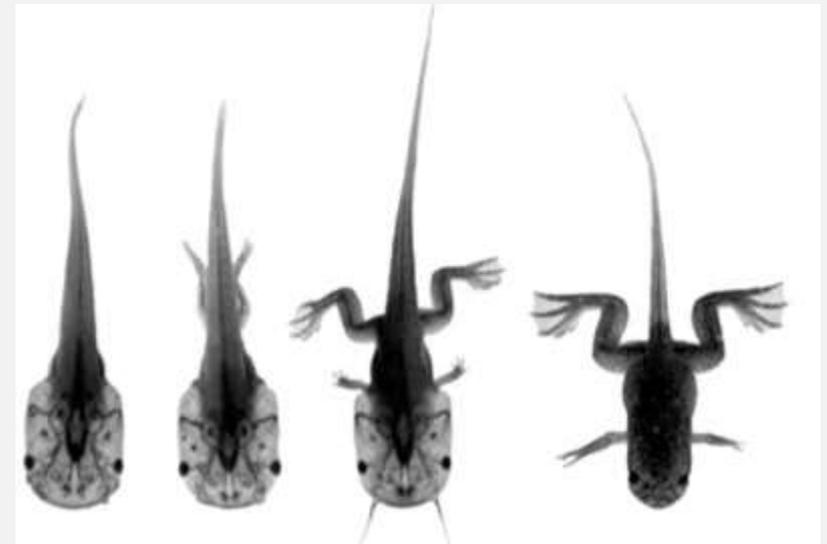
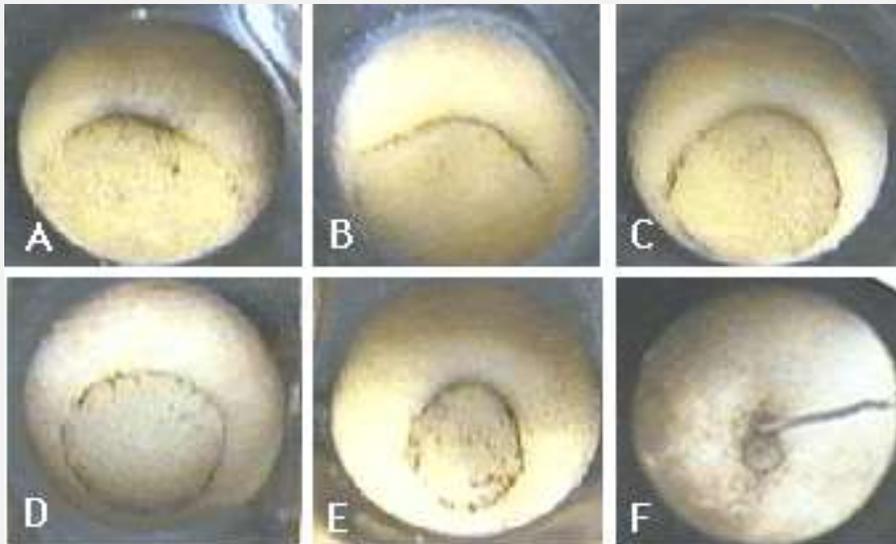


Partie II – D : Ontogenèse et reproduction

Chapitre II – D – 2A : Processus cellulaires du développement embryonnaire



Aer axe de polarité

PA

Dans l'ovocyte:

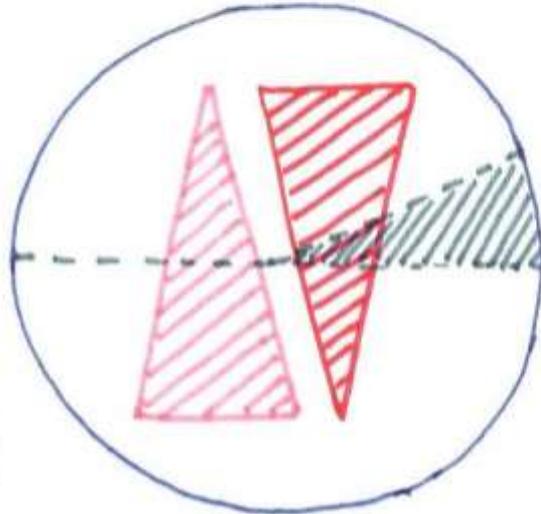
- gradient vitellin

Après la rotation de symétrisation:

- gradient ribonucléoprotéique

déterminent

l'axe PA-PV



D — le axe de polarité

- croissant gris

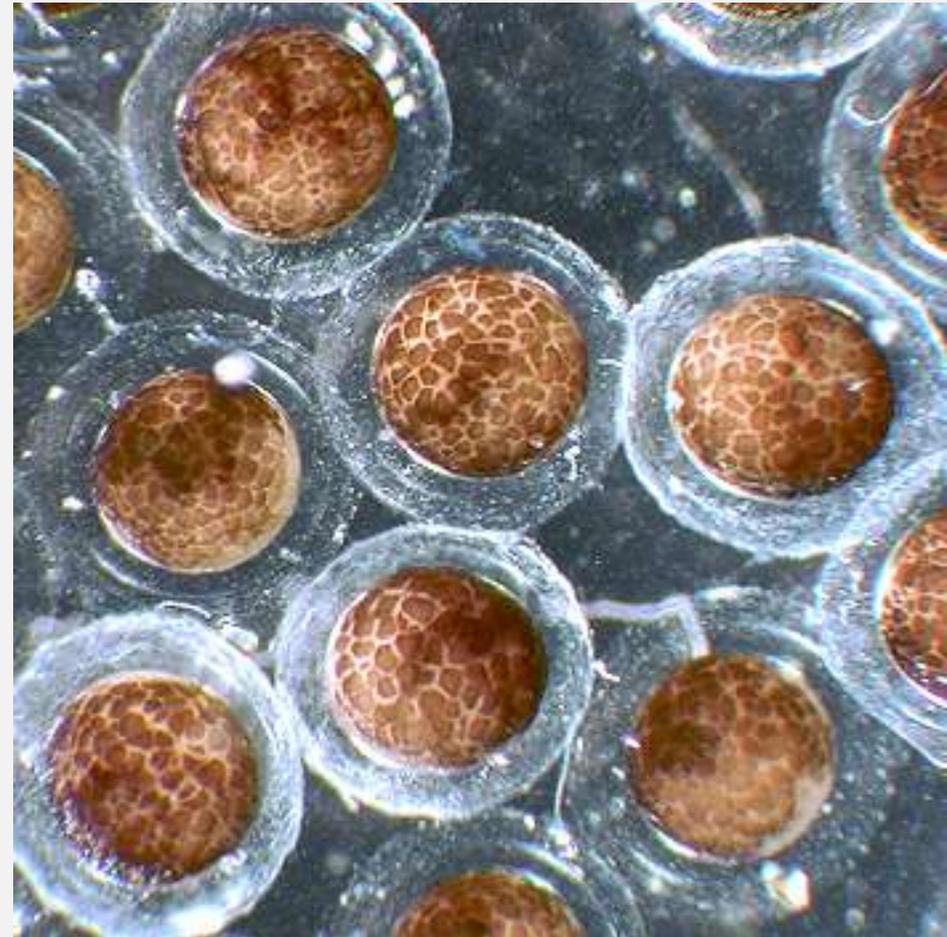
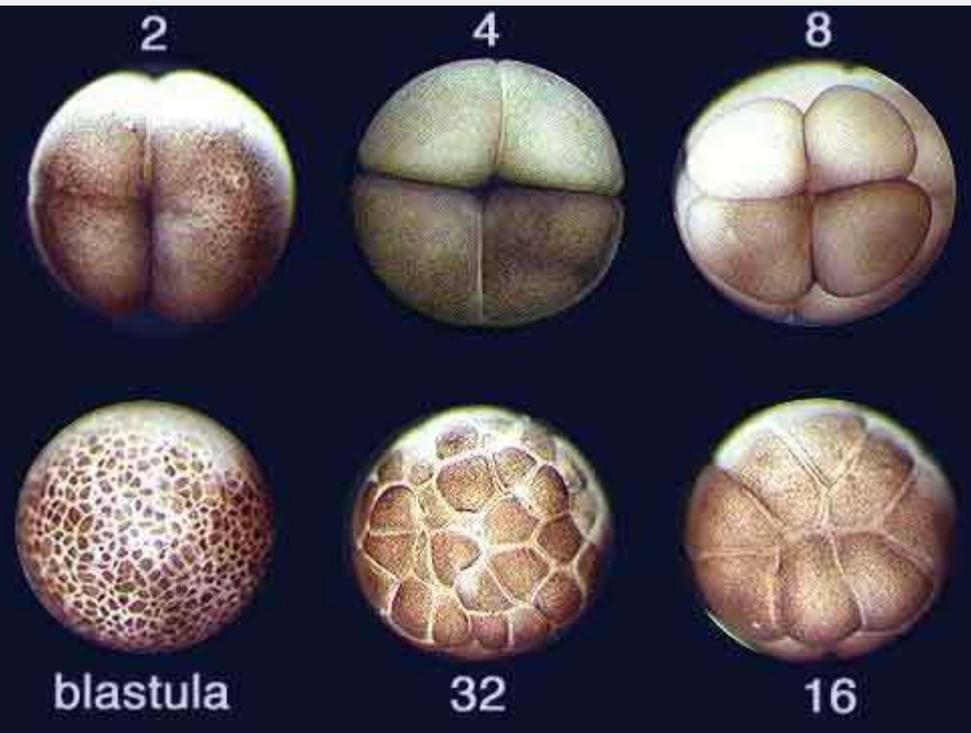
détermine la région dorsale donc

l'axe D-V

⇒ plan de symétrie bilatérale

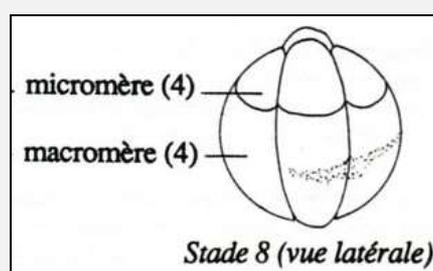
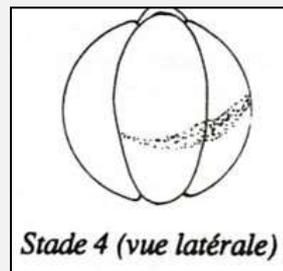
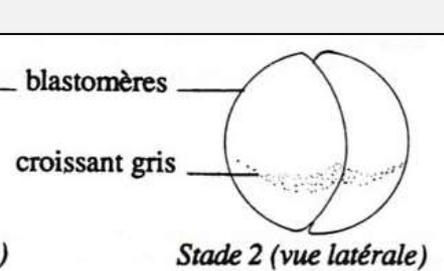
La détermination du plan de symétrie bilatérale dans la cellule - œuf

La segmentation

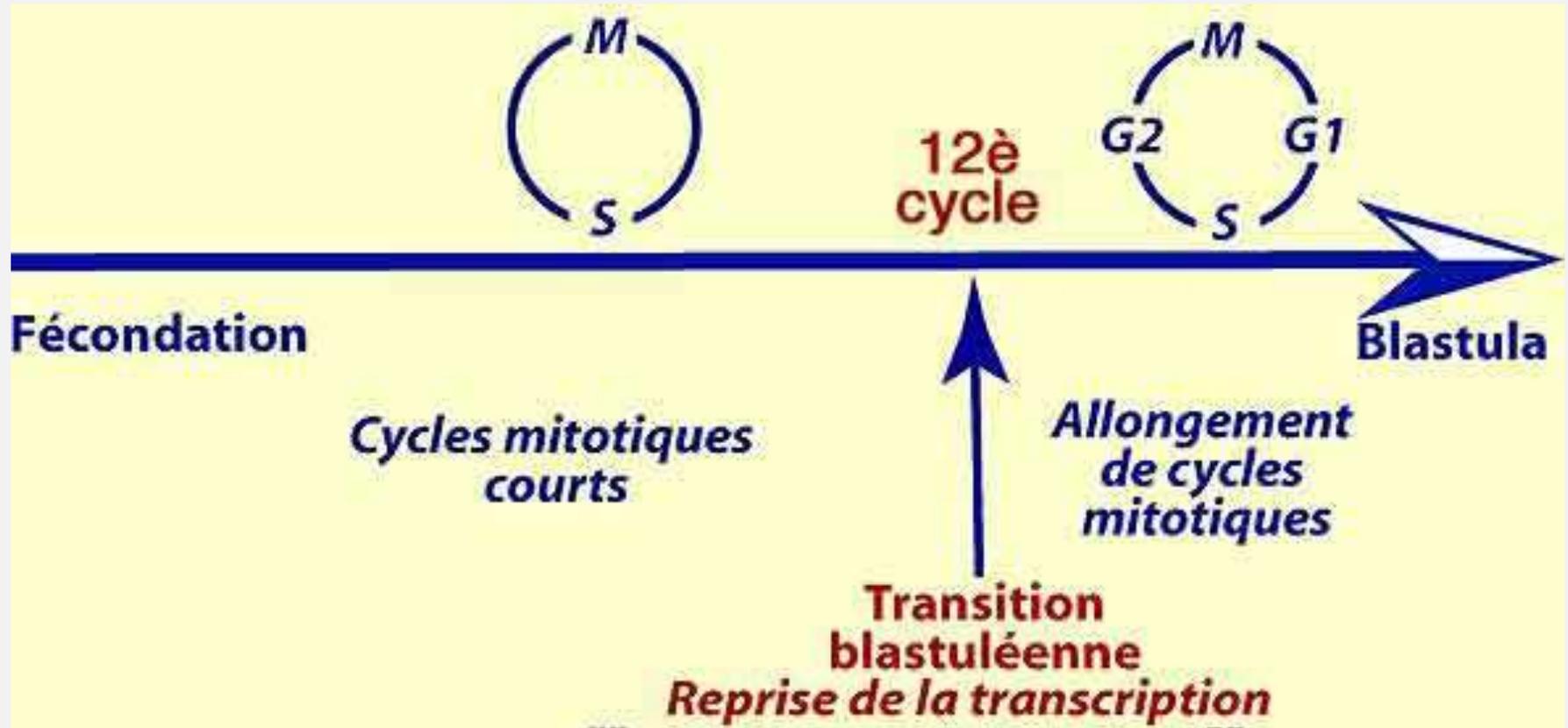


Quelques stade de clivage depuis le stade 2 cellules jusqu 'au stade blastula.

[Voir document 1](#)



Morulas dans leur gangue.

