

*Biologie - Partie II - L'organisme : un système en interaction
avec son environnement*

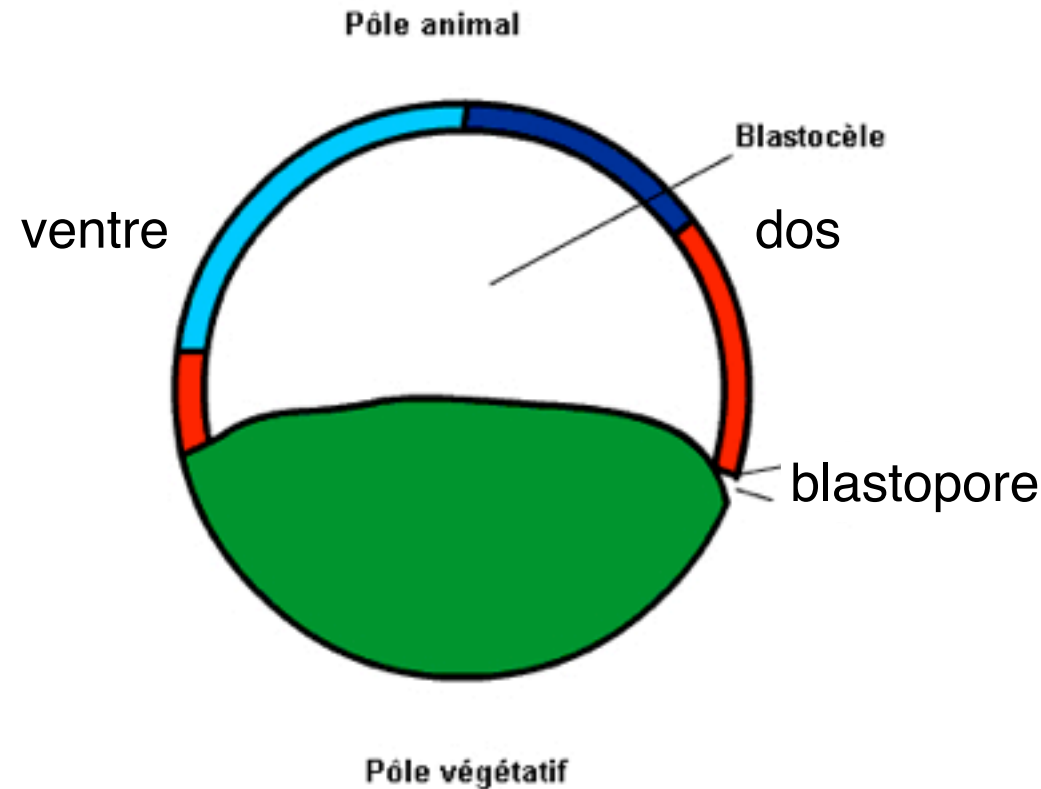
Partie IID - Ontogenèse et reproduction

Chapitre 2

Le développement d'un organisme animal

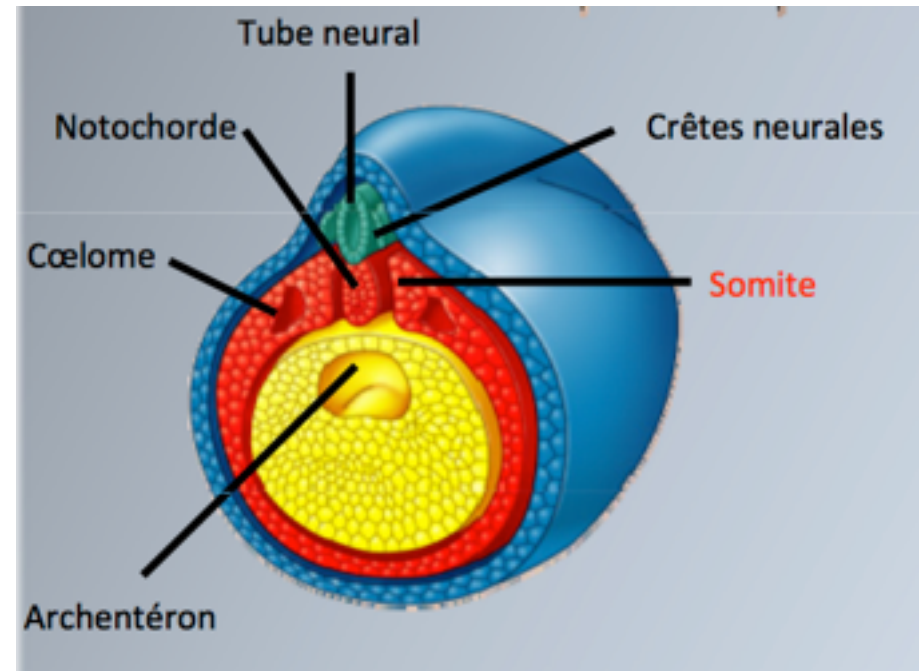
2. La gastrulation : positionnement des feuilletés et suite des inductions

Un réarrangement des feuilletts



Coupe transversale d'embryon en fin de segmentation

feuilletts superposés

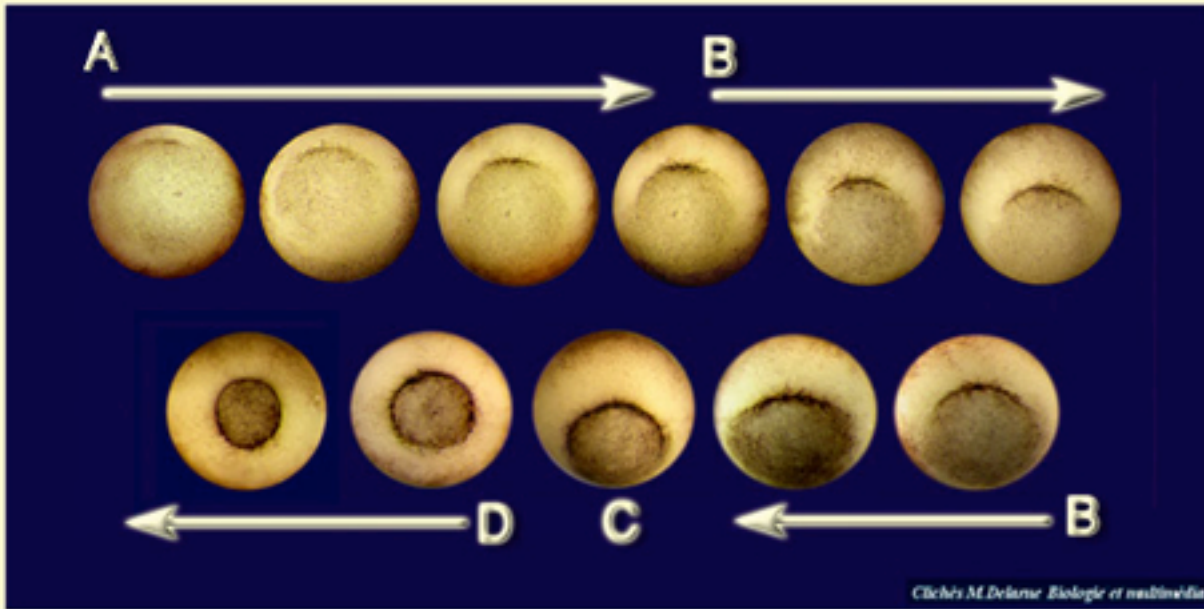


Coupe transversale de bourgeon caudal (à l'éclosion)

