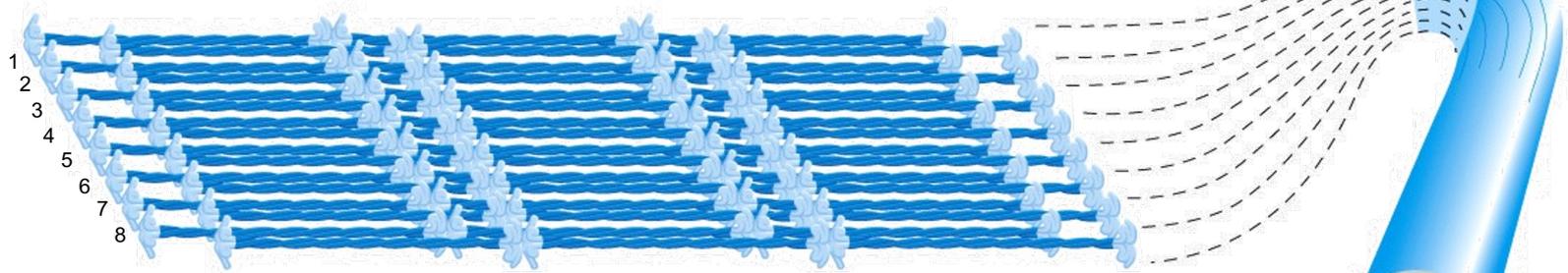


Tétramère de deux dimères super-enroulés

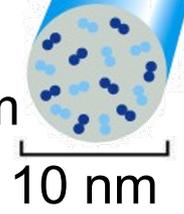
Assemblage linéaire des tétramères :



Deux tétramères assemblés



Assemblage de huit alignements de tétramères qui sont torsadés comme une corde pour former un filament de 10 nm



10 nm

Modèle de construction d'un filament intermédiaire

Filaments intermédiaires

- Fibres qui ressemblent à des cordes, de 10 nm de diamètre
- Constitués de protéines qui forment une grande famille hétérogène
- Un type forme la lamina, juste à la face interne de la membrane du noyau
- D'autres types s'étendent à travers le cytoplasme
- Confèrent une résistance mécanique à la cellule et répartissent les efforts mécaniques dans un épithélium, en s'étirant à travers le cytoplasme d'une jonction à une autre jonction de la cellule

Exemples de filaments intermédiaires :