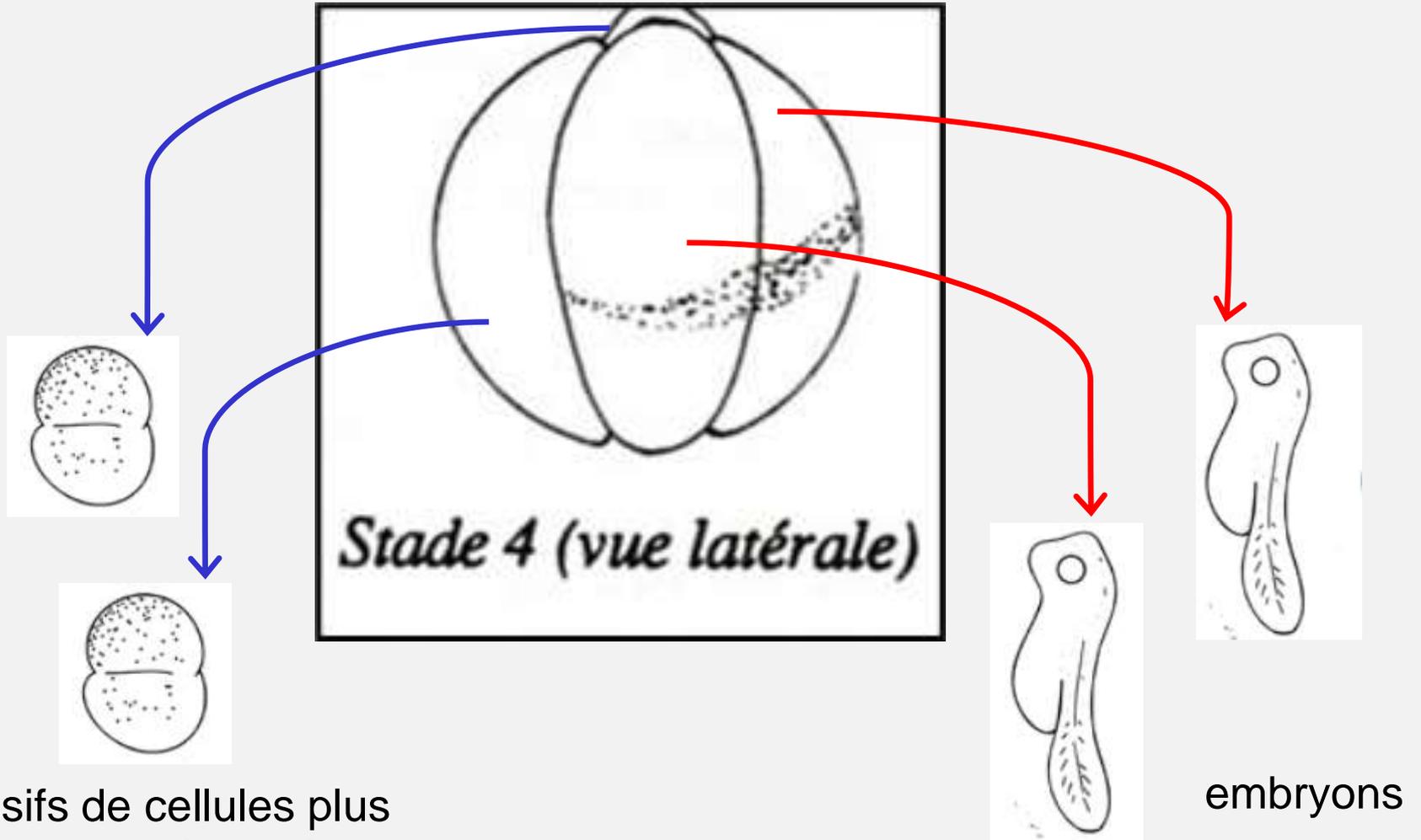


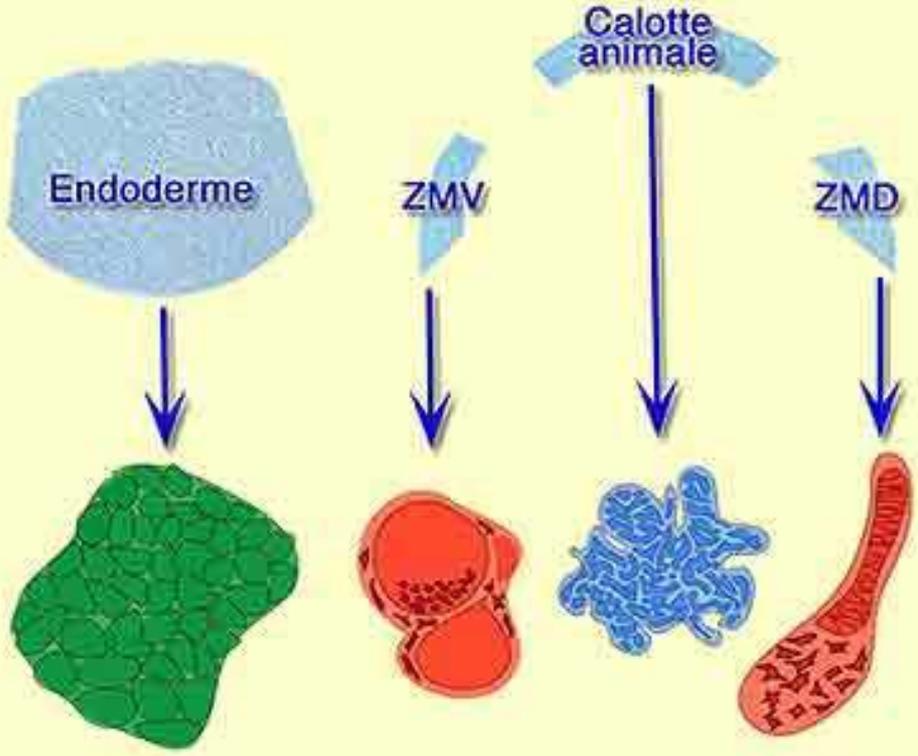
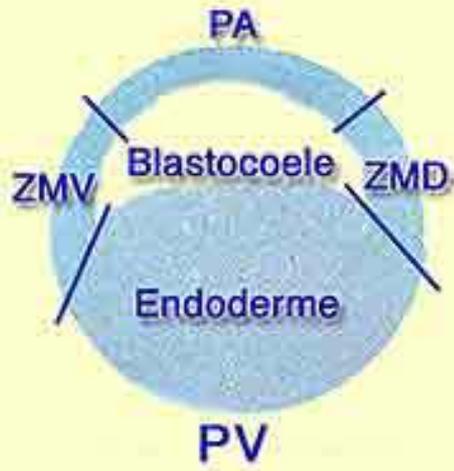
La transition blastuléenne

C'est le moment où les premières transcriptions zygotiques apparaissent.

Expérience de Spemann au stade 4 blastomères

Les quatre blastomères sont séparés, cultivés en solution saline, ils poursuivent leur développement isolément :





Culture des différentes régions de la blastula de Xénope

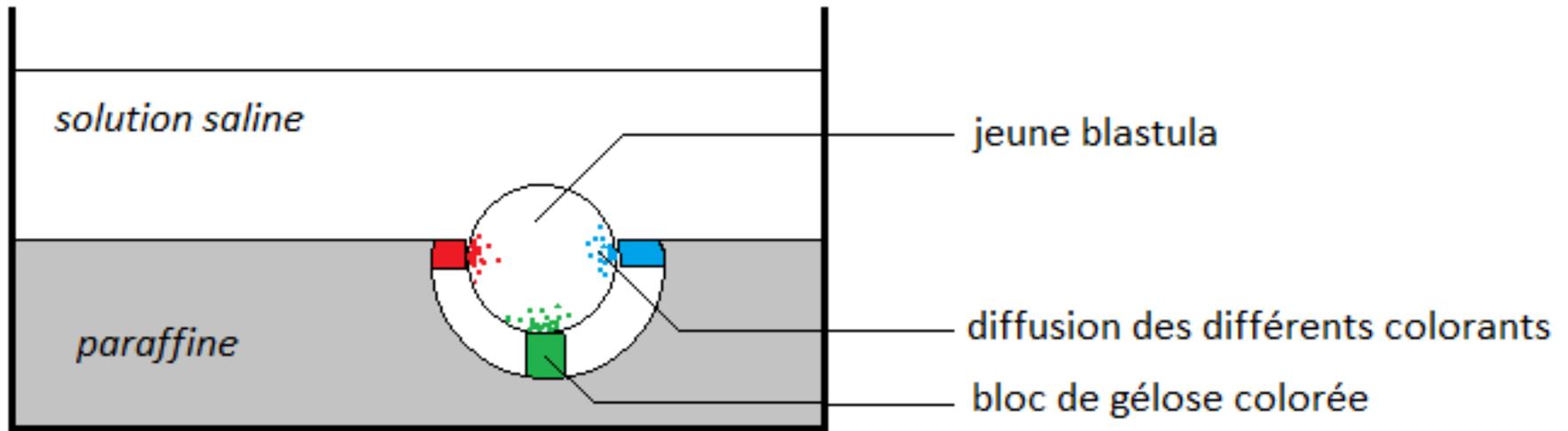
Au stade blastula, des explants sont prélevés dans les 3 régions : calotte ectodermique, zone marginale et endoderme.

Après 3 jours de culture isolée, les résultats sont les suivants :

- **calotte ectodermique --> épiderme atypique**
- **zone marginale dorsale --> mésoderme de type dorsal** (chorde, somites)
- **zone marginale ventrale --> mésoderme de type ventral** (vésicules rappelant le coelome entouré par les lames latérales, cellules sanguines)
- **cellules endodermiques --> endoderme indifférencié**

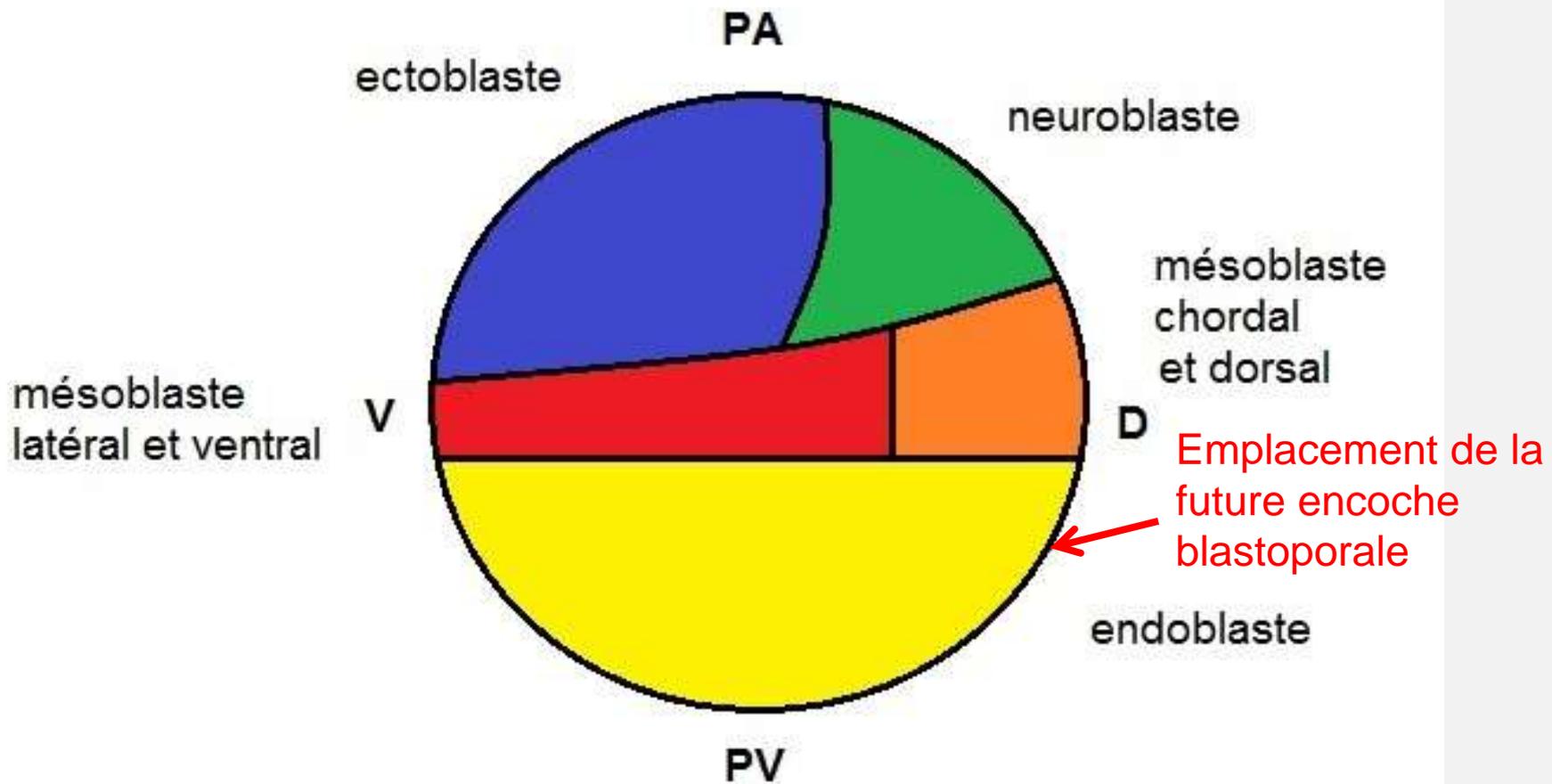
Technique des marques colorées (Vogt, 1925)

1 – Marquage des cellules par diffusion de colorants « vitaux »



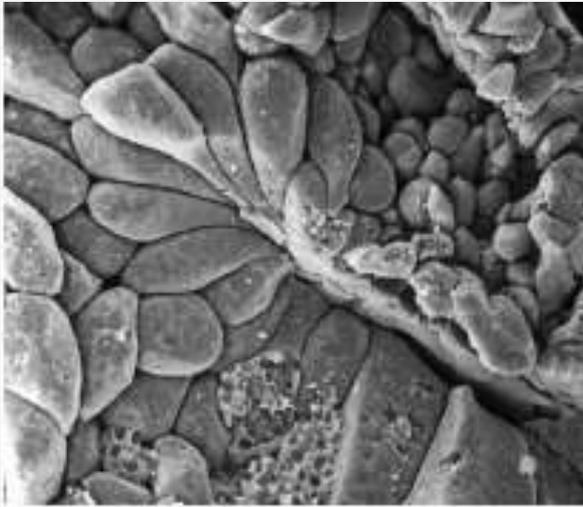
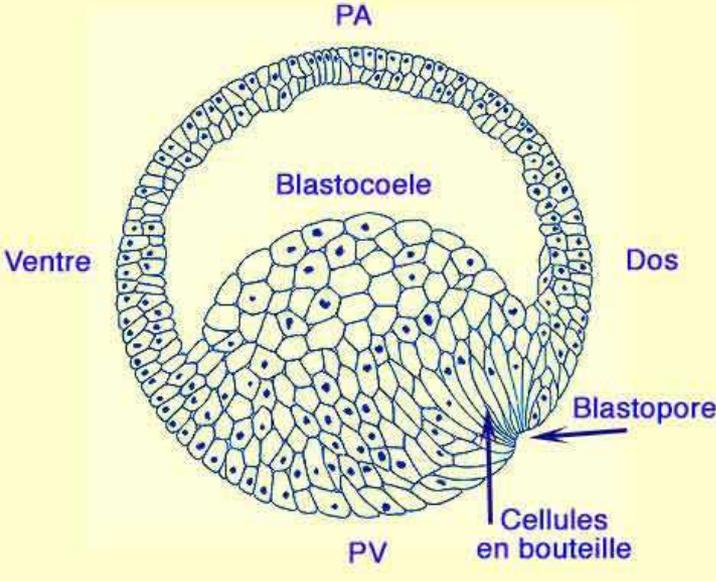
2 – Réalisation de coupes au stade gastrula et repérage du tissu embryonnaire auquel les cellules sont intégrées : endoderme, mésoderme ou ectoderme / neuroderme

3 – Synthèse des résultats : élaboration de la carte des territoires présomptifs

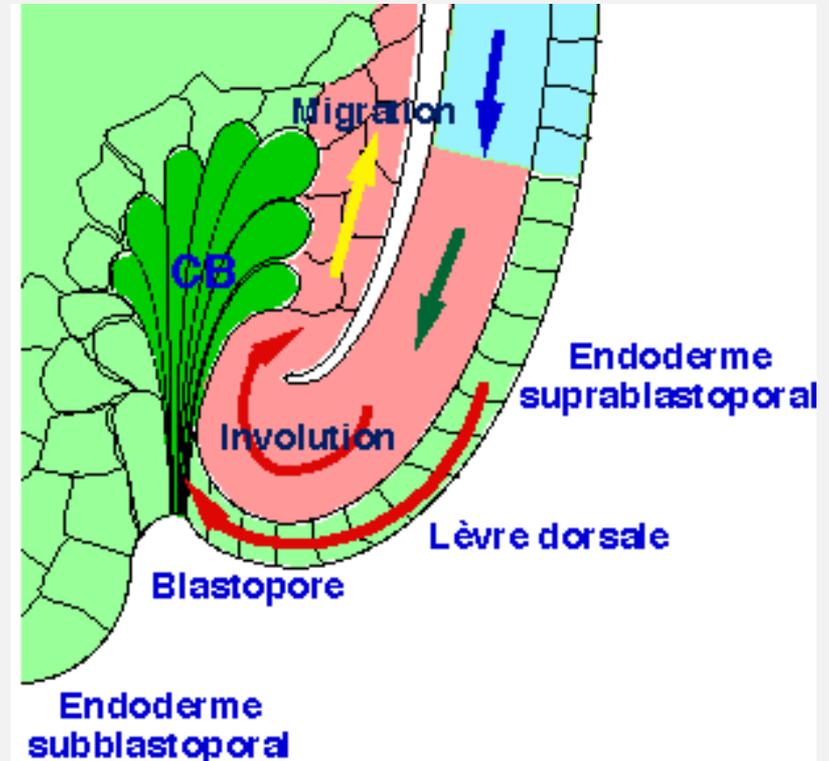


Document 2. Carte des territoires présomptifs de la blastula de *Xénope*.

Changements de forme des cellules et mouvements d'involution lors de la gastrulation

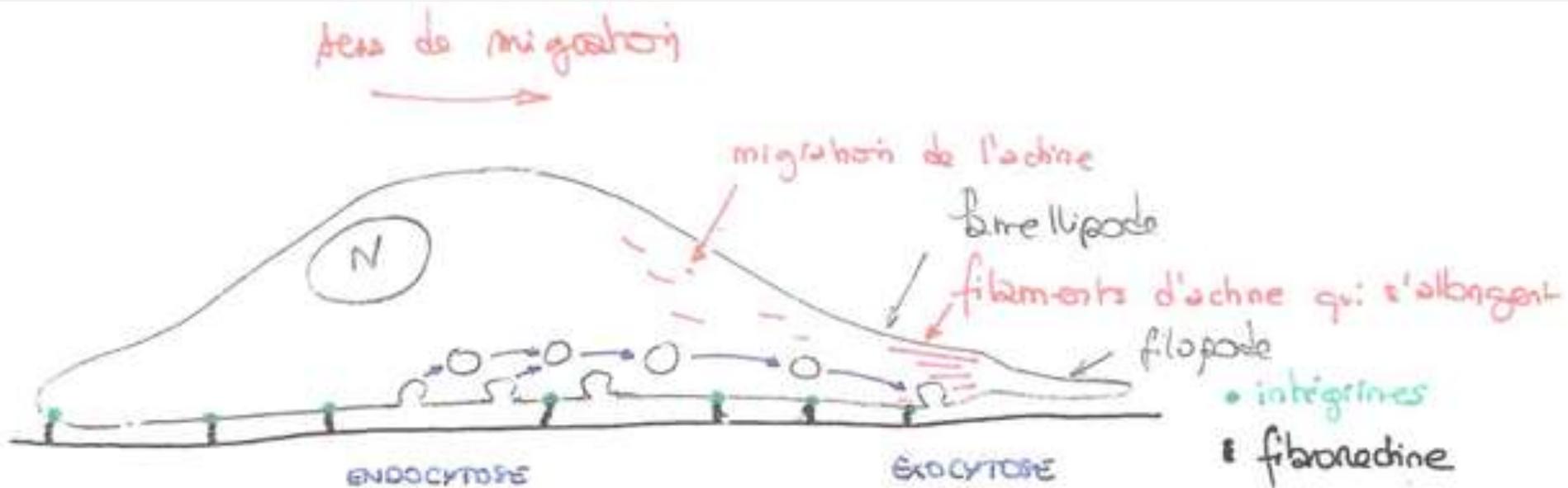


Zone de l'encoche blastoporale, vue de détail. MEB



Document 3. Cellules en bouteille et mouvements d'involution.