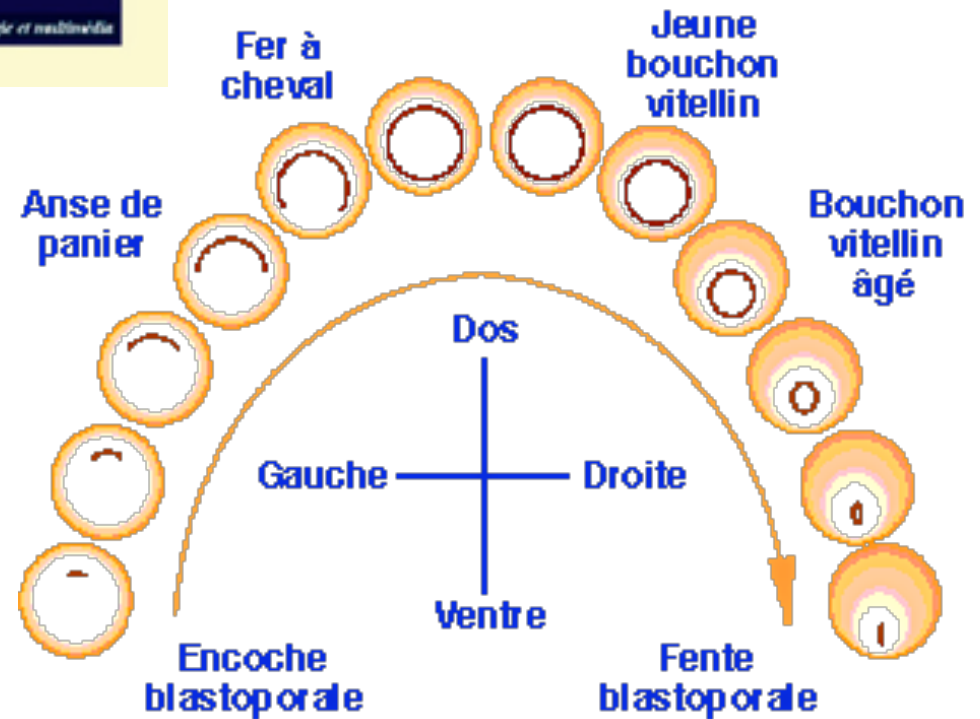
feuilletts concentriques

http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p86/BIO56_MARICS_Cours5.pdf

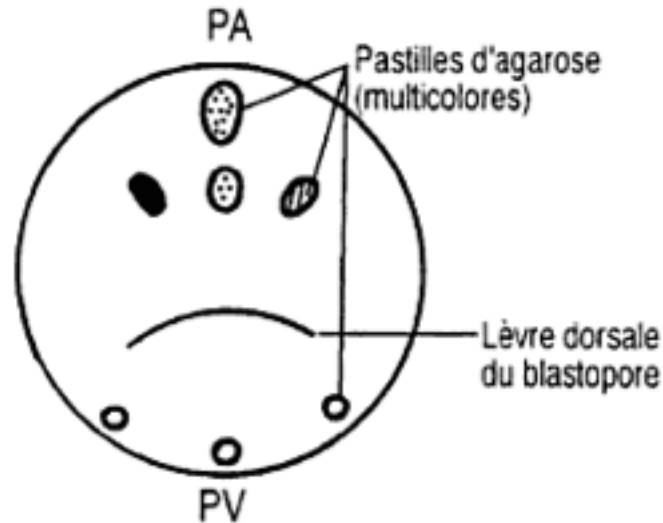
Évolution de la gastrula



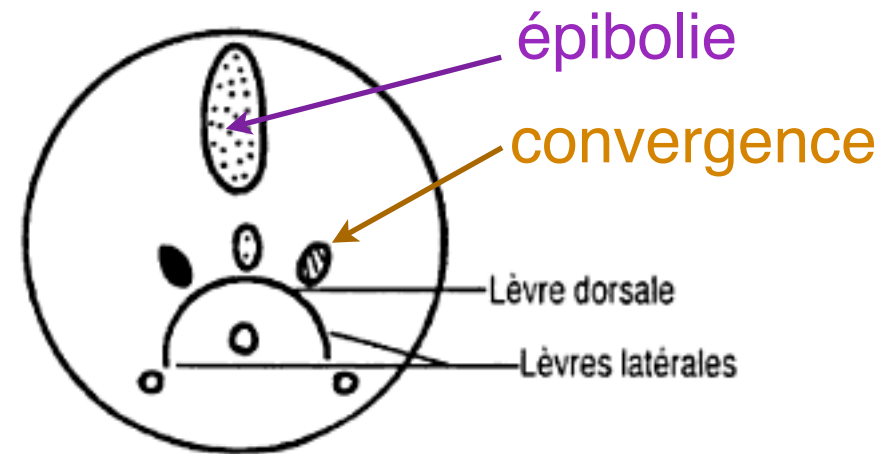
Apparition d'une dépression qui s'agrandit



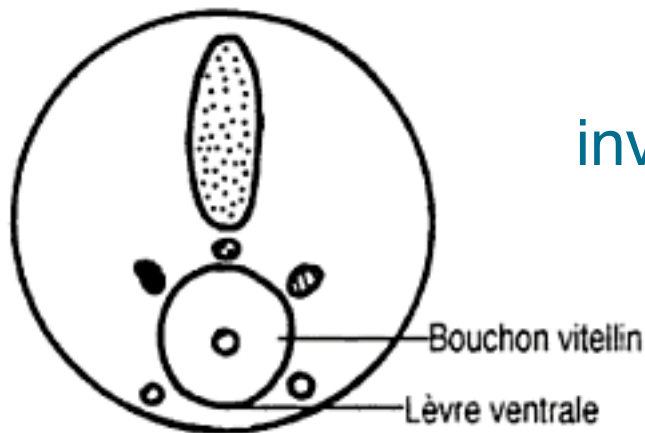
Expérience de Vogt (1929)