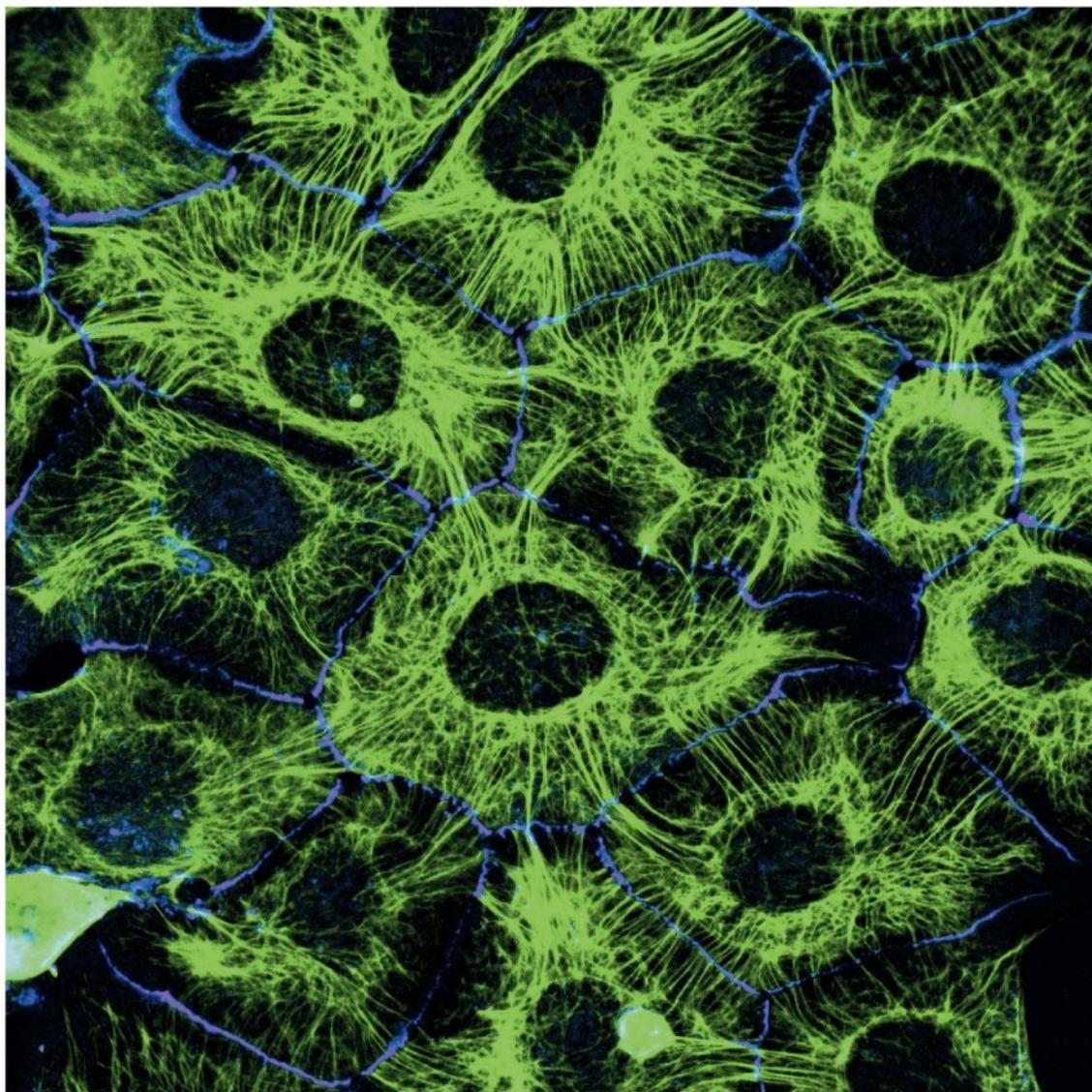
kératines

vimentine, desmine

protéines des neurofilaments

Kératines de type I (acides) et kératines de type II (basiques)

sont localisées dans les cellules épithéliales et les cellules qui en sont dérivées
(cheveux, ongles)



10 μm

Filaments de kératine dans les cellules d'un épithélium

Filaments intermédiaires

- Fibres qui ressemblent à des cordes, de 10 nm de diamètre
- Constitués de protéines qui forment une grande famille hétérogène
- Un type forme la lamina, juste à la face interne de la membrane du noyau
- D'autres types s'étendent à travers le cytoplasme
- Confèrent une résistance mécanique à la cellule et répartissent les efforts mécaniques dans un épithélium, en s'étirant à travers le cytoplasme d'une jonction à une autre jonction de la cellule

Exemples de filaments intermédiaires

[kératines
	:vimentine, desmine
	protéines des neurofilaments

Vimentine et autres protéines proches de la vimentine

- **vimentine** : dans de nombreuses cellules d'origine mésenchymateuse
- **desmine** : dans le muscle
- **protéines acides fibrillaires de la glie** : dans les cellules gliales (astrocytes et quelques cellules de Schwann)

Mésenchyme : forme non spécialisée, immature du tissu conjonctif des animaux, constitué de cellules enchâssées dans une matrice extracellulaire mince.

Cellules de la glie : cellules de soutien du système nerveux, qui comprend les oligodendrocytes et les astrocytes du système nerveux central des vertébrés et des cellules de Schwann du système nerveux périphérique.

Filaments intermédiaires

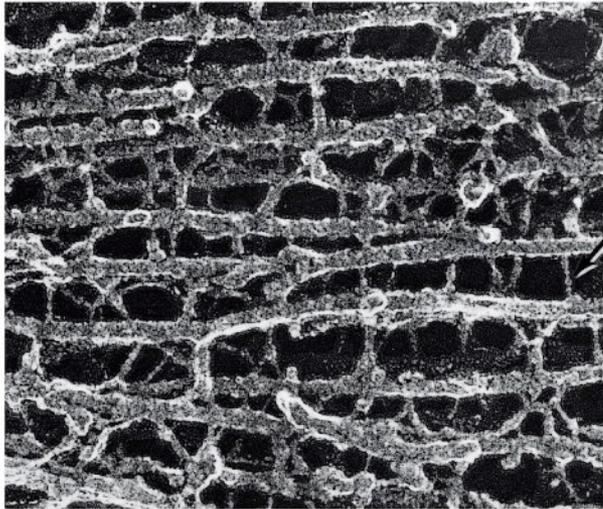
- Fibres qui ressemblent à des cordes, de 10 nm de diamètre
- Constitués de protéines qui forment une grande famille hétérogène
- Un type forme la lamina, juste à la face interne de la membrane du noyau
- D'autres types s'étendent à travers le cytoplasme
- Confèrent une résistance mécanique à la cellule et répartissent les efforts mécaniques dans un épithélium, en s'étirant à travers le cytoplasme d'une jonction à une autre jonction de la cellule

Exemples de filaments intermédiaires :