(Source : snv.jussieu)



Changement de forme et migration cellulaire



© J. L. E. B. - L. De Vos

Changements de forme des cellules et mouvements d'enroulement de la plaque neurale lors de la neurulation

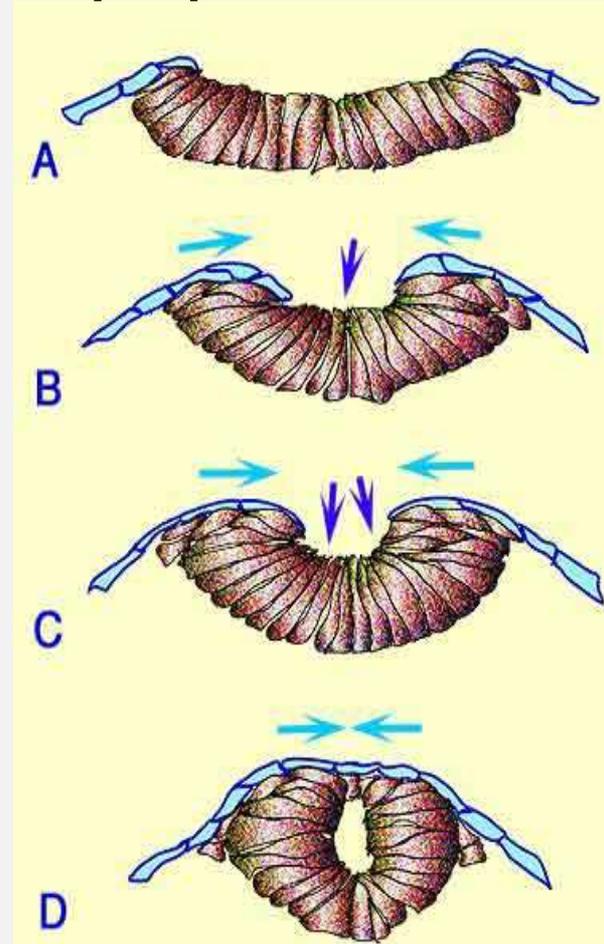
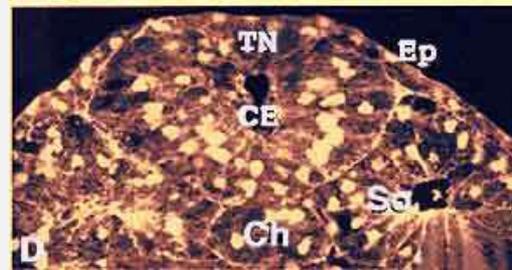
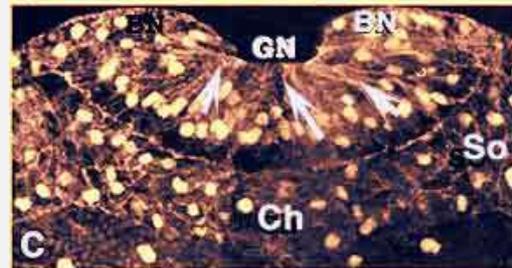
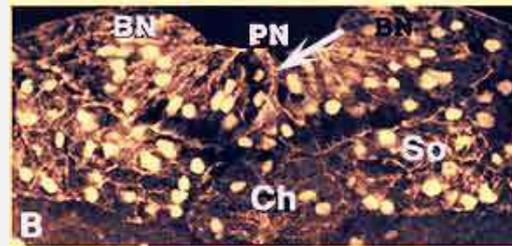
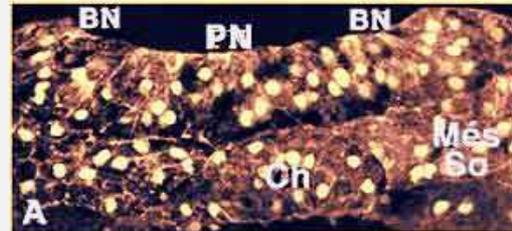
CT de 4 étapes de la neurulation montrant l'enroulement de la plaque neurale.

Épaississement et enroulement de la plaque neurale, vue de détail. MEB

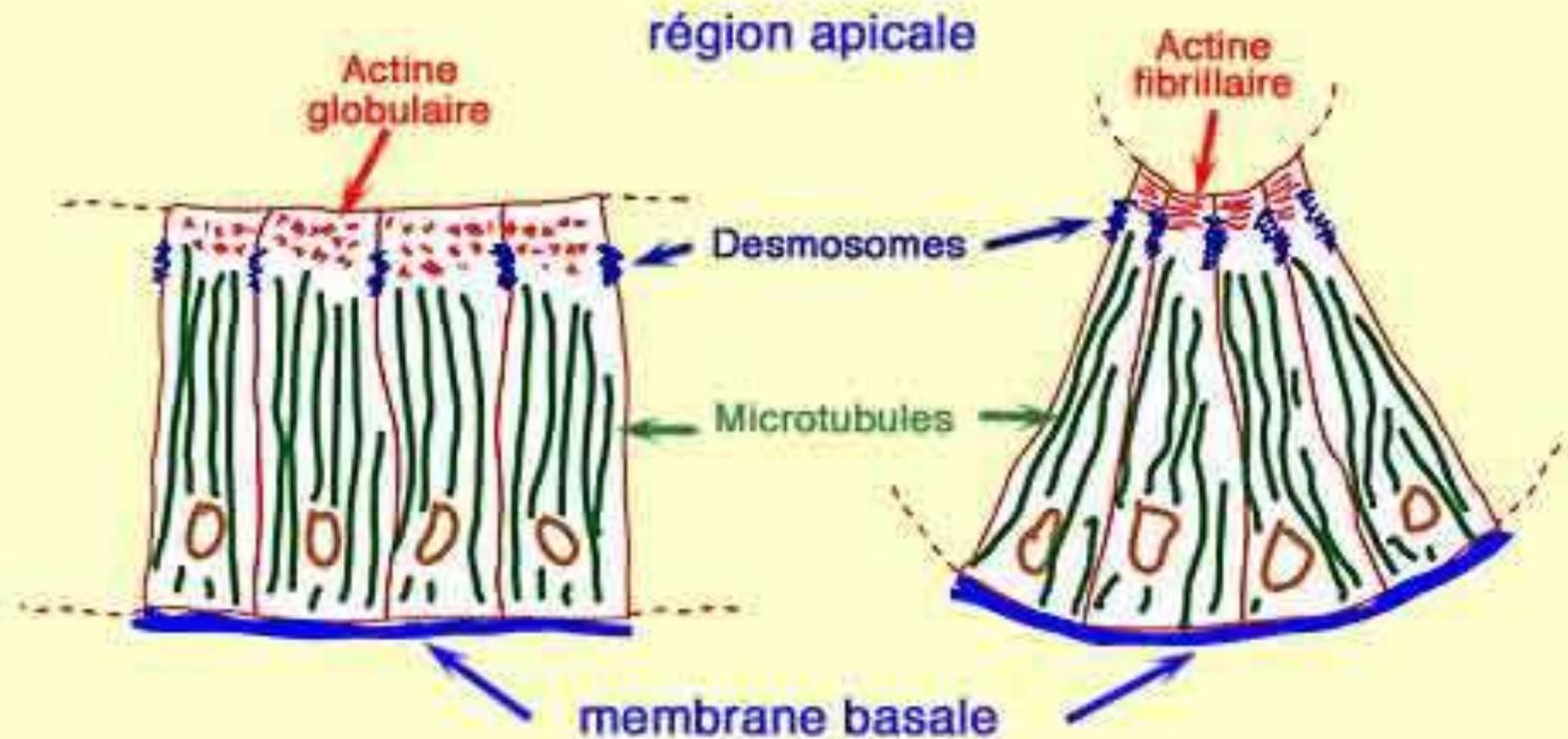
→ Au centre de la plaque neurale, des cellules montrent une constriction apicale.

→ De proche en proche, les cellules voisines effectuent la même transformation.

→ raccourcissement de la face externe de la plaque neurale qui génère une courbure : la gouttière neurale se forme.



(Source : snv.jussieu)



Document 5. Rôle du cytosquelette dans la neurulation.

Le changement de forme des cellules dépend du cytosquelette :

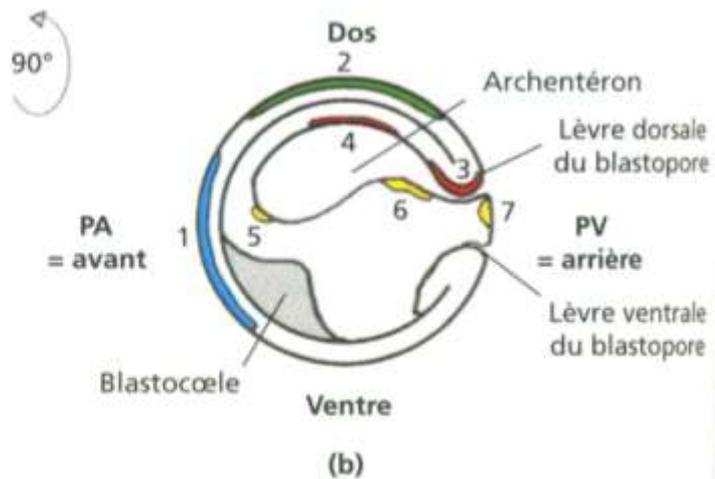
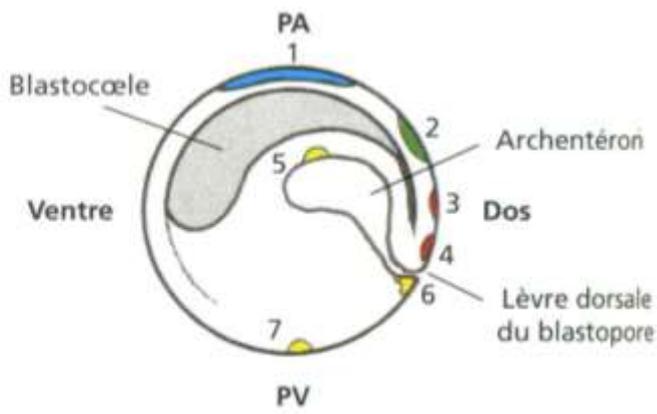
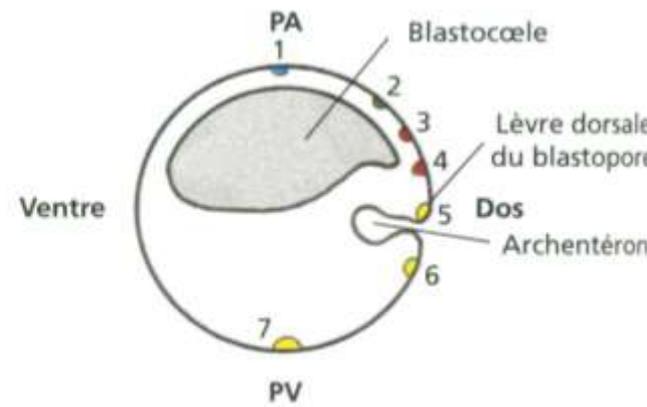
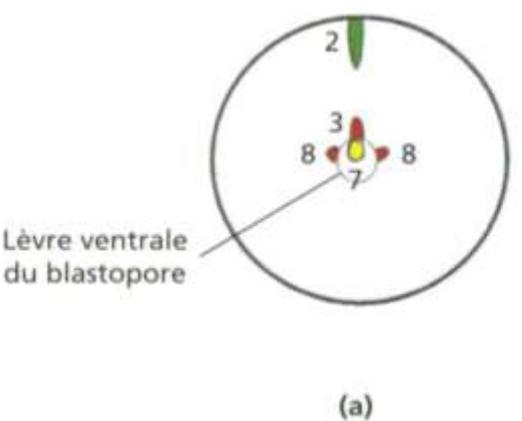
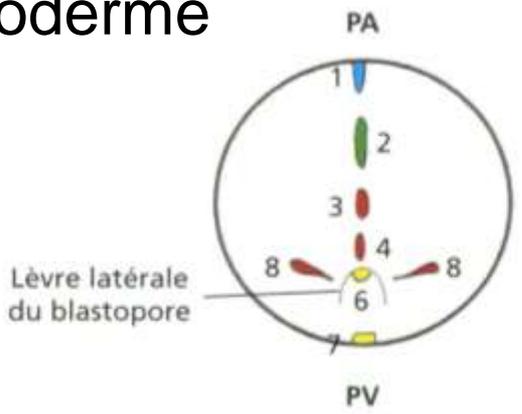
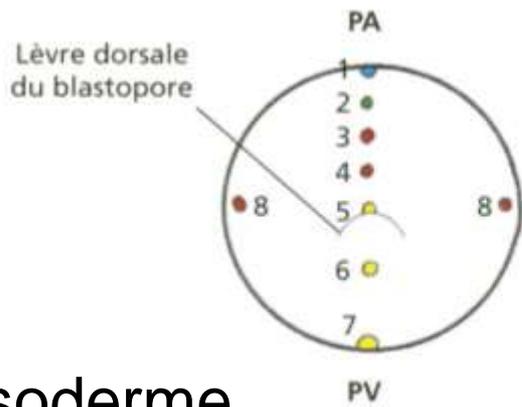
Avant les mouvements de neurulation, les cellules du neurectoderme présentent une morphologie en colonne sous-tendue par des microtubules abondants (à gauche).

La constriction apicale de ces cellules est générée par la contraction de l'actine devenue fibrillaire (à droite).

Couleur des taches :

- 1 : bleu → épiderme
- 2 : vert → neuroderme
- 3 - 4 - 8 : rouge → mésoderme
- 5 - 6 - 7 : jaune → endoderme

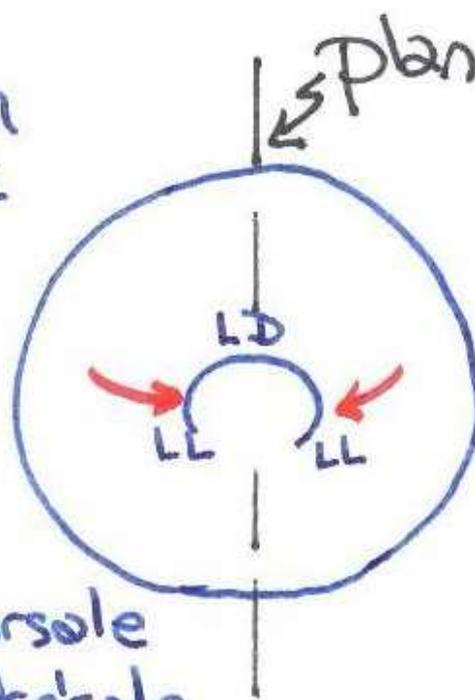
Suivi des mouvements gastruléens par la technique des marques colorées. Vue externe en FD et vues en CS.



(a)

(b)

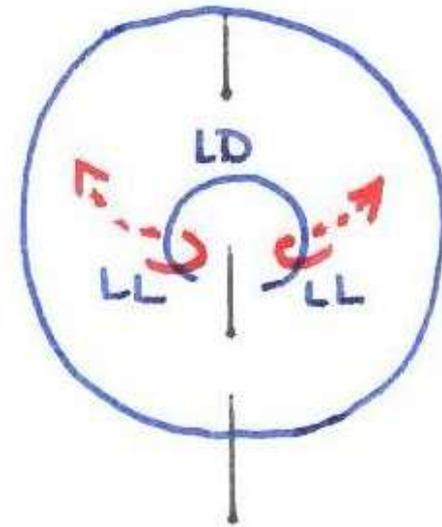
gastrula en
vue dorsale



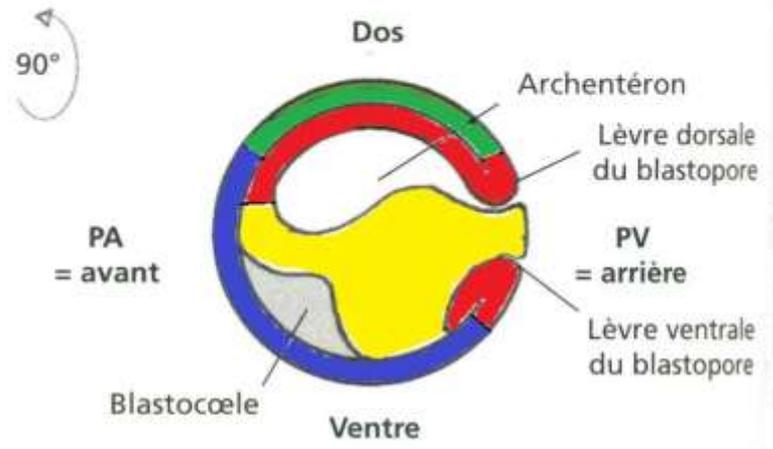
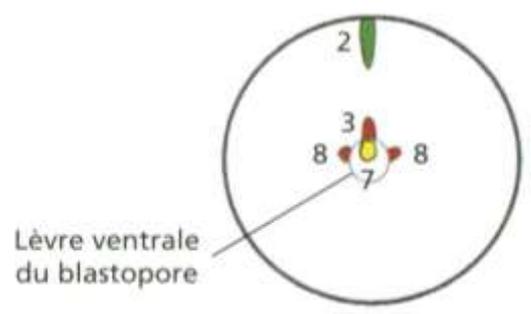
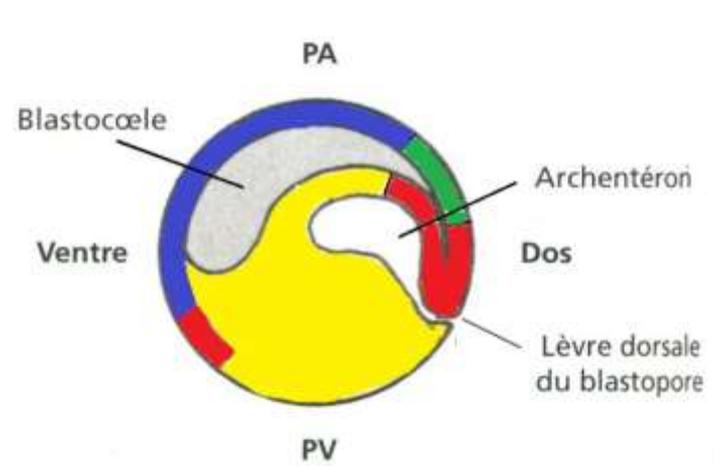
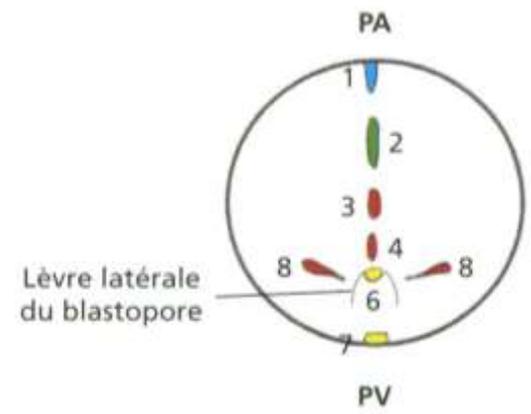
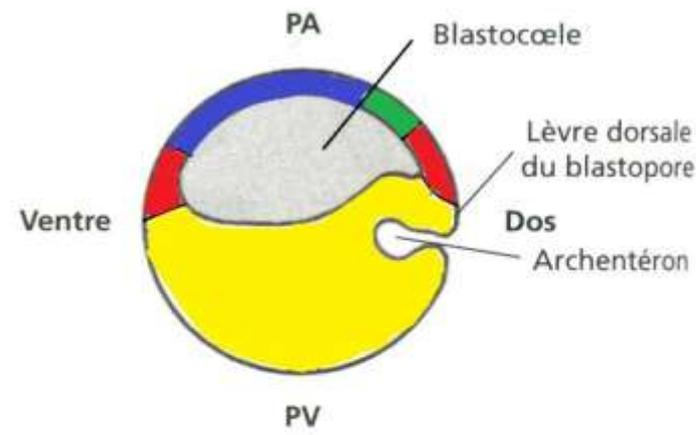
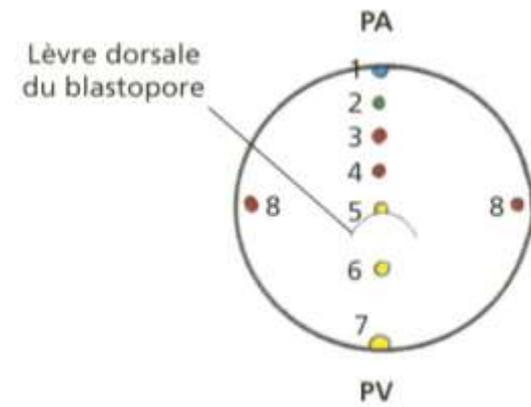
LD : lèvres dorsales
LL : lèvres latérales
du blastopore