1. blastula marquée

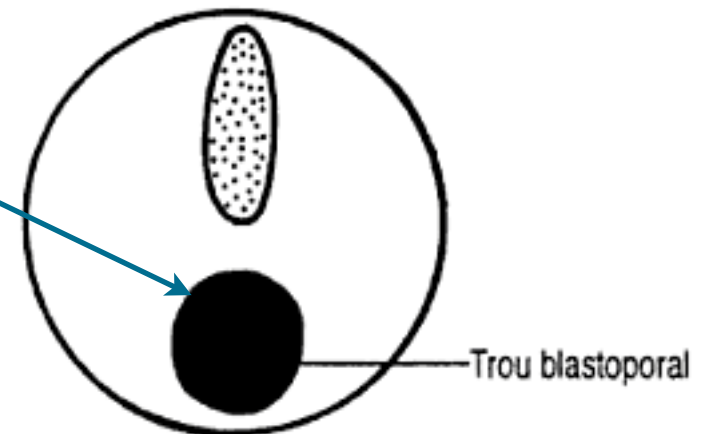


2. stade encoche blastoporale :
blastopore en fer à cheval

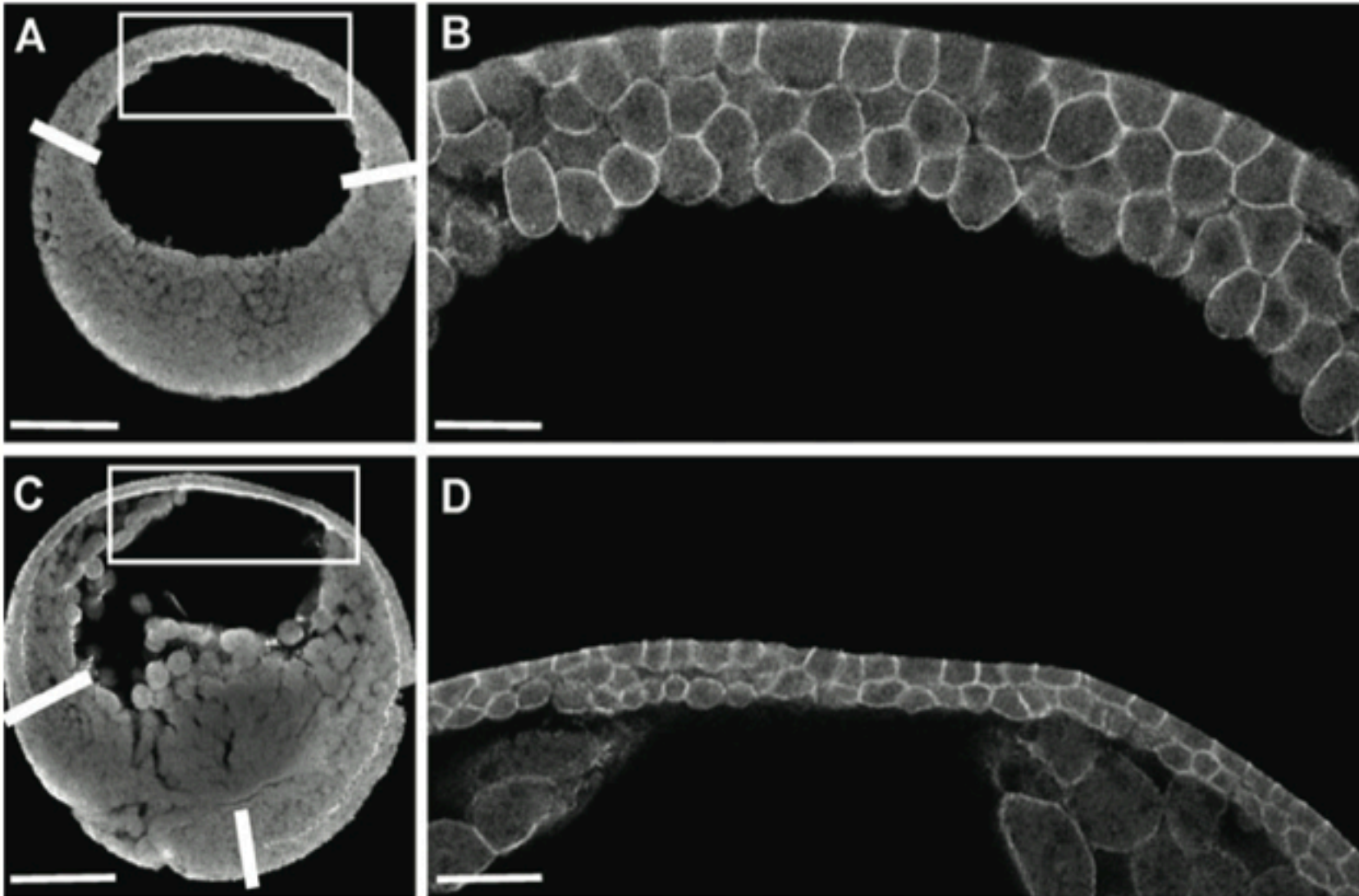


3. stade bouchon
vitellin

invagination



Observation de l'épibolie



3 couches
cellulaires

2 couches
cellulaires

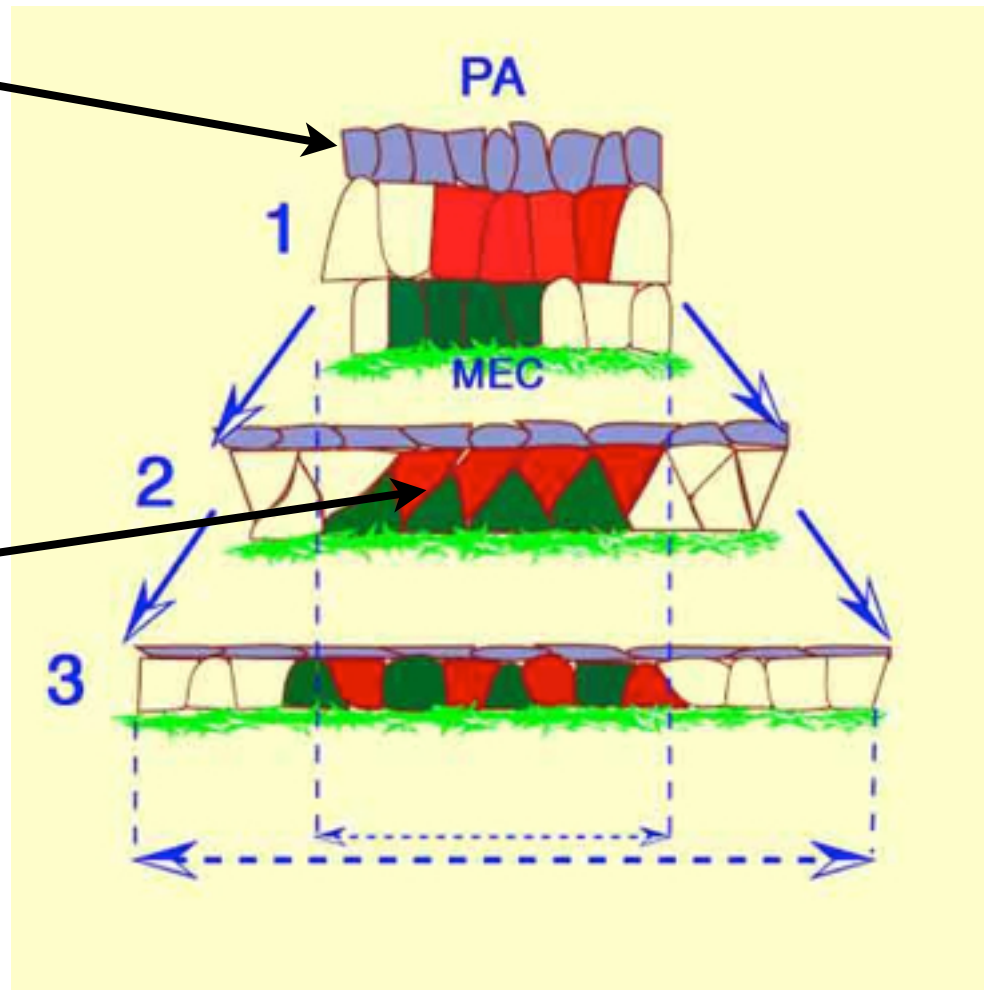