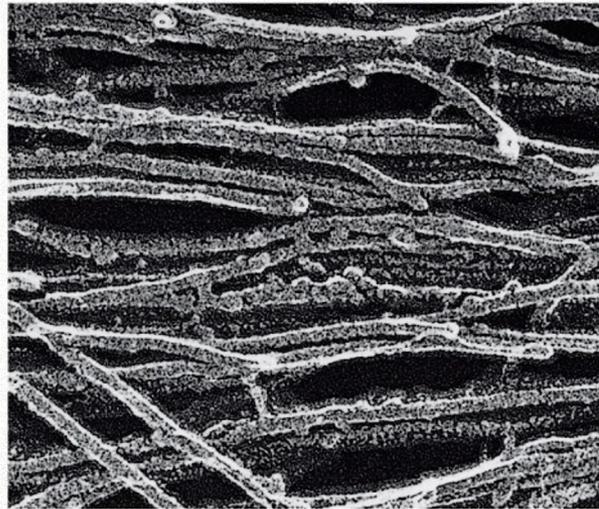
Exemples de filaments intermédiaires :	[kératines
		vimentine, desmine
		protéines des neurofilaments

Neurofilament : type de filament intermédiaire trouvé dans les cellules nerveuses.

ME de neurofilaments de l'axone d'une cellule nerveuse

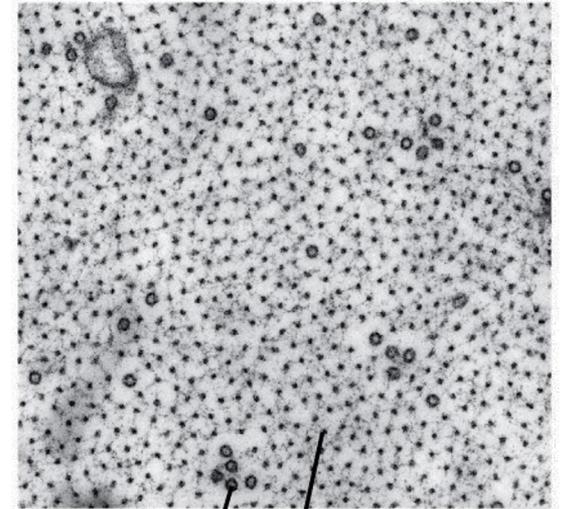


ME de neurofilaments de cellule gliale



100 nm

ME d'une section Transversale d'un axone

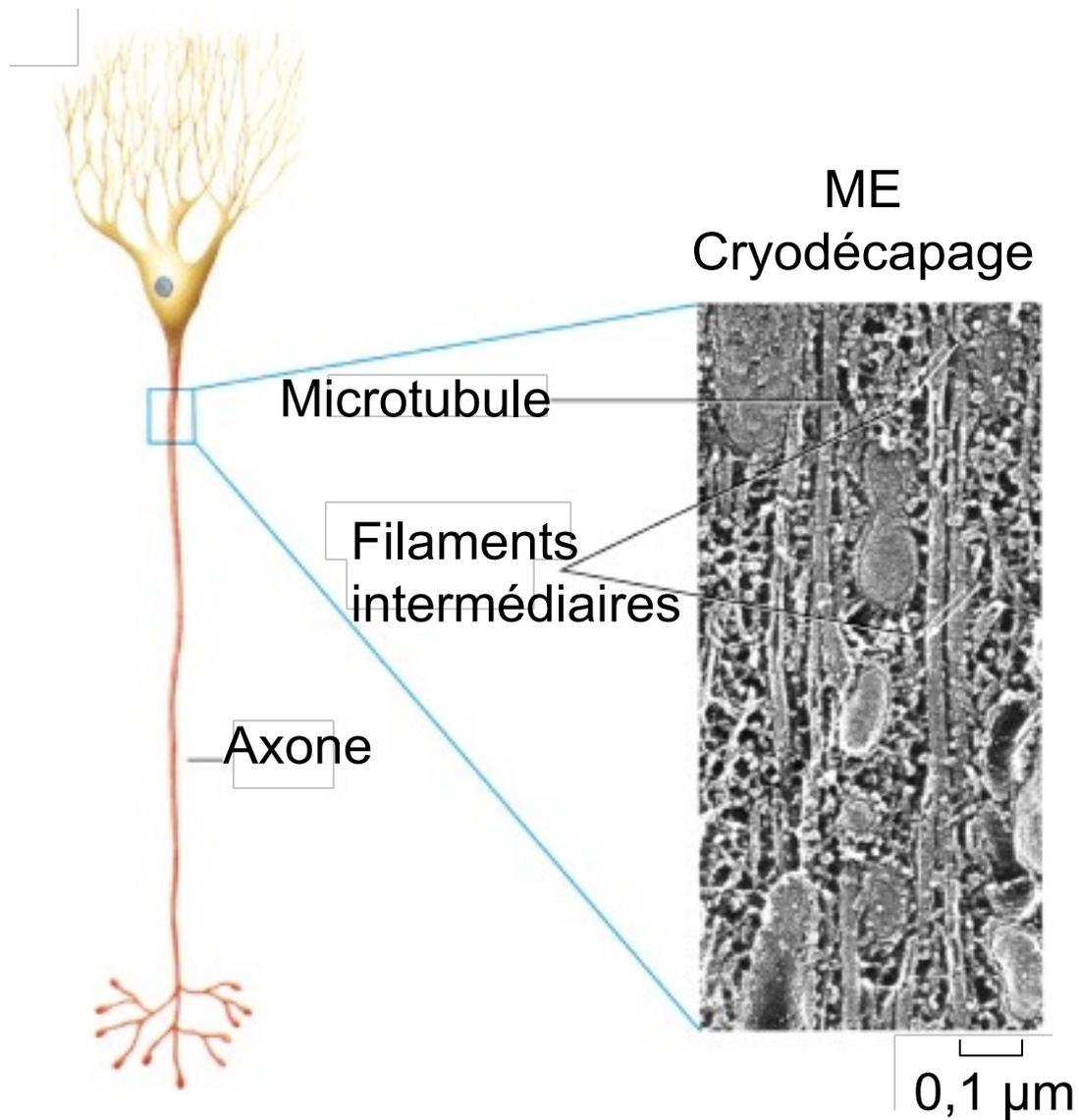


Microtubules

Neurofilaments

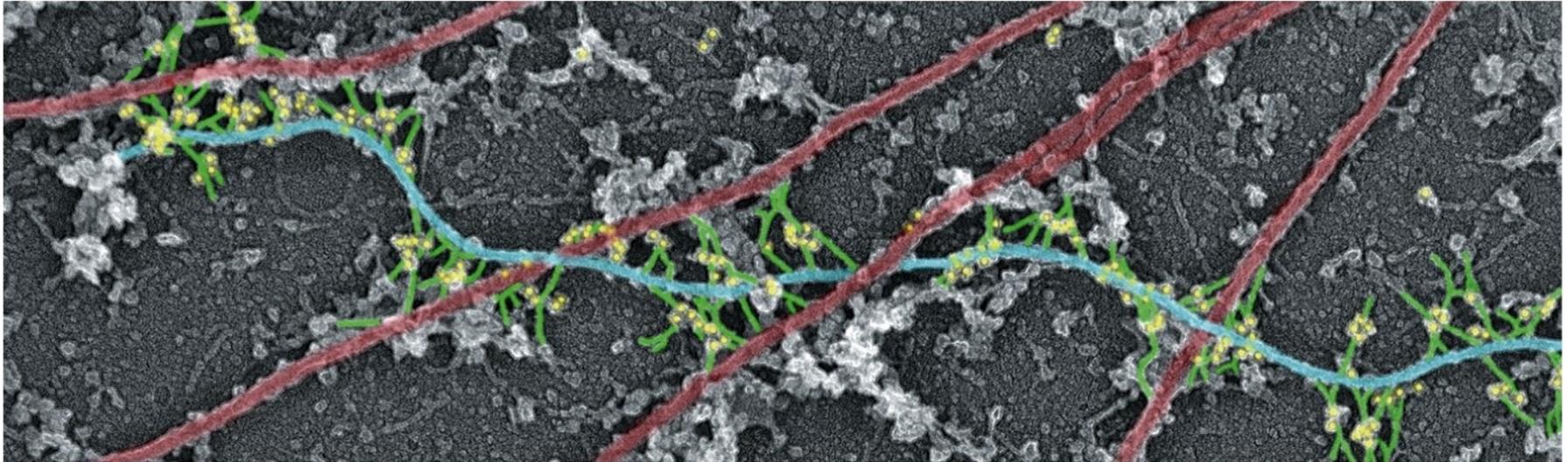
250 nm

Deux types de filaments intermédiaires dans des cellules du système nerveux central (ME)



Microtubules et filaments intermédiaires dans un axone

Particules d'or liées à des anticorps anti-plectine



0.5 μm

Microtubules

Filaments intermédiaires

Fibres de connection de plectine

Interconnections entre les filaments intermédiaires et les microtubules dans un fibroblaste (ME)

Filaments d'actine (ou microfilaments)

Contrôlent la forme et les mouvements de la surface des cellules animales

Microtubules

Servent de support au déplacement de protéines qui agissent comme moteur dans le transport des organites à l'intérieur de la cellule

Servent à la migration des chromosomes dans les cellules en mitose

Filaments intermédiaires

Confèrent une résistance mécanique à la cellule et répartissent les efforts mécaniques dans un épithélium, en s'étirant à travers le cytoplasme d'une jonction à une autre jonction de la cellule