① Convergence
externe

② Divergence
interne

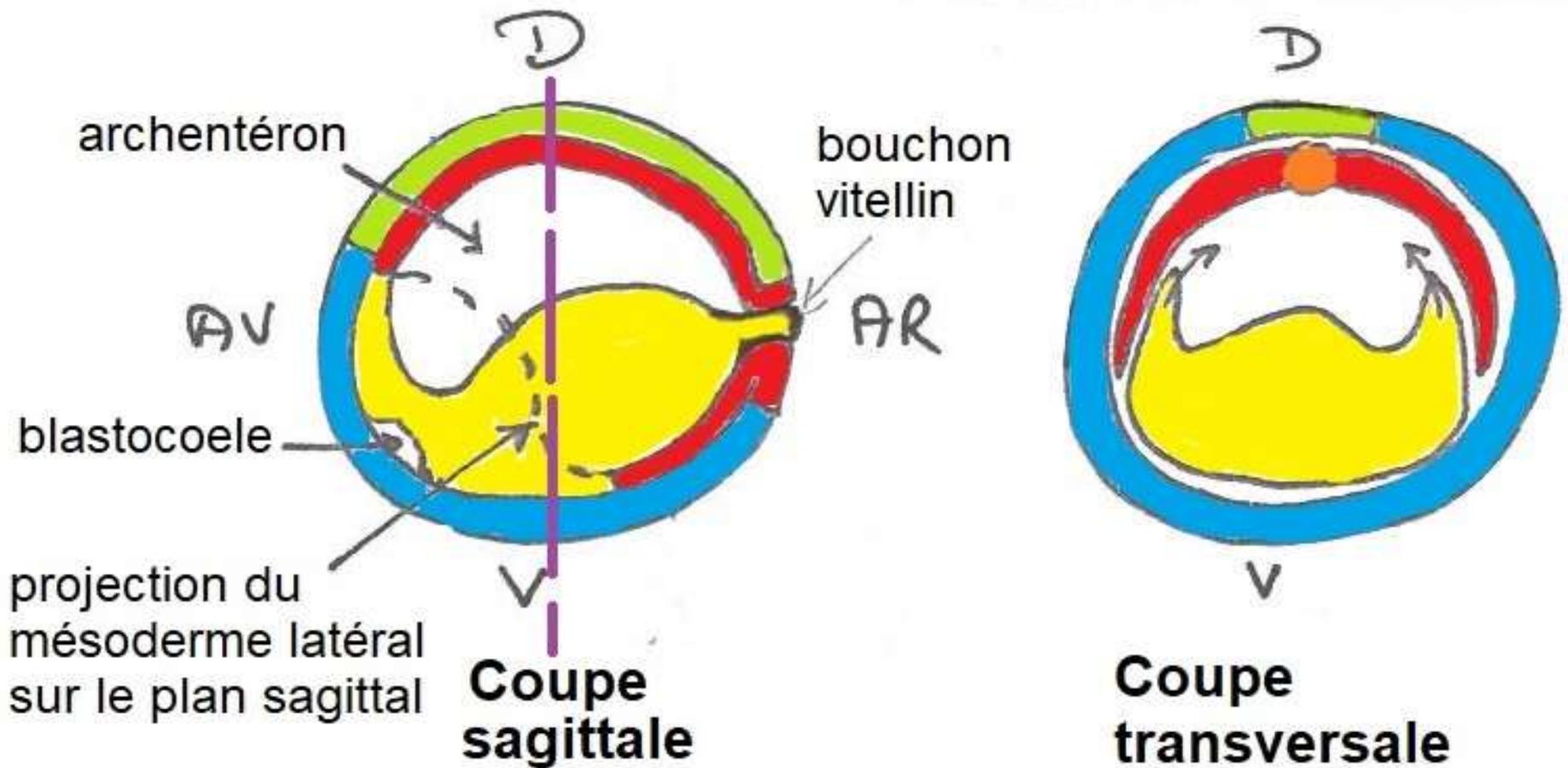


Les mouvements du mésoblaste lors de l'involution



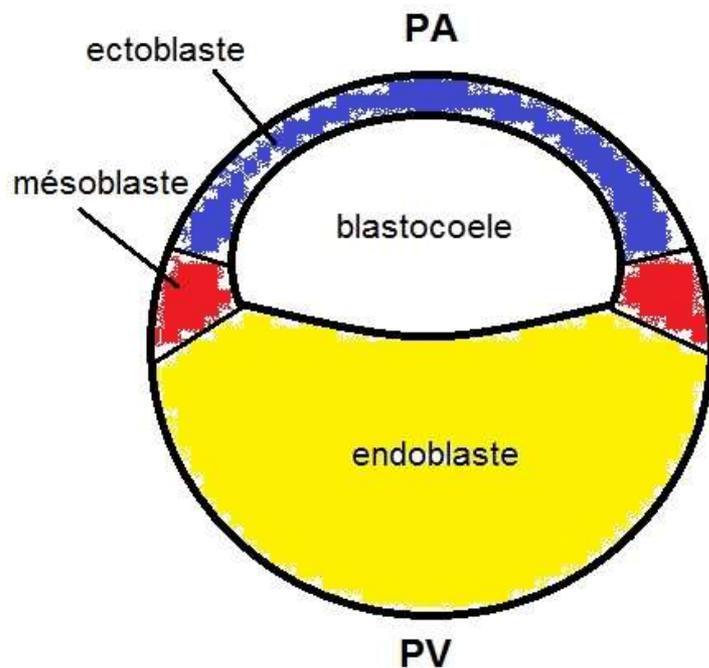
(a)

Document 6.
Gastrula à différents stades : CS en vue latérale gauche, mettant en évidence les mouvements affectant les territoires présomptifs.

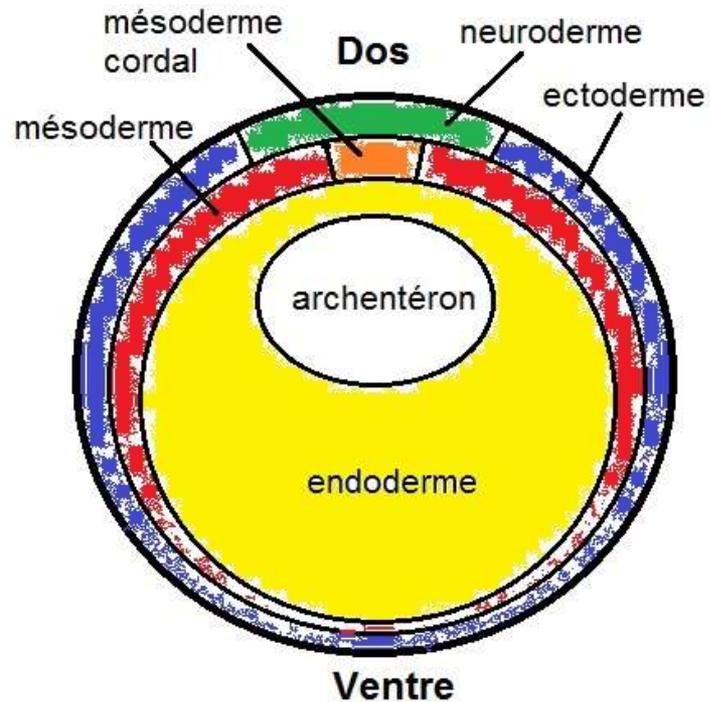


Vue en coupe d'une gastrula au stade bouchon vitellin

Document 7. Les mouvements de la gastrulation font passer d'une disposition juxtaposée des territoires présomptifs à une disposition emboîtée des trois feuillets embryonnaires fondamentaux.



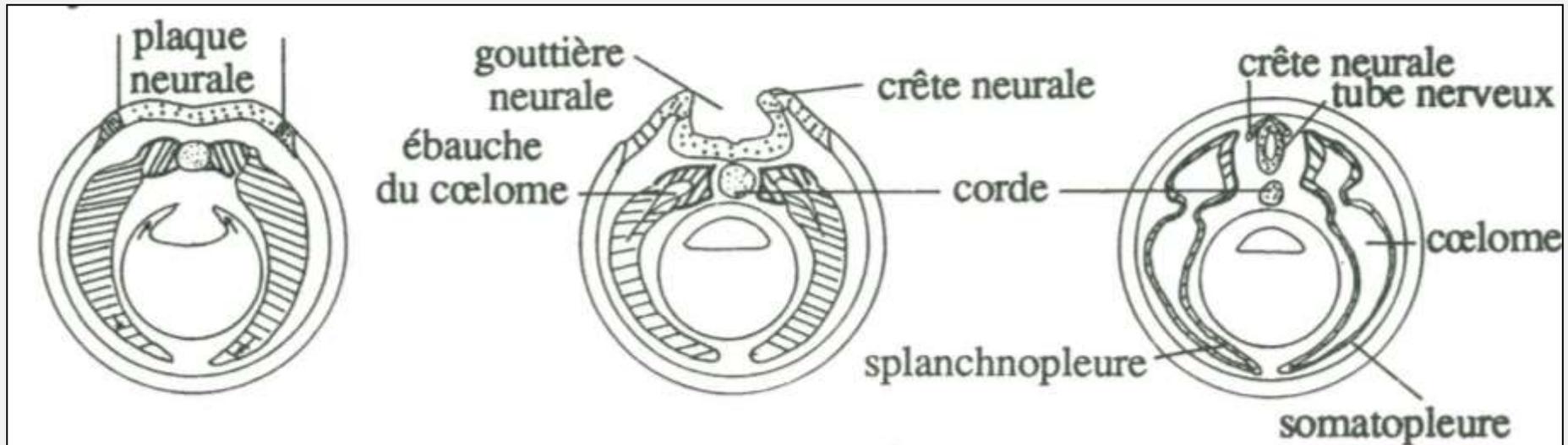
CT jeune gastrula



CT gastrula âgée

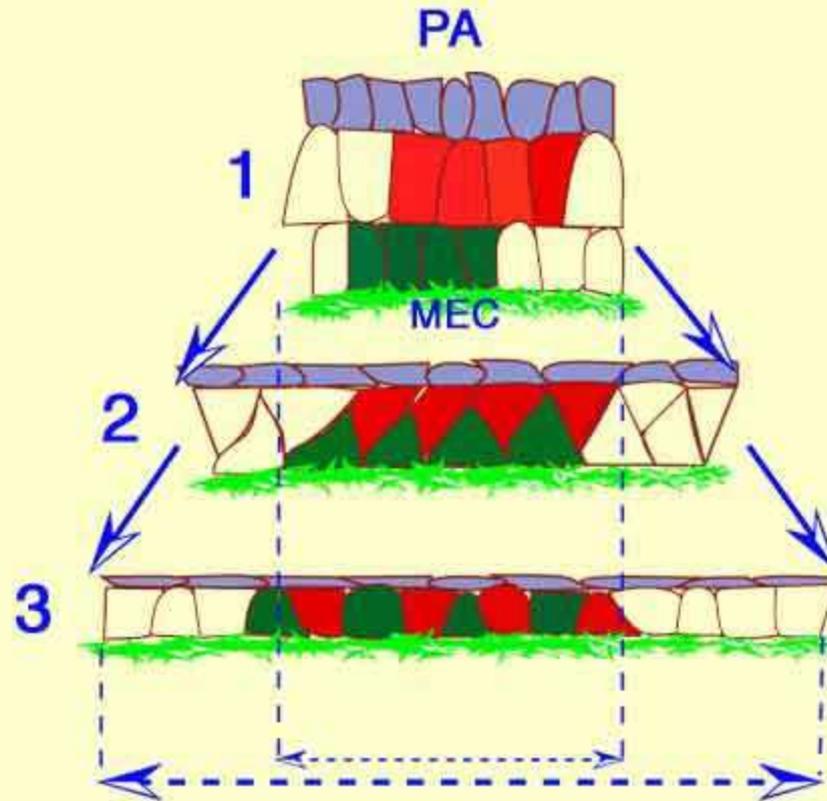
Document 8. Coupes transversales de neurula en début, milieu et fin de neurulation.

[PATTIER J.-Y., « Croissance et développement des animaux », Ellipses ED., 1991].



→ Là aussi, compléter les couleurs...

Mécanisme de l'épibolie chez le Xénope



Au début de la gastrulation, l'épithélium du pôle animal est tristratifié. Les deux couches cellulaires profondes s'intercalent. En revanche, la couche cellulaire externe (en bleu) ne participe pas à l'intercalation et s'aplatit à la surface de l'embryon.

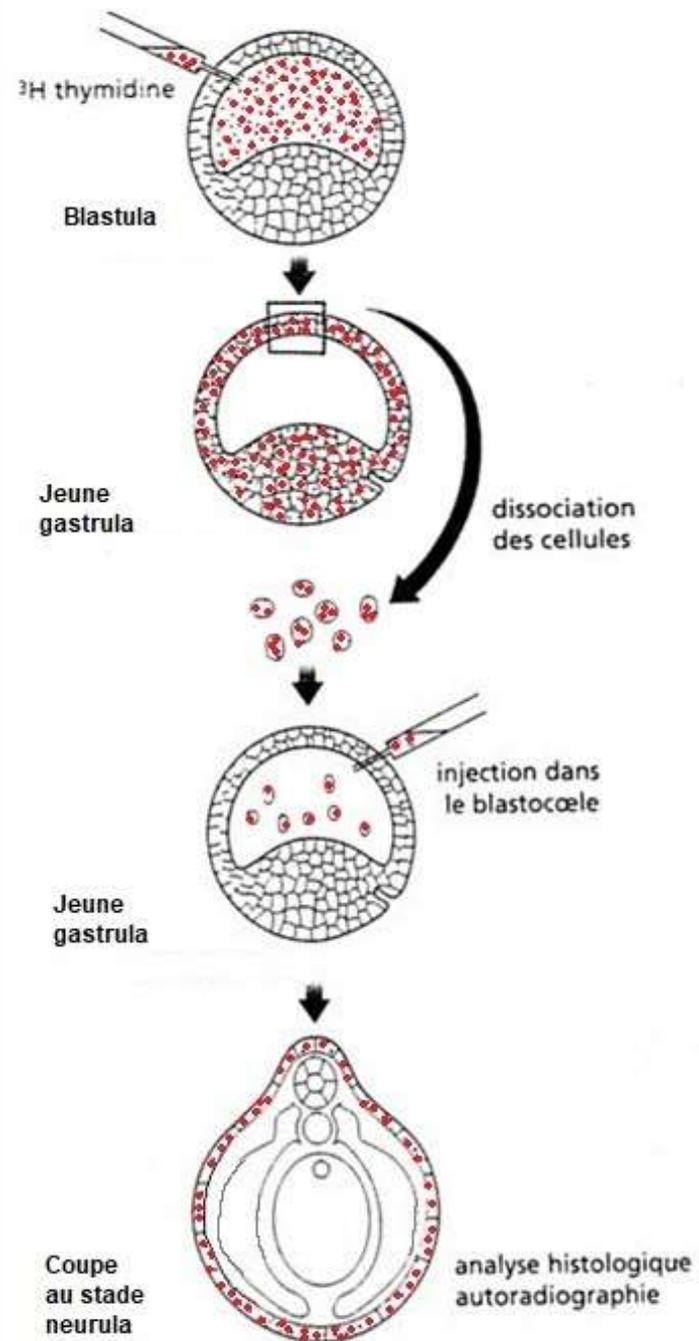
L'injection de thymidine tritiée dans la blastocœle d'une blastula permet de marquer ses cellules.

Des micromères de la calotte animale sont ensuite prélevés,

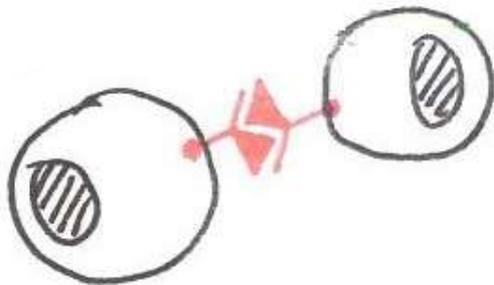
puis injectés dans blastocœle d'une jeune gastrula.

Au stade neurula, une coupe est réalisée et les cellules marquées sont repérées par autoradiographie.