Marsden et DeSimone, 2001

Mouvements d'épibolie

Extension de l'ectoderme en surface de l'embryon

étalement des cellules superficielles en un tapis

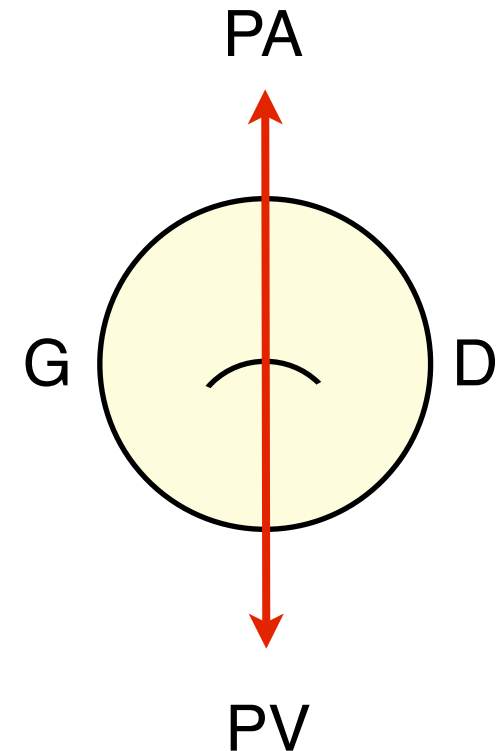
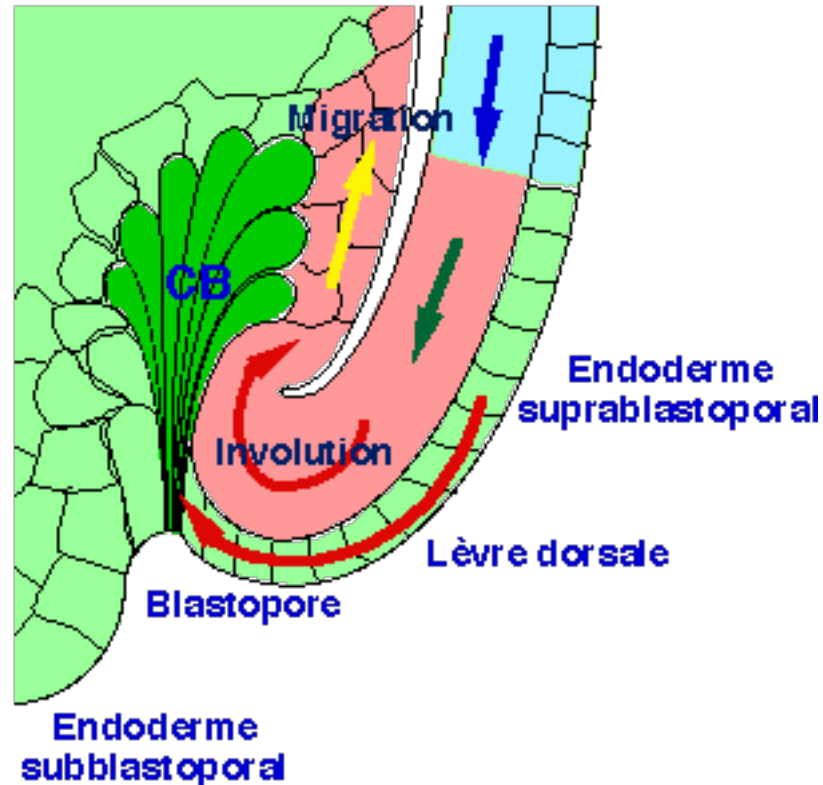
intercalation des cellules des 2 couches les plus profondes => une seule couche



importance des jonctions adhérentes

Invagination

Initiation



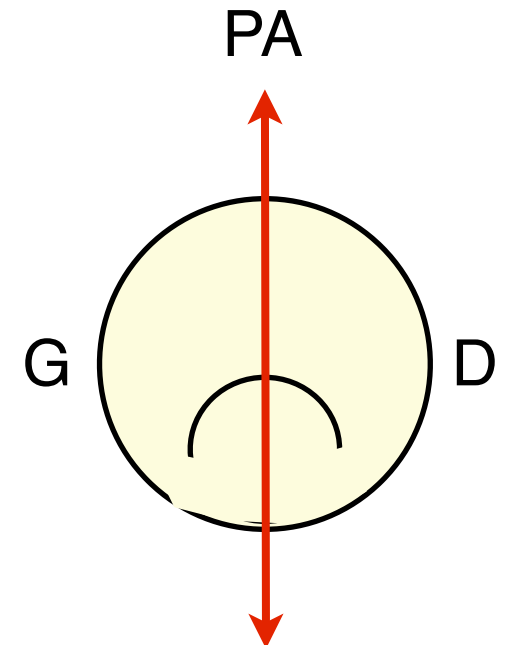
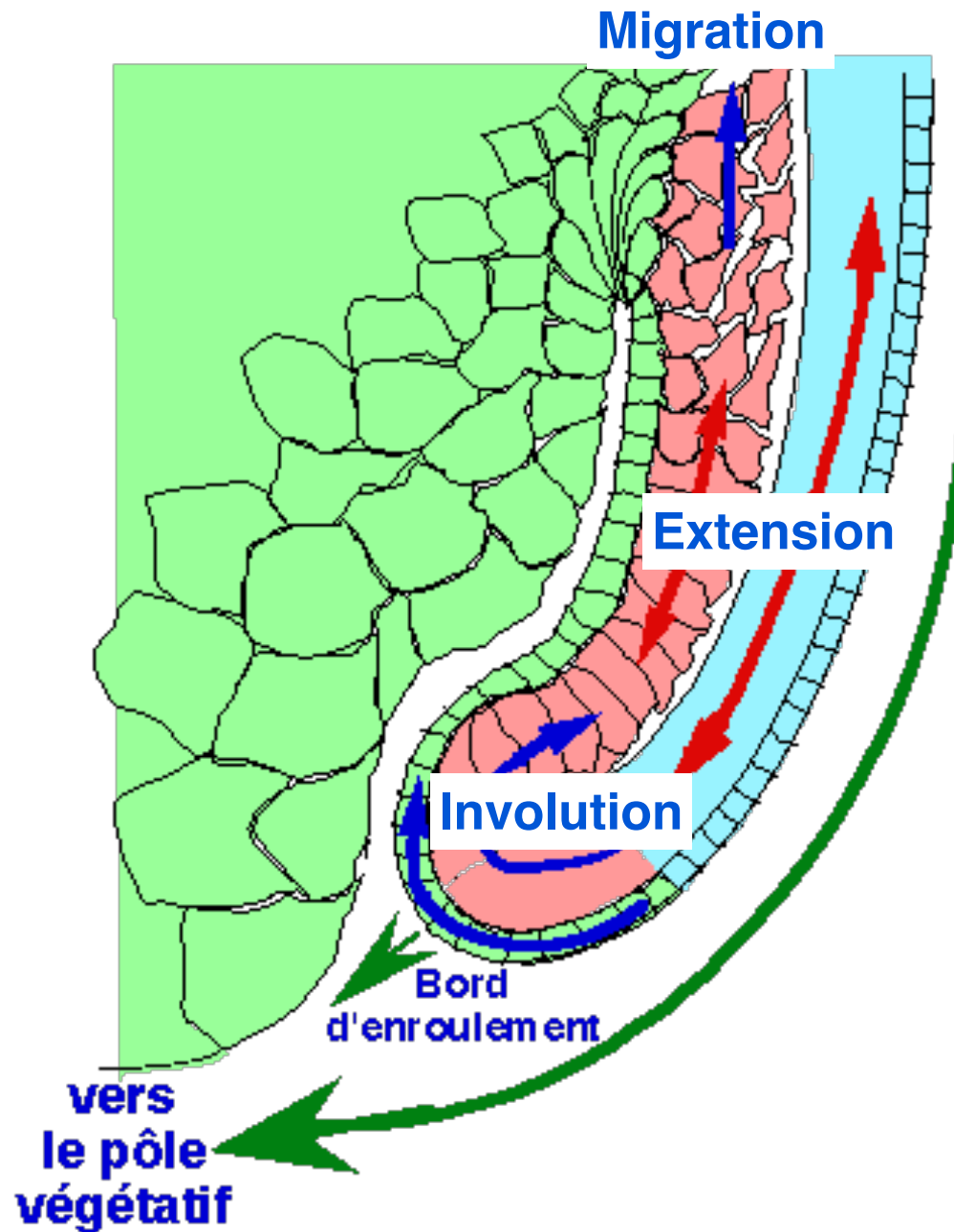
Les cellules en bouteilles (CB) initient un creux.

L'épibolie «pousse» le mésoderme vers le creux.