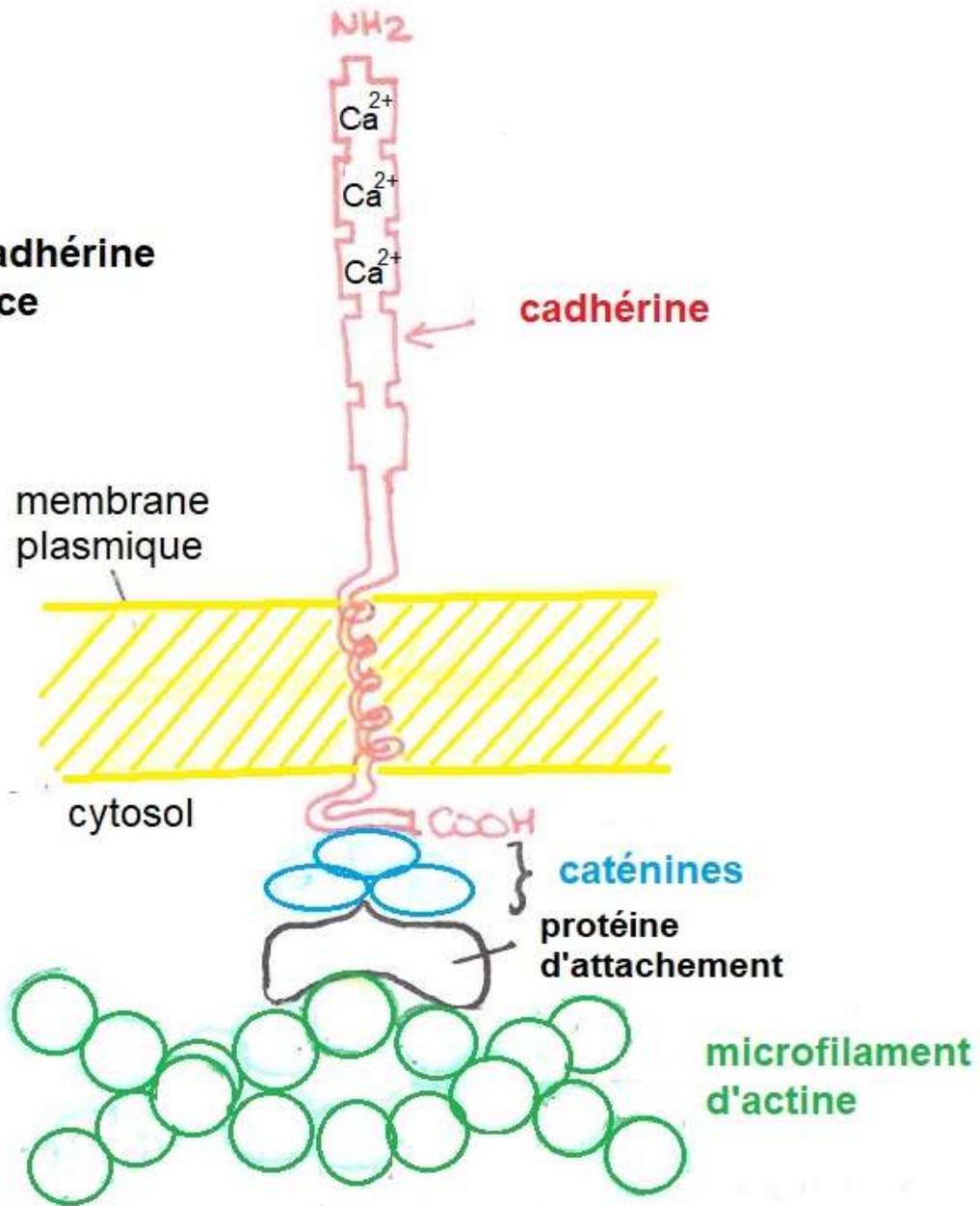
Expérience de Boucault (1974)

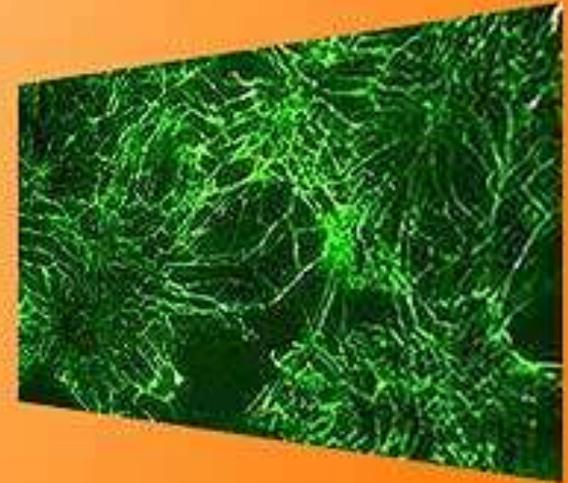
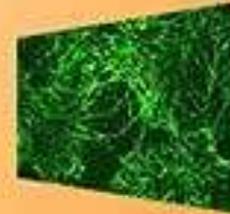
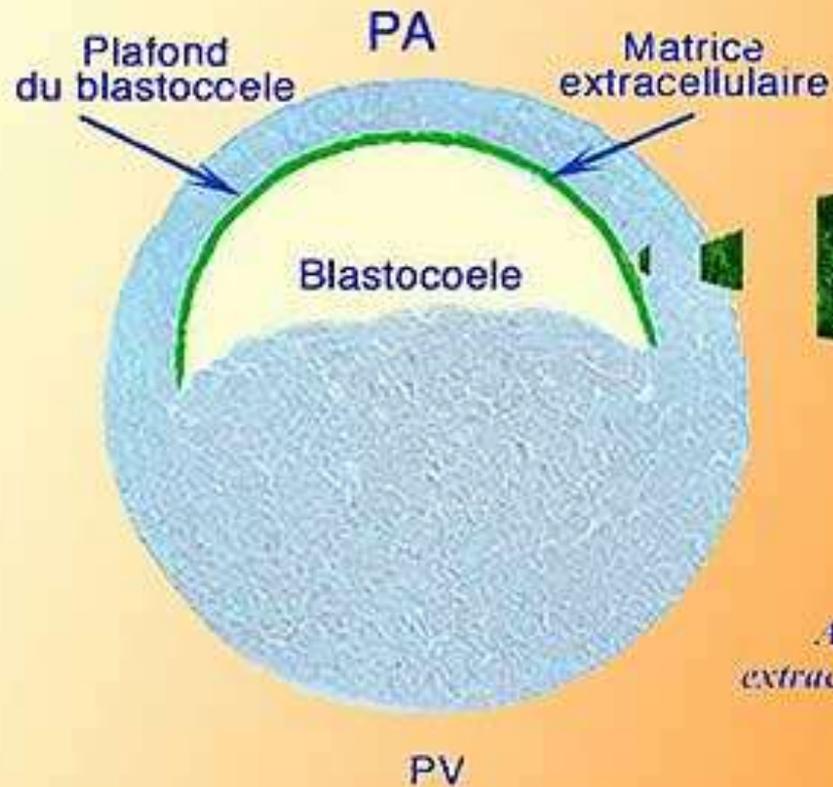


**Liaison
homophile
entre deux
cadhérines
identiques
portées par
des cellules
adjacentes**



**Une cadhérine
en place**



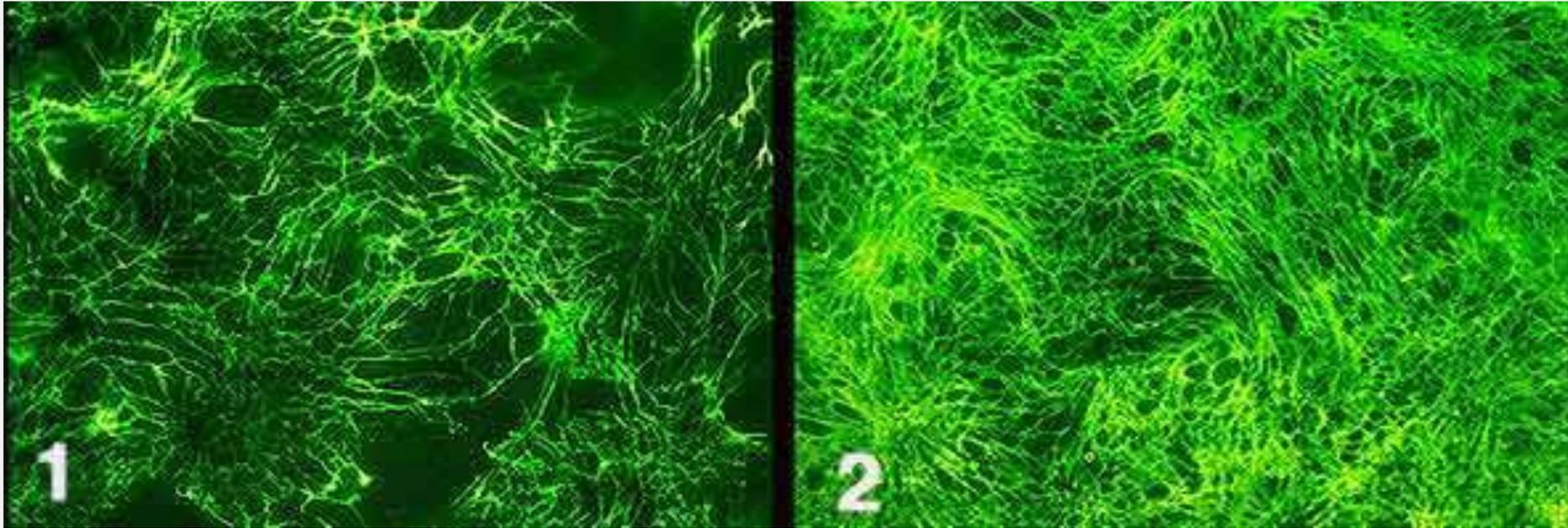


Au stade blastula, chez le pleurodèle, la matrice extracellulaire est présente sur le plafond du blastocoele.

Mise en place de la matrice extracellulaire

Au stade blastula ou au tout début de la gastrulation, selon les espèces, une matrice extracellulaire riche en fibronectine et laminine est organisée sur le plafond du blastocoele.

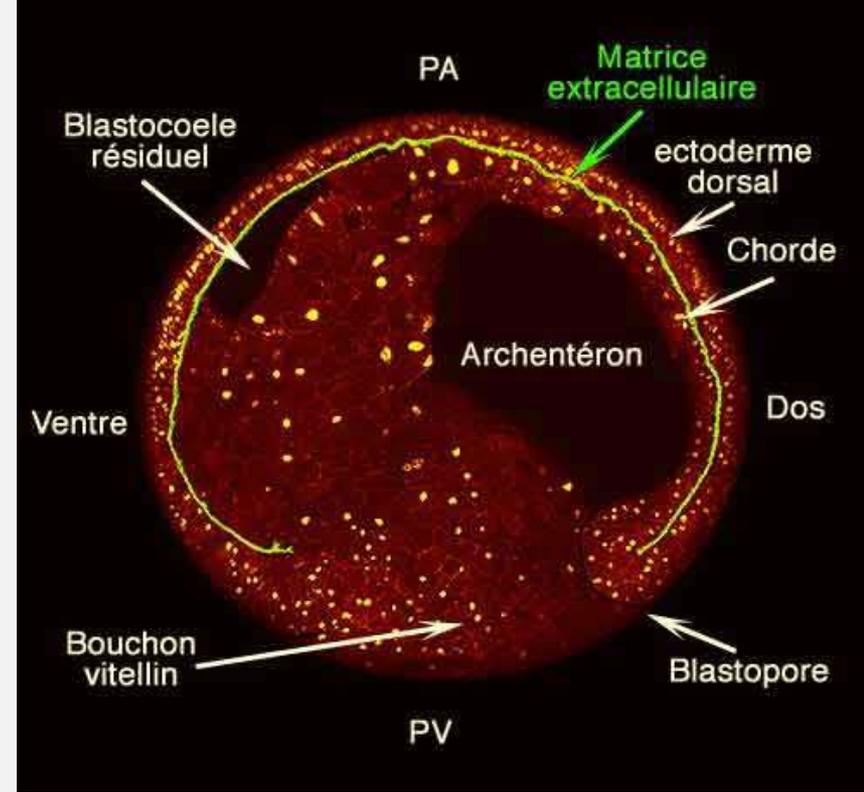
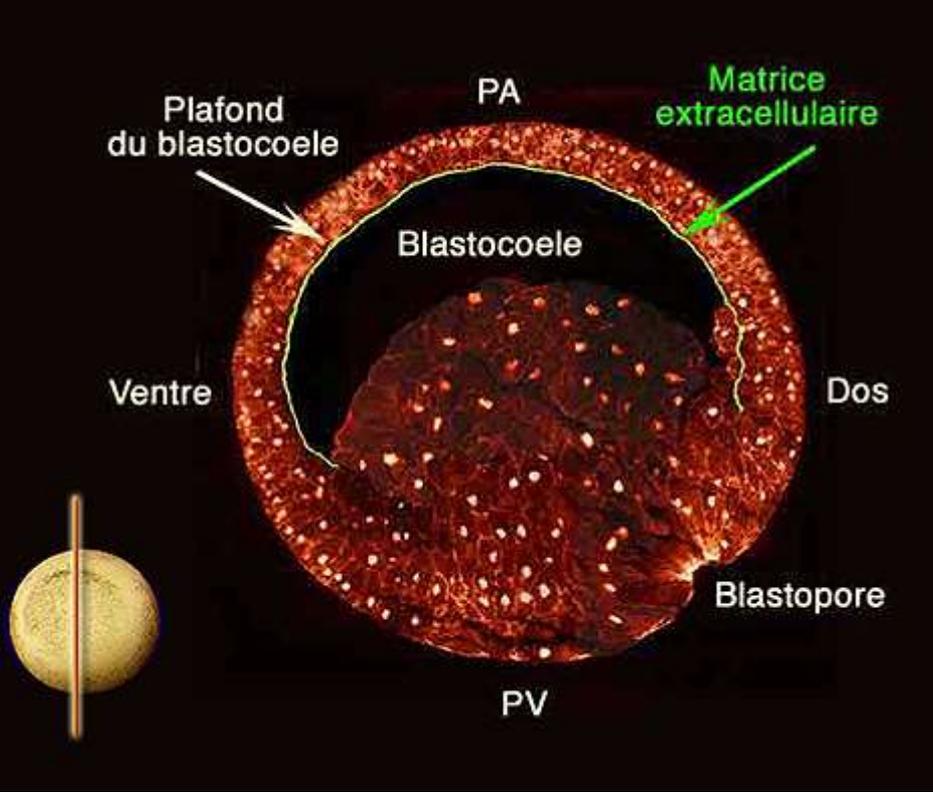
Importance de la MEC lors du processus de migration des cellules



Matrice extracellulaire observée sur le plafond du blastocoele, révélée par immunofluorescence indirecte chez le pleurodèle.

Au début de la gastrulation, la MEC forme un réseau de fibrilles espacées (1).

A la fin de la gastrulation, le réseau de fibrilles s'est considérablement accru et densifié (2).

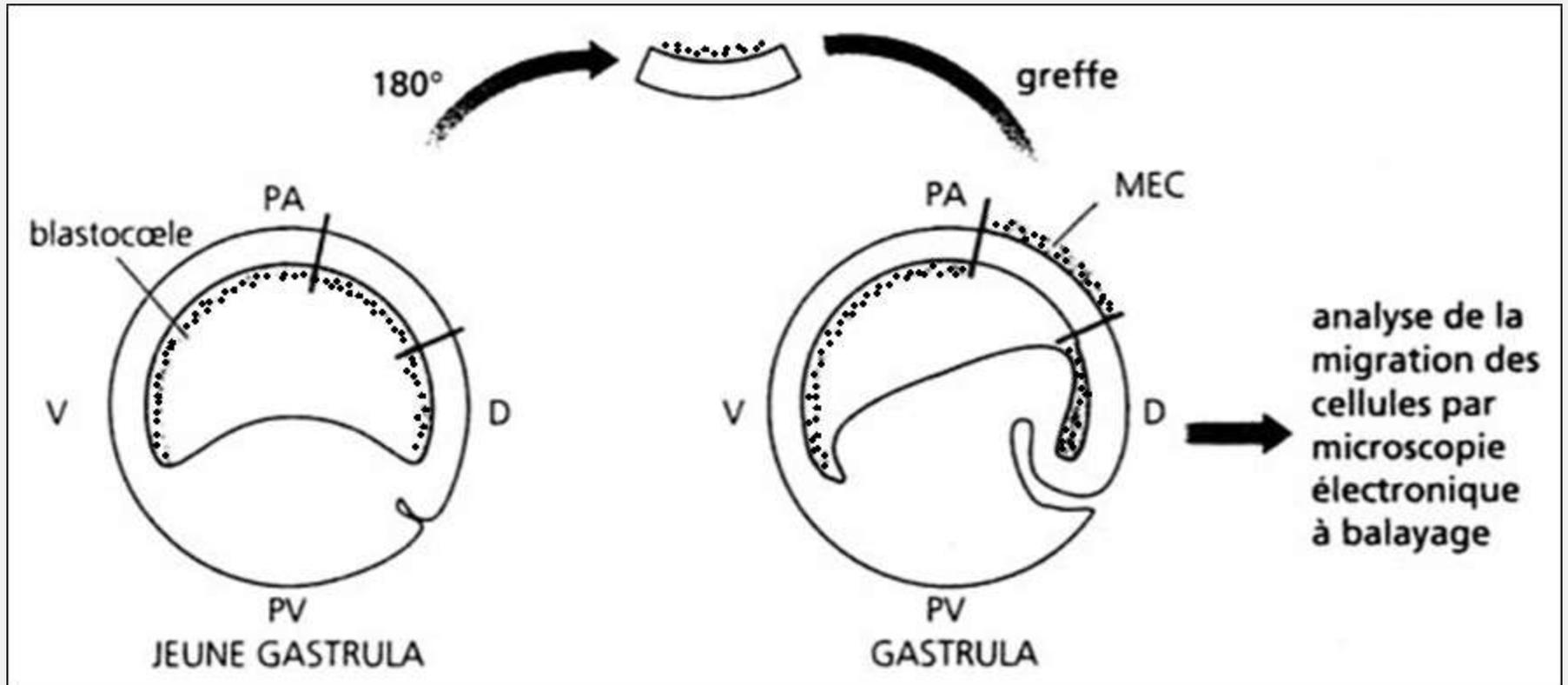


La matrice extra-cellulaire, organisée sur le plafond du blastocoele de cette jeune gastrula est rendue fluorescente par la technique d'immunofluorescence. Au cours de la gastrulation, l'extension de la MEC reflète les mouvements d'épibolie de l'ectoderme.

La MEC se trouve « coincée » entre l'ectoderme dorsal et le chordomésoderme invaginé. Ventralement, le blastocoele subsiste à l'état résiduel.

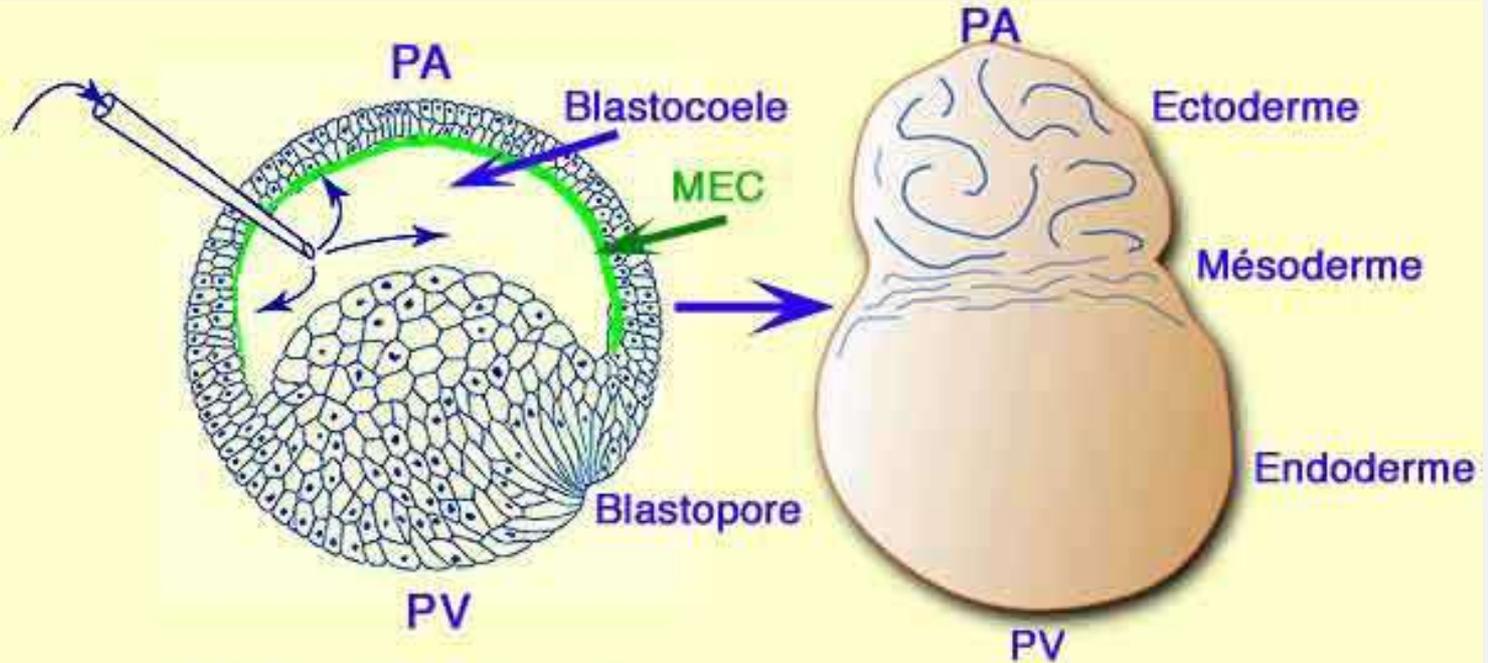
A la fin de la gastrulation, toute la MEC issue du plafond du blastocoele sera recouverte par du mésoderme aussi bien dorsalement que ventralement.

Importance de la MEC lors du processus de migration des cellules



Mise en évidence du rôle de la matrice extracellulaire pendant la gastrulation.

Importance de la MEC lors du processus de migration des cellules



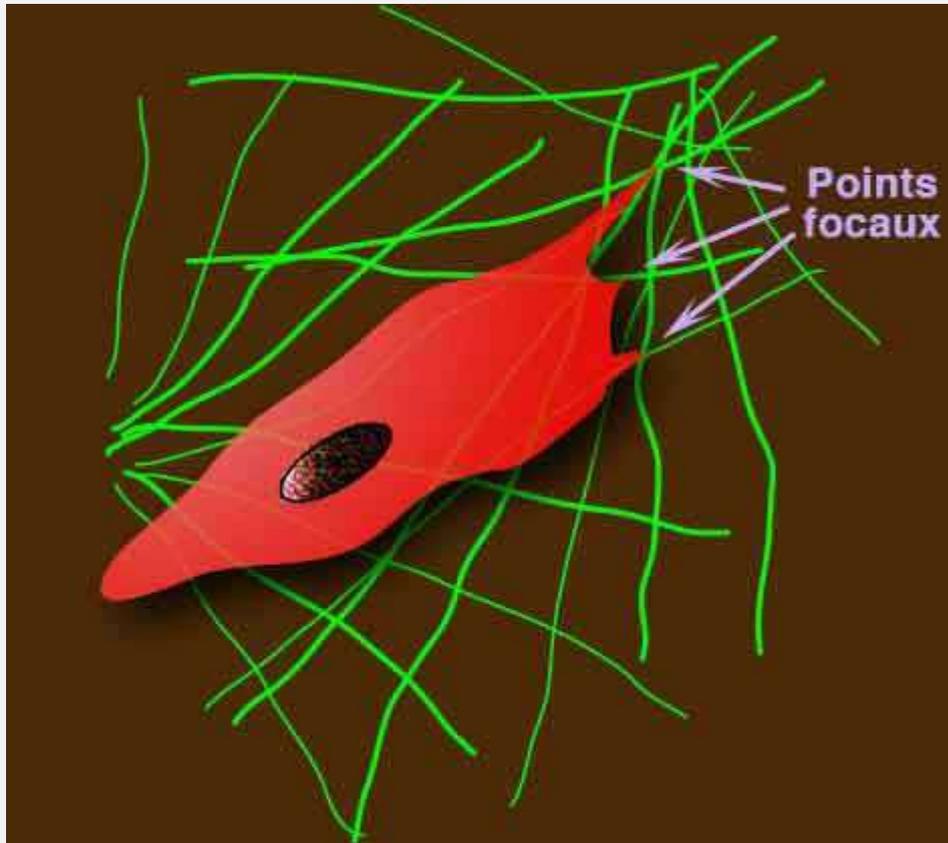
Démonstration du rôle des fibronectines

par blocage de celles-ci par des anticorps anti-fibronectines

La migration cellulaire est bloquée, ce qui entraîne le blocage de l'invagination, qui entraîne à son tour le blocage de la gastrulation.

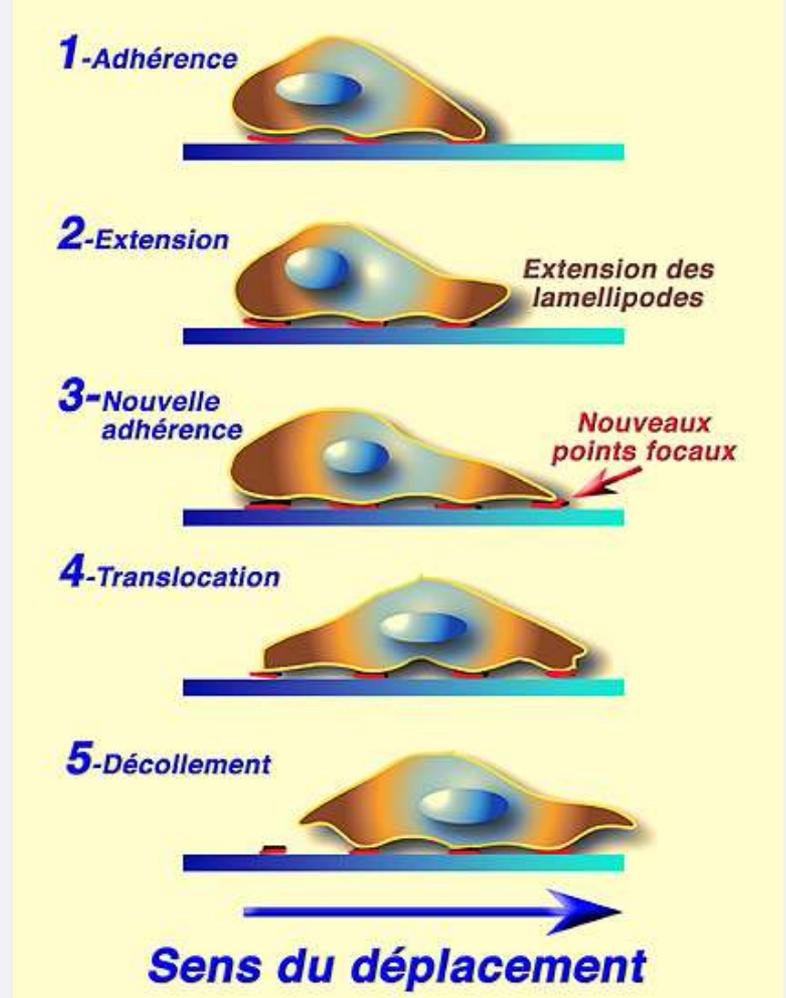
Les trois tissus fondamentaux (ectoderme, mésoderme et endoderme) restent apparents à l'observateur. On remarque cependant des plissements de l'ectoderme qui traduisent la persistance des mouvements d'épibolie.

Importance de la MEC lors du processus de migration des cellules

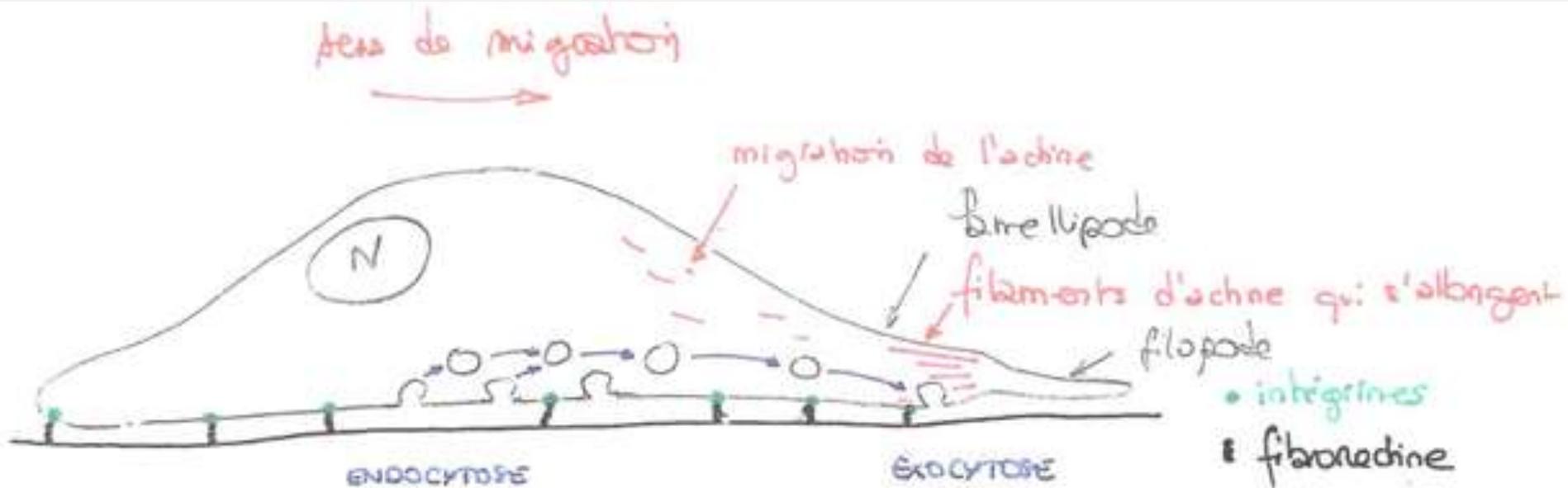


Migration d'une cellule mésodermique sur la MEC.

La cellule adhère grâce à des pseudopodes qui interagissent avec les fibrilles de la MEC au niveau des points focaux.



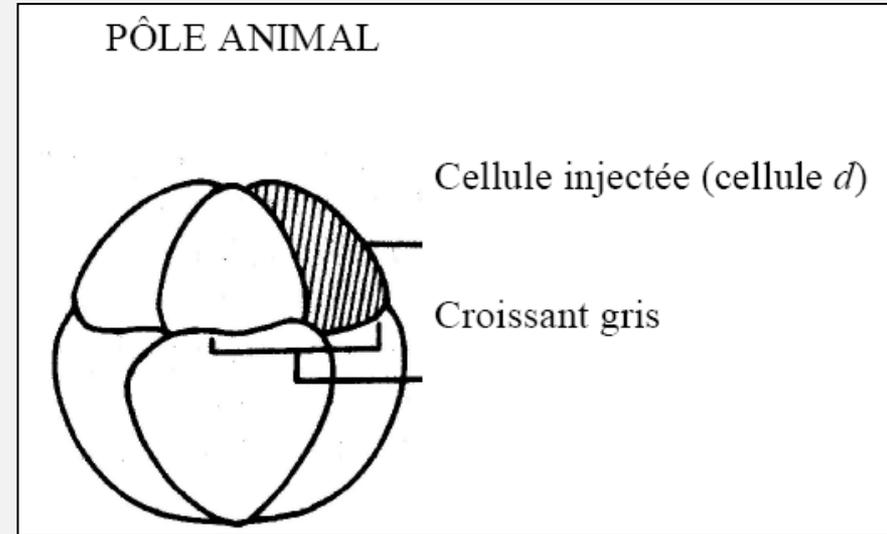
- (1) interactions avec le substrat au niveau de points focaux (en rouge)
- (2) Émission de pseudopodes exploratoires et d'expansions plus fines, les lamellipodes, qui établissent de nouveaux contacts.
- (3) de nouveaux points focaux sont créés.
- (4) Avancée du corps cellulaire.
- (5) Déconnexion des points focaux postérieurs.



Interactions intégrines / fibronectines et migration cellulaire

Importance des jonctions communicantes - 1

In vitro, des embryons de Xénope au stade 8 cellules reçoivent une injection d'anticorps anti-connexine dans l'un des blastomères (toujours le même, cellule d indiquée sur le document ci-contre)



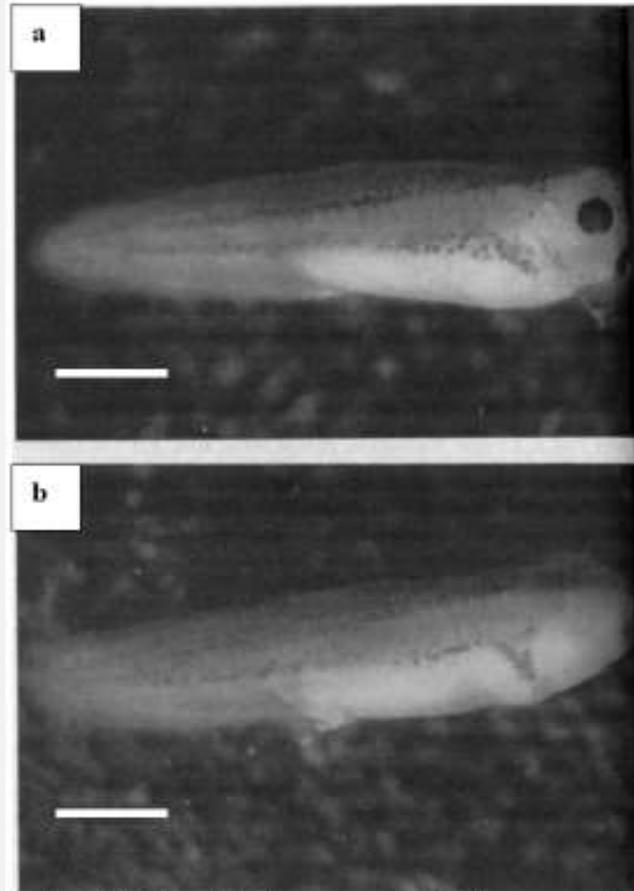
Une injection de colorant Lucifer Yellow est effectuée dans la même cellule de ces embryons, ainsi que chez des témoins non traités.

	Migrations positives du Lucifer Yellow à partir de la cellule <i>d</i> (en pourcentage du nombre d'essais)
Xénopes n'ayant subi aucune injection d'anticorps anti-connexine.	79
Xénopes ayant subi une injection d'anticorps anti-connexine (dans la cellule <i>d</i> ; au stade 8 cellules).	18

La migration de ce colorant est suivie : elle est dite positive pour tout embryon chez lequel ce colorant est retrouvé en-dehors de la cellule d.

Importance des jonctions communicantes - 2

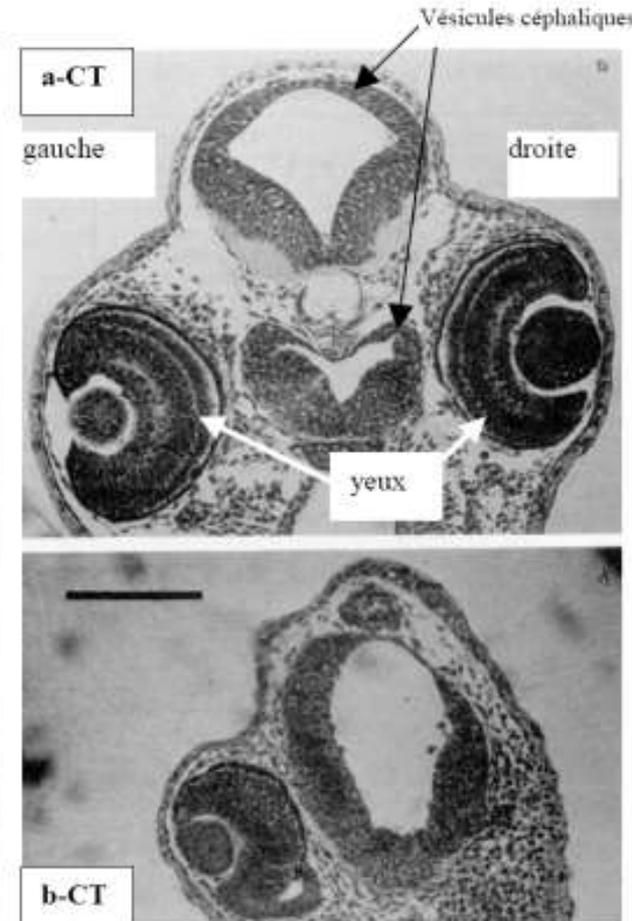
Comparaison de l'organisation au stade bourgeon caudal d'embryons traités et non traités par des anticorps anti-connexine au stade 8 cellules (expérience précédente)



Vues latérales d'embryons au stade bourgeon caudal éclos.

a – embryon n'ayant subi aucune injection d'anticorps anti-connexine.
b – embryon ayant subi une injection d'anticorps anti-connexine au stade 8 cellules, dans la cellule *d*.