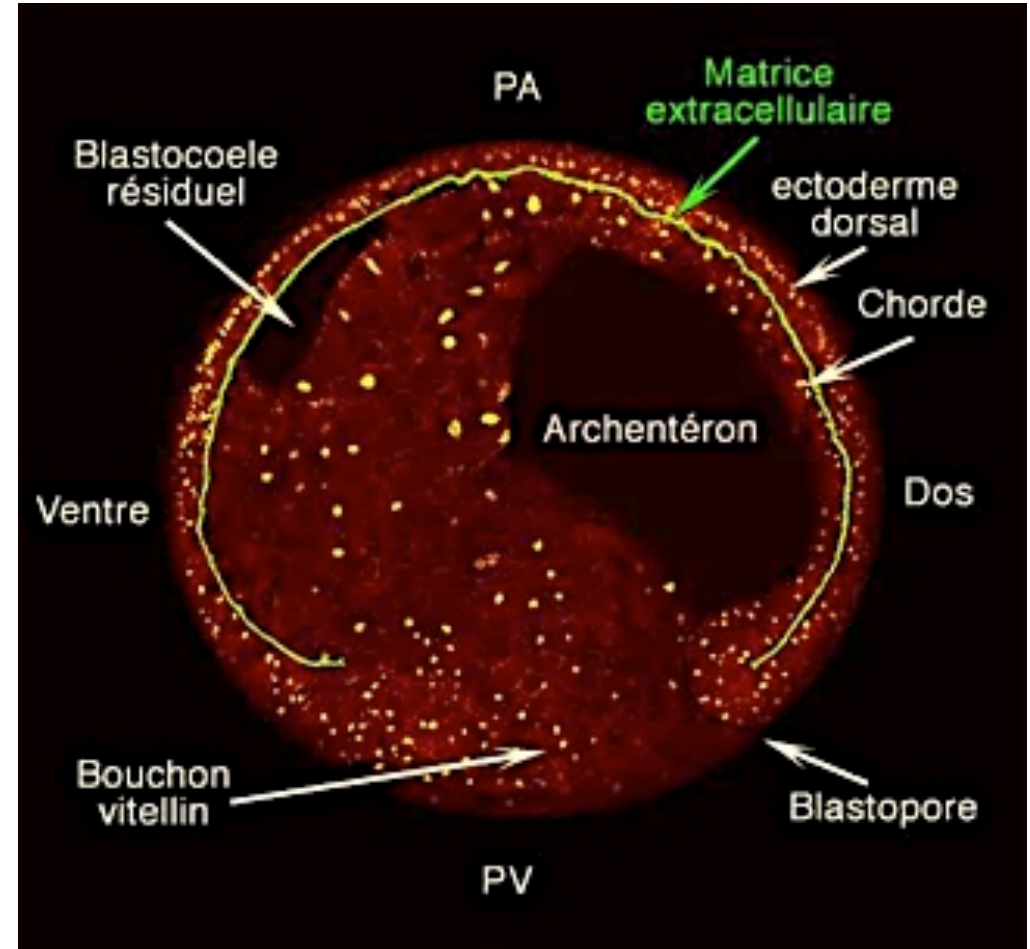
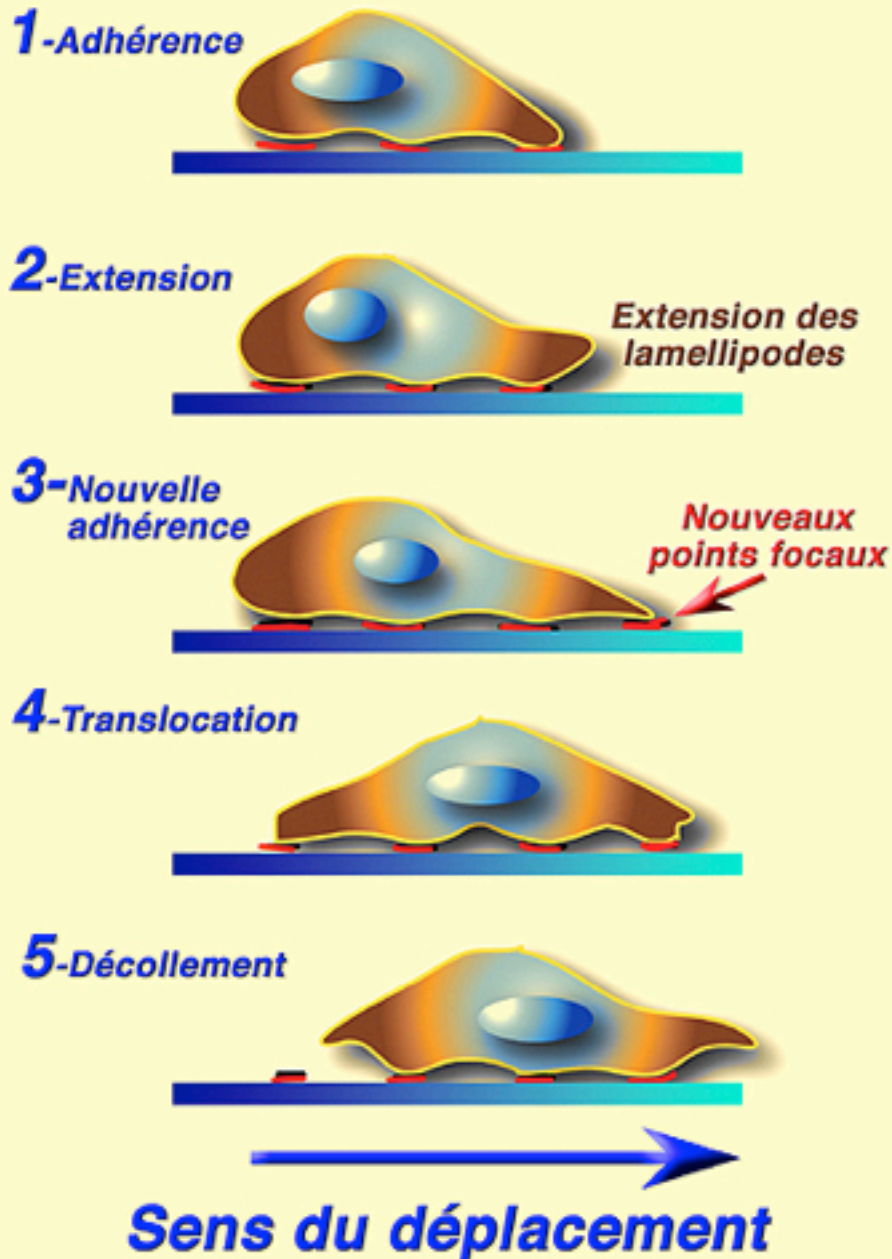
Les cellules en bouteille créent un «rempart» au mésoderme qui bascule alors à l'intérieur de l'embryon (= **involution**).

Migration

Élongation



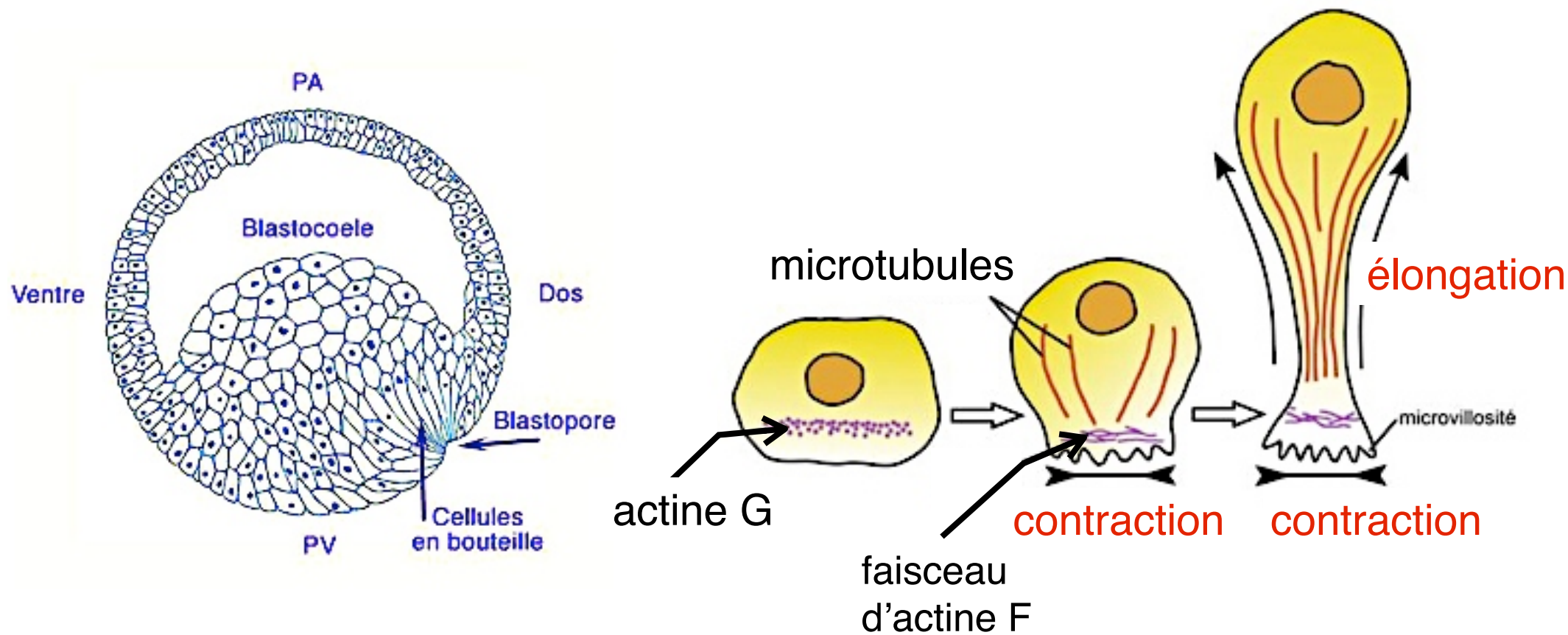
Des cellules «marcheuses»



Support des cellules = MEC

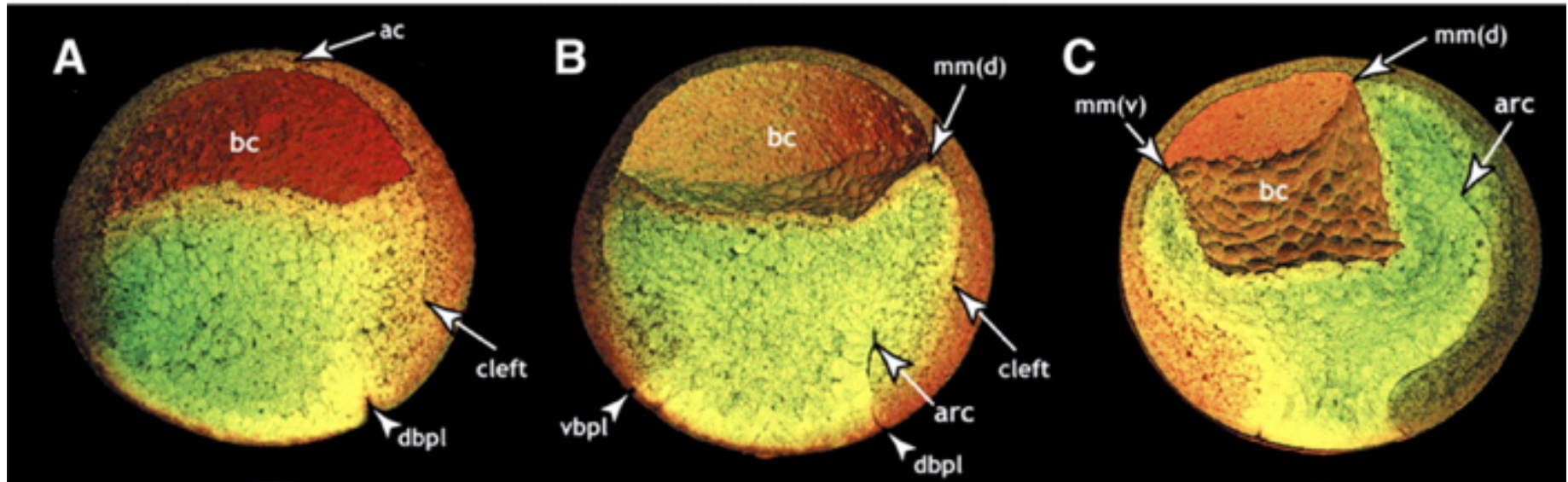
ancrage de la cellule sur la MEC grâce à la liaison fibronectine / intégrines

Les cellules en bouteille



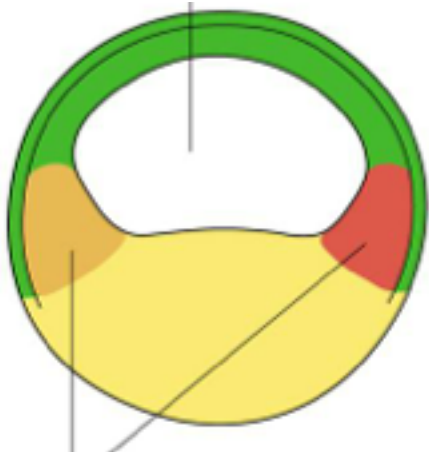
Elles initient le blastopore

Les mouvements gastruléens

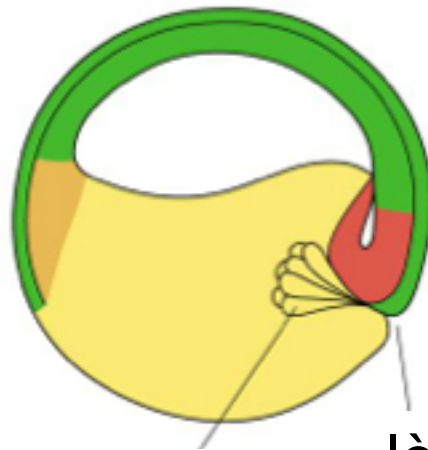


blastocœle

blastocœle archentéron

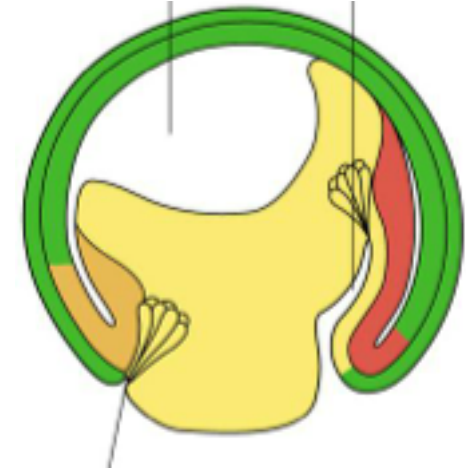


mésoderme
zone marginale



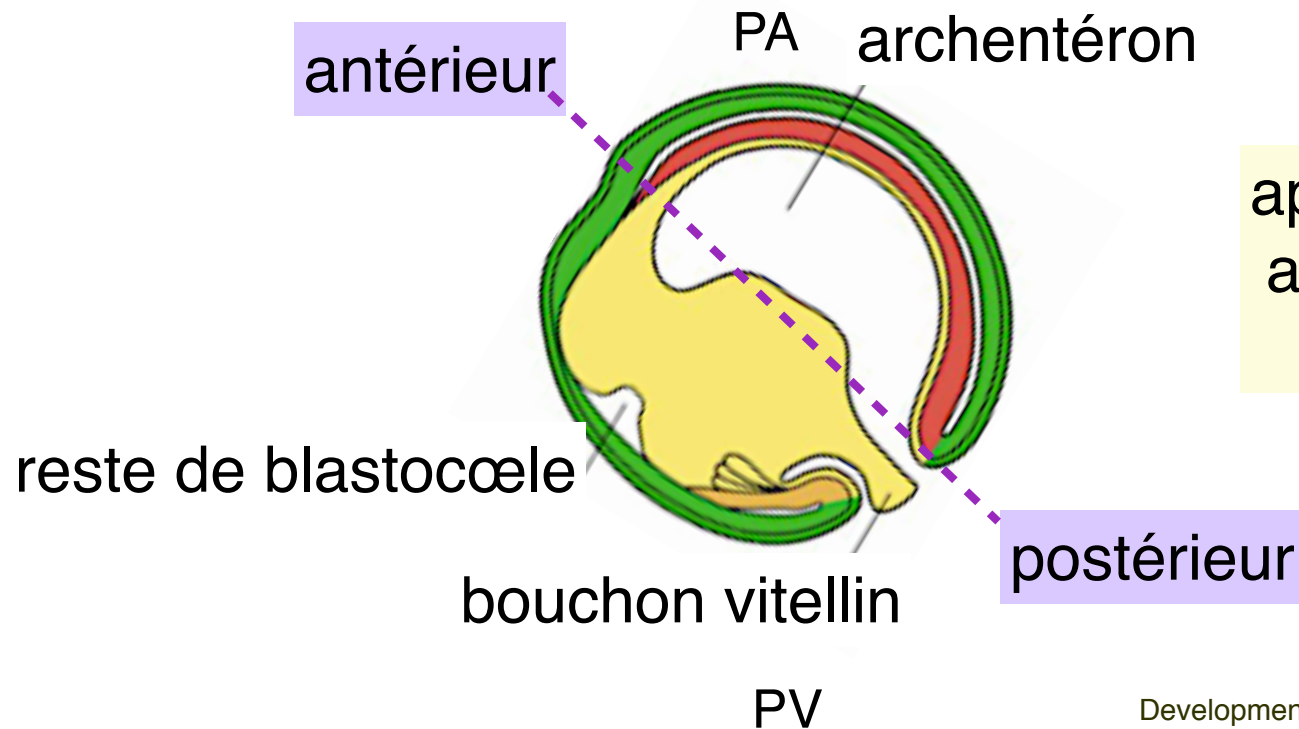
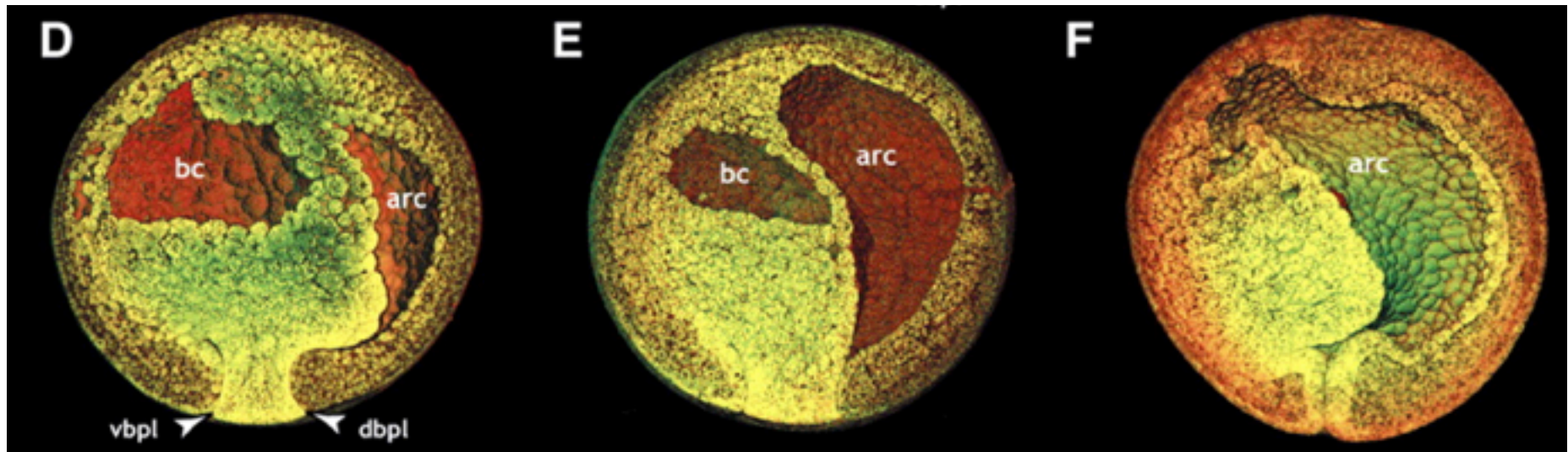
cellules en
bouteille

lèvre
dorsale du
blastopore



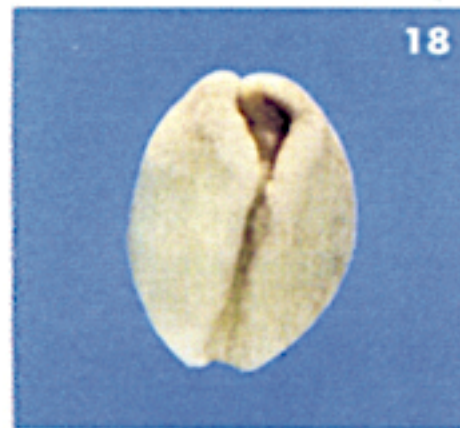
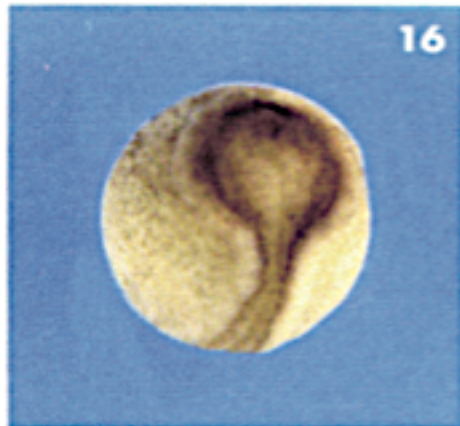
lèvre ventrale
du blastopore

Les mouvements gastruléens



apparition de l'axe antéro-postérieur issu de PA-PV

La neurulation : 2 événements visibles



- allongement antéro-postérieur ;
- apparition d'un sillon qui se creuse puis disparaît : internalisation d'un tube d'ectoderme.

Formation du tube neural

b) La neurulation

(les embryons sont dégangués et sans membrane de fécondation, x 50)



Jeune neurula au stade gouttière neurale