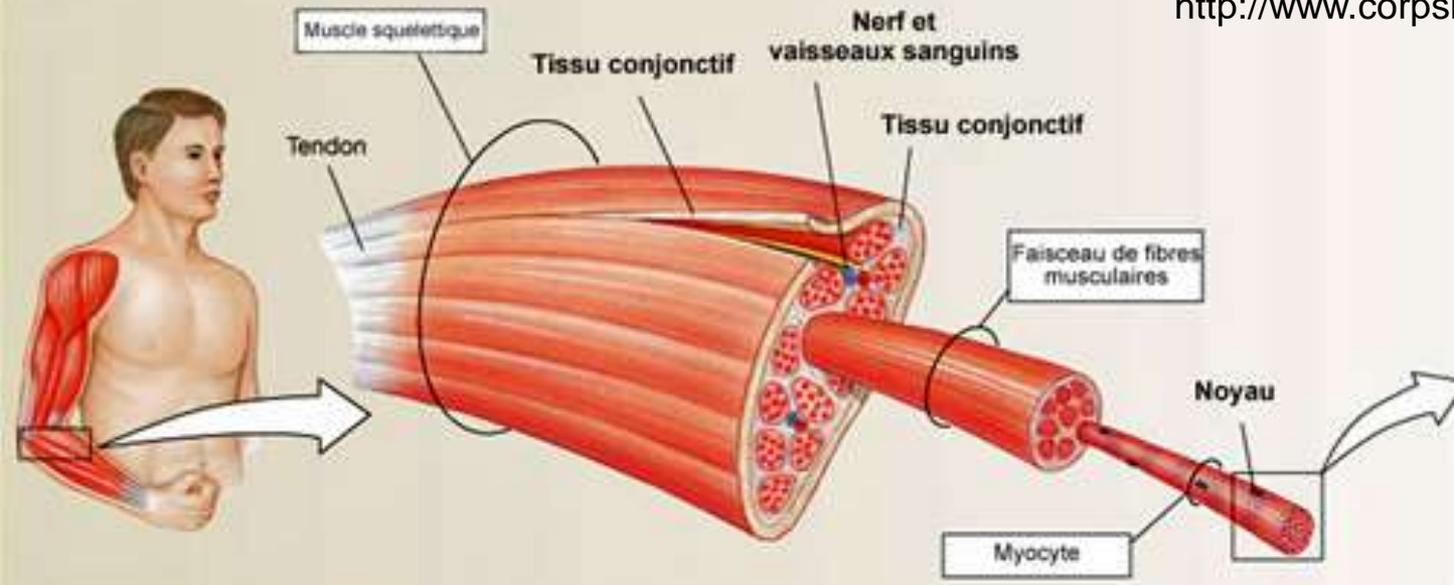
Barre d'échelle : 1 mm



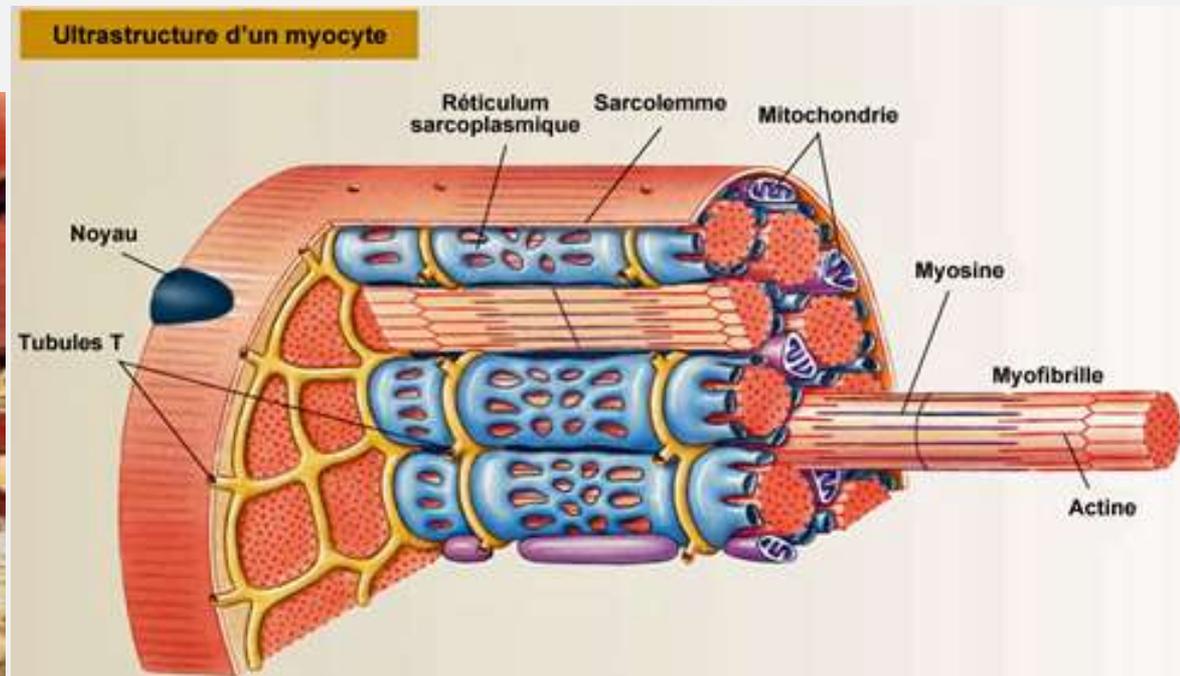
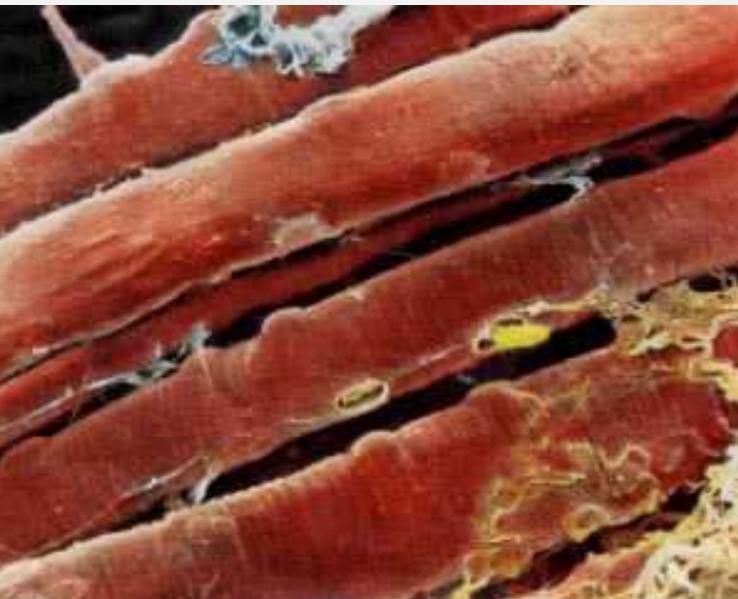
Coupes transversales passant par la tête, d'embryons au stade bourgeon caudal éclos.

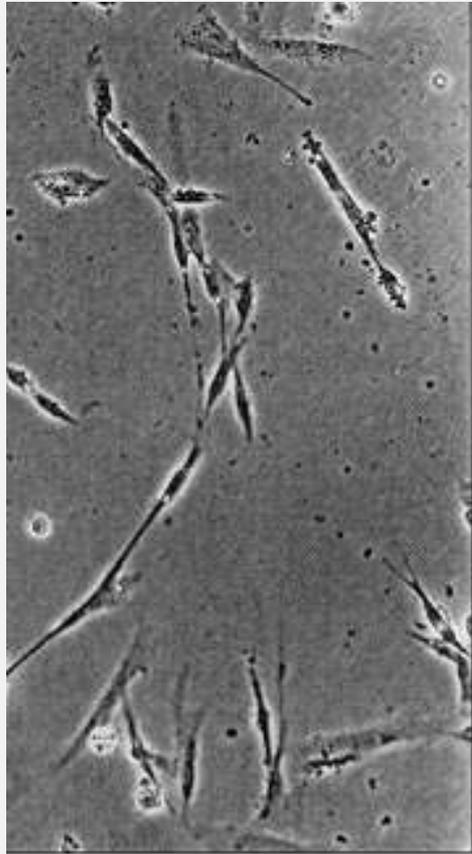
a-CT – embryon n'ayant subi aucune injection d'anticorps anti-connexine.
b-CT – embryon ayant subi une injection d'anticorps anti-connexine au stade 8 cellules, dans la cellule *d*. (même orientation que a-CT)

Barre d'échelle : 500 µm

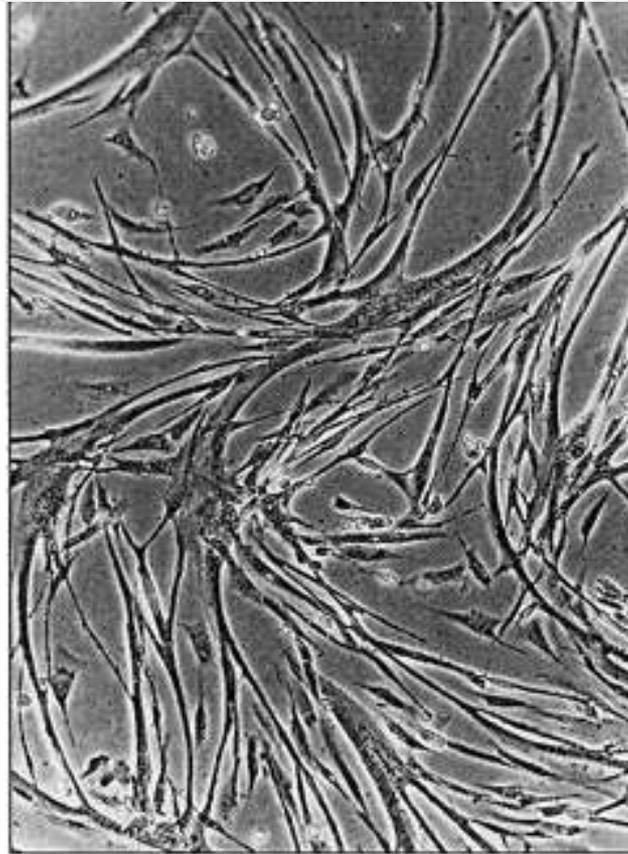


Organisation de la fibre musculaire striée squelettique





100 μm



(B)

100 μm

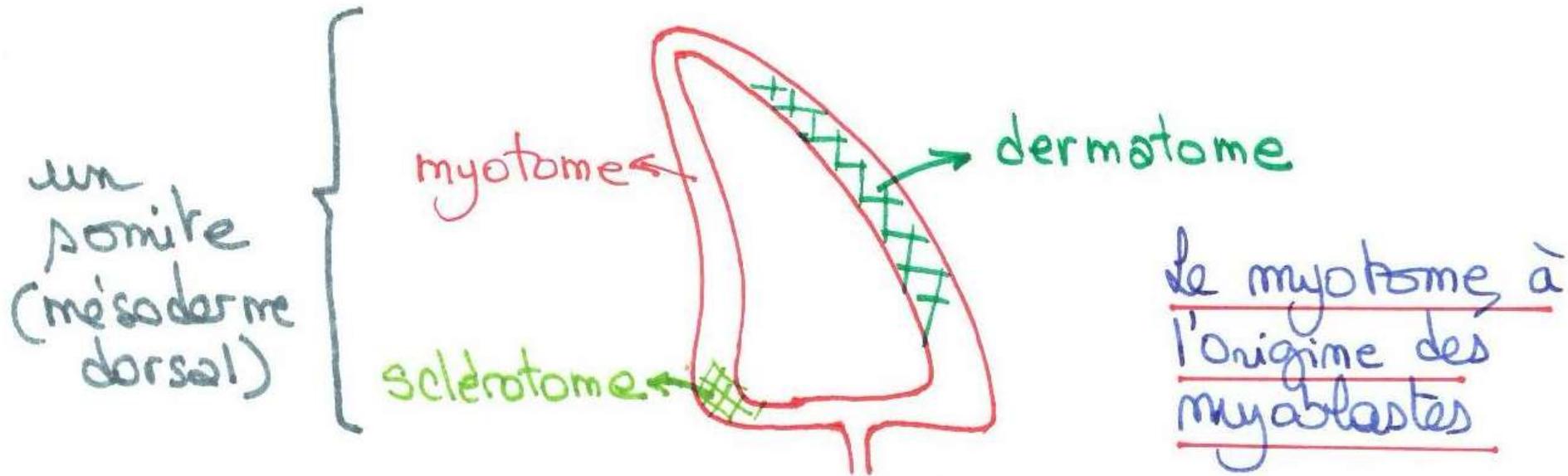


(C)

35 μm

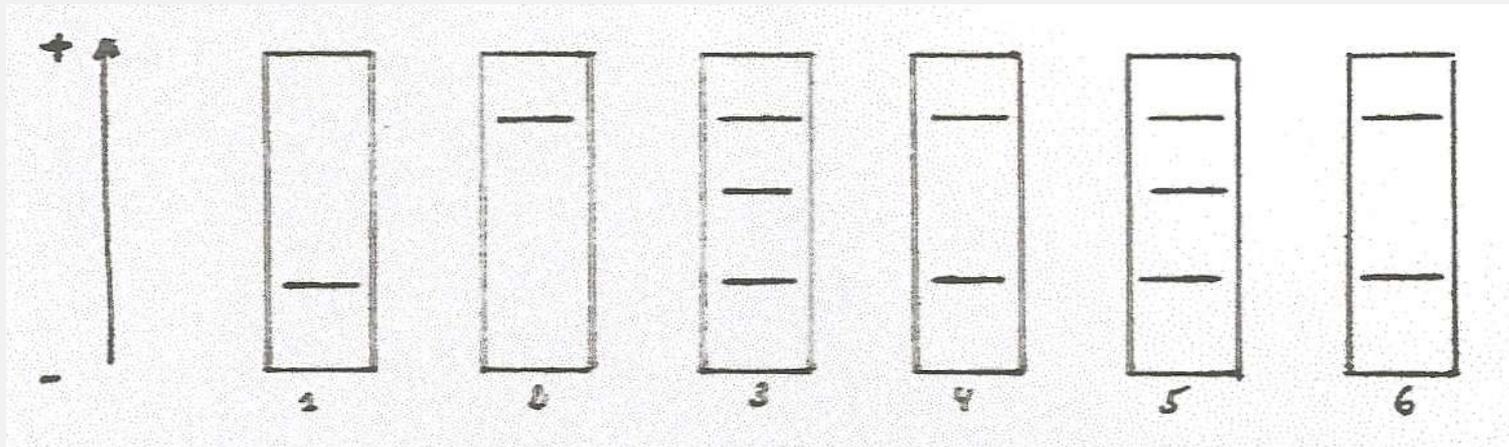
Évolution de myoblastes en culture

Origine des myoblastes, cellules souches à l'origine des myocytes (ou fibres musculaires striées squelettiques)



Document 9. Une enzyme, l'isocitrate déshydrogénase, est présente dans les homogénats réalisés à partir de nombreux tissus de Souris, dont le muscle. On connaît deux variants de cette enzyme qui sont l'expression de deux allèles autosomiques Idha et Idhb. Ces isoenzymes diffèrent par leur mobilité électrophorétique.

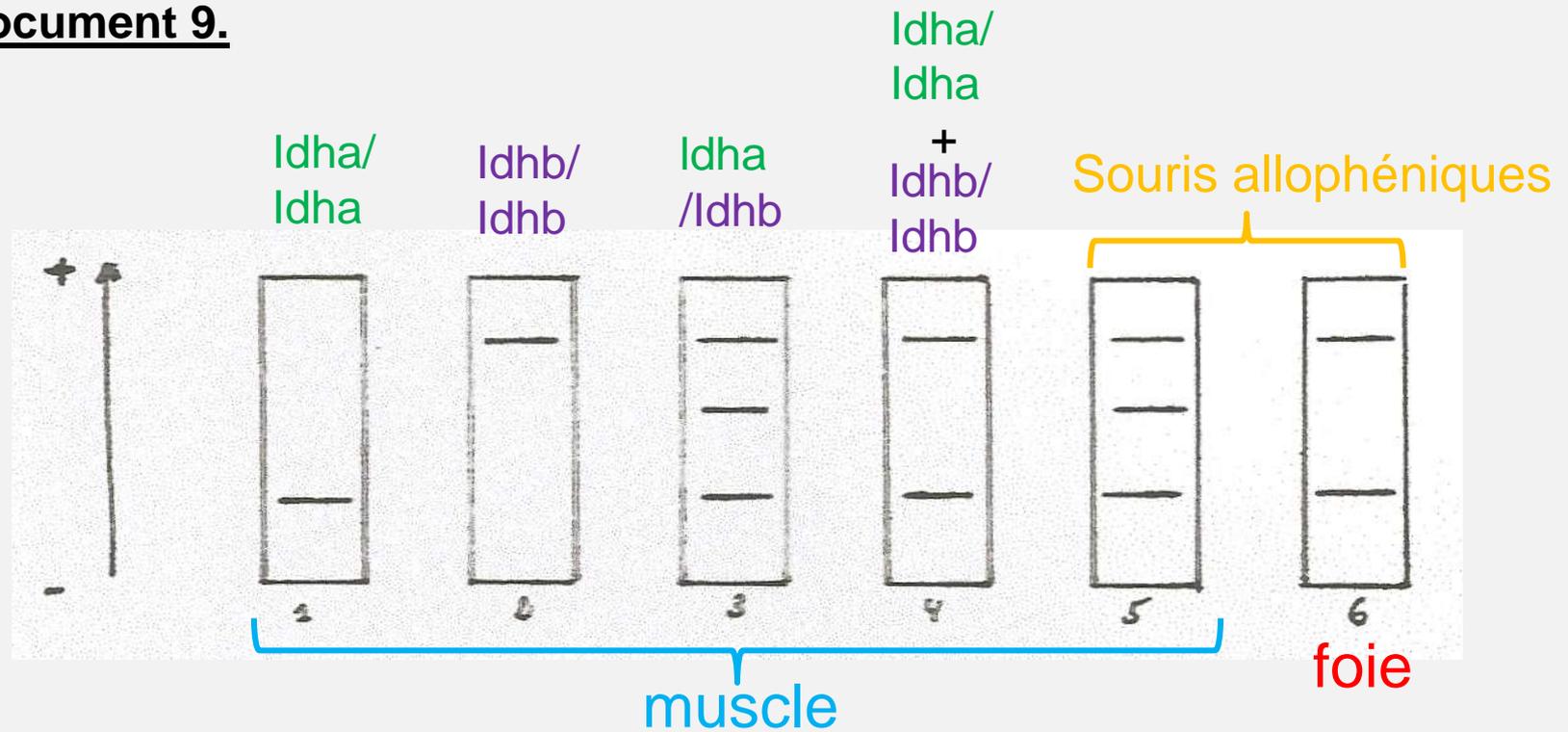
Des électrophorèses sont réalisées à partir d'homogénats de différents tissus de Souris, et on obtient les résultats suivants :



1. homogénat de muscle de Souris Idha/Idha
2. homogénat de muscle de Souris Idhb/Idhb
3. homogénat de muscle de Souris Idha/Idhb
4. homogénat d'un mélange de muscle des deux premières Souris
5. homogénat de muscle de Souris allophénique
6. homogénat de foie de Souris allophénique.

→ **Les myocytes proviennent-ils d'une fusion de myoblastes ou de mitoses successives sans cytodièrese ?**

Document 9.

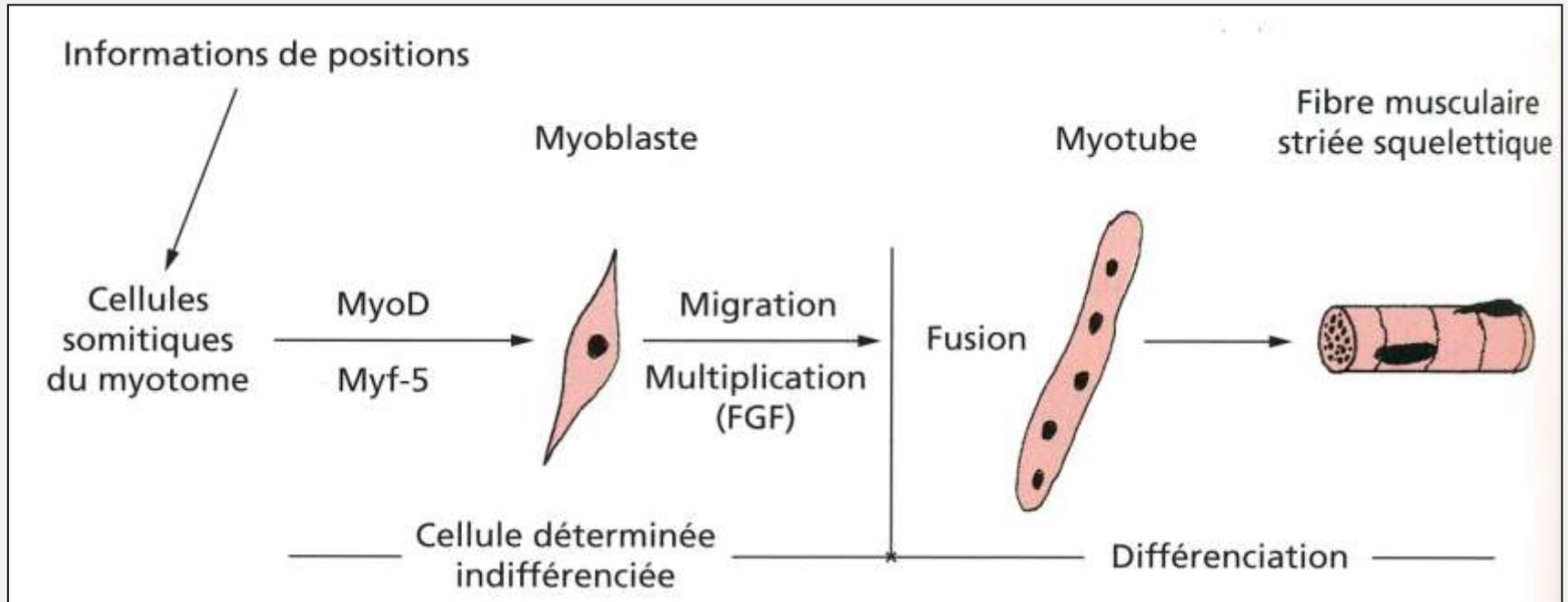


1 + 2 + 3 → protéine dimérique

4 + 6 → des cellules juxtaposées de génotype différent mais homozygotes pour le gène produisent chacune une version de la protéine dimérique

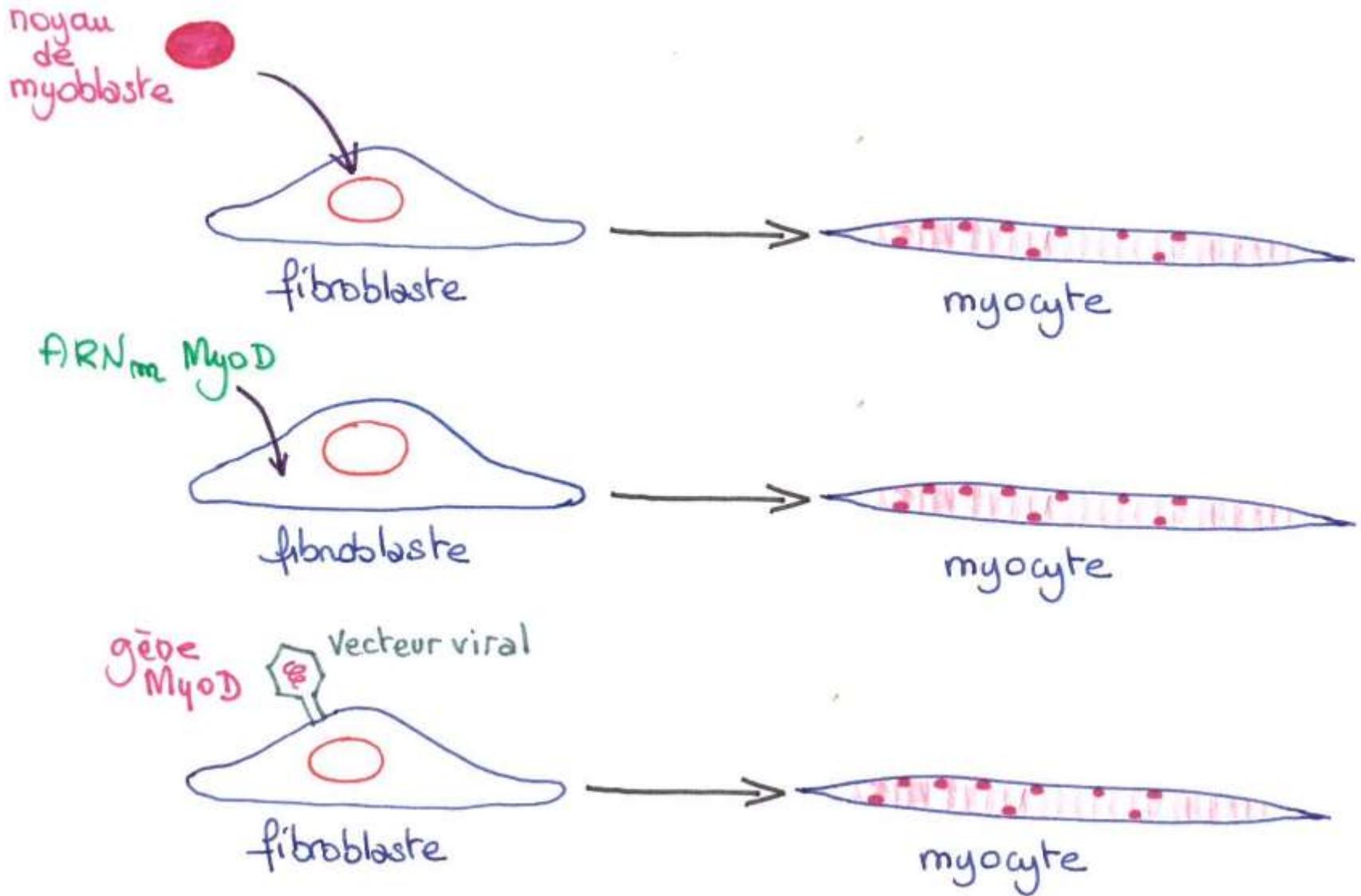
3 + 5 → les cellules musculaires des souris allophéniques produisent les trois versions possibles avec deux allèles différents, ces allèles sont donc rassemblés dans un même myocyte alors qu'ils proviennent de cellules issues d'embryons différents (et 6 : cela ne concerne que les myocytes et non les hépatocytes)

→ Les myocytes proviennent d'une fusion de myoblastes

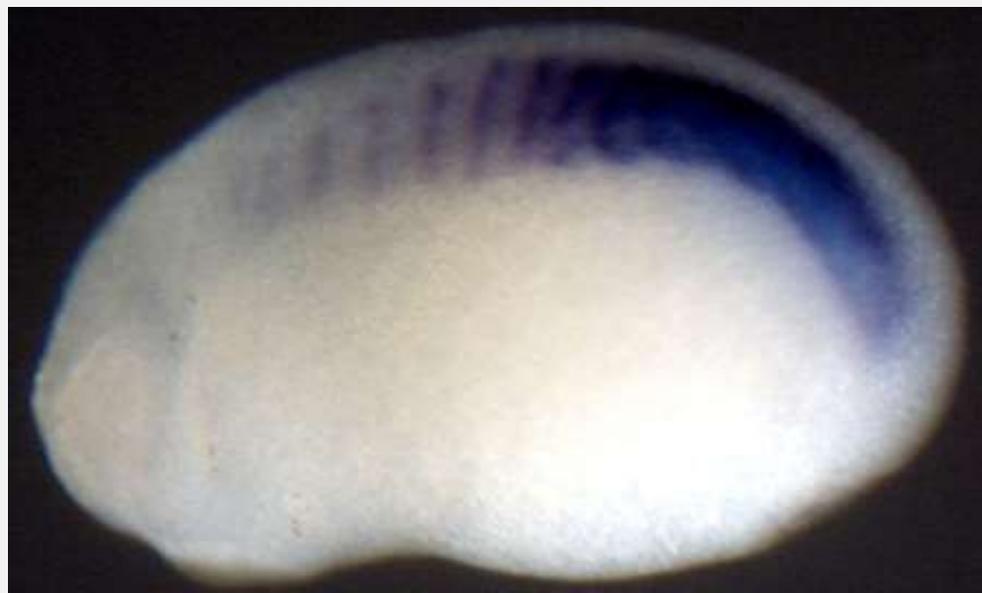
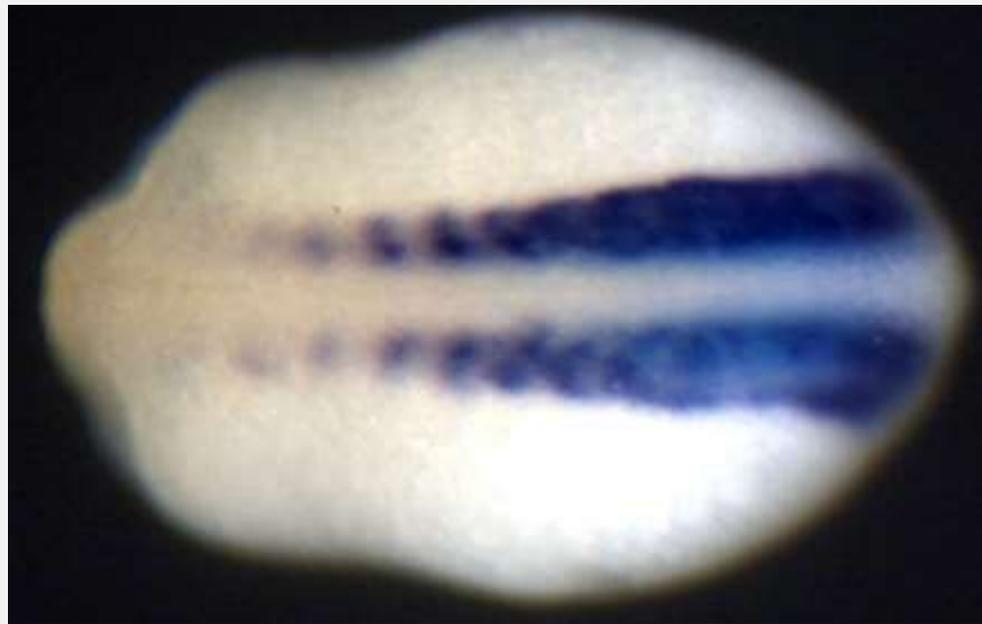


Document 10. Formation de la fibre musculaire striée squelettique.

[PEYCRU P. et coll., " Biologie 1^{ère} année BCPST ", Dunod Ed., 2007].



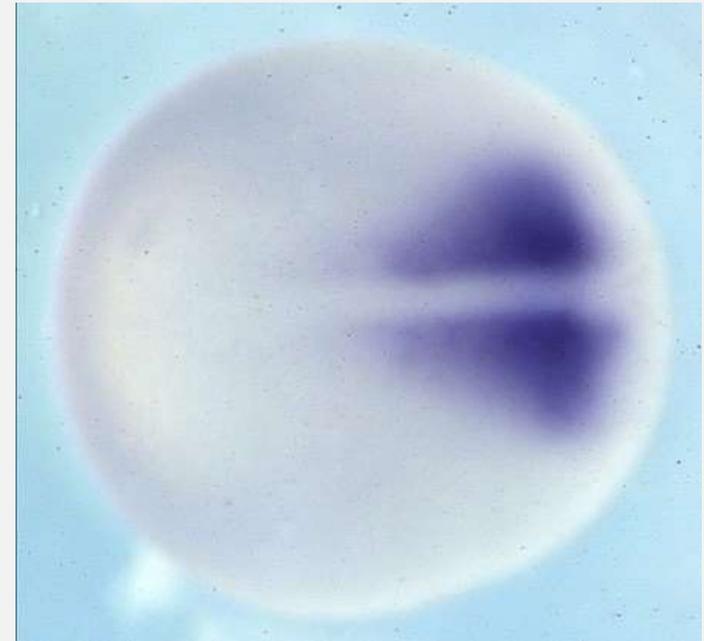
Mise en évidence du déterminisme génétique de la différenciation musculaire



Détection des domaines
d'expression de Myo-D par
hybridation in situ chez un
embryon de Xénope.

- Stade neurula
- Stade bourgeon caudal
(vues dorsale et latérale)

<http://www.xenbase.org/gene/showgene.do?genelid=1017497&method=displayGeneSummary>

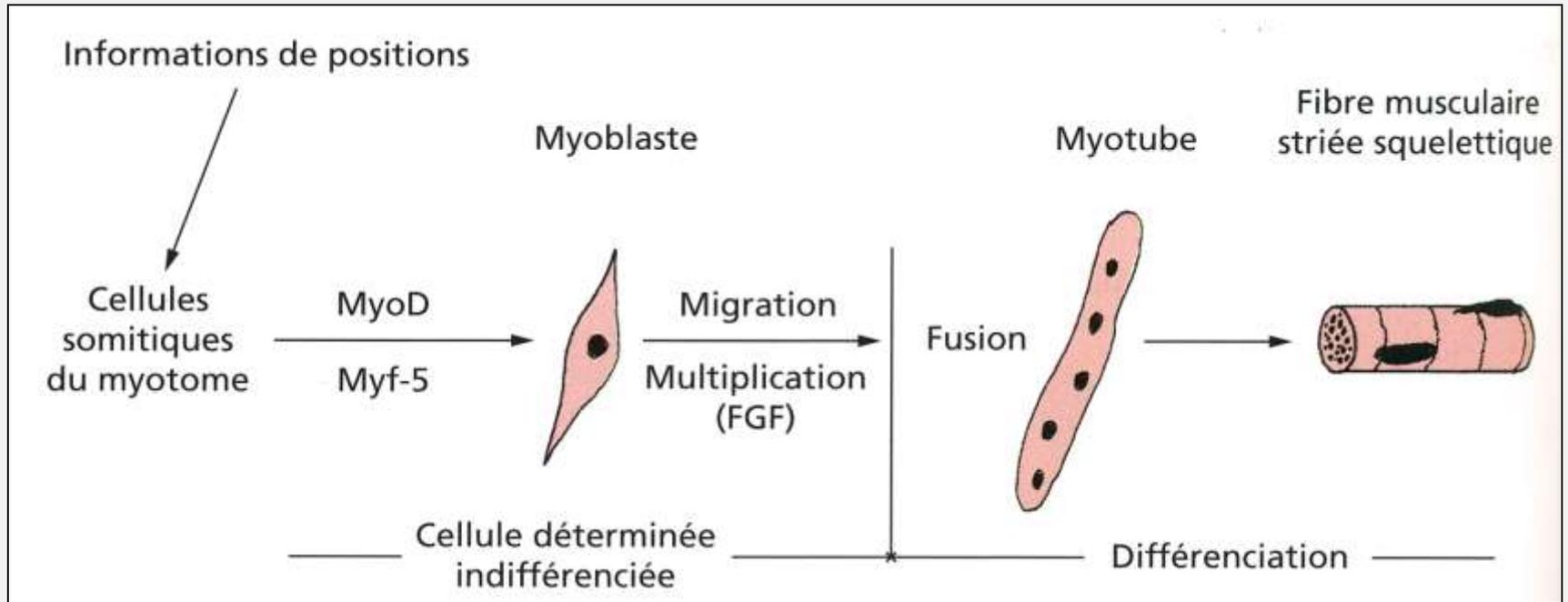


Détection des domaines d'expression de Myf-5 par hybridation in situ chez un embryon de Xénope.

- Stade bouchon vitelin
- Stade neurula
- Stade bourgeon caudal

http://tropicalis.berkeley.edu/home/gene_expression/insitugallery/pages/myf5-AL654739-13.html





Document 10. Formation de la fibre musculaire striée squelettique.

[PEYCRU P. et coll., " Biologie 1^{ère} année BCPST ", Dunod Ed., 2007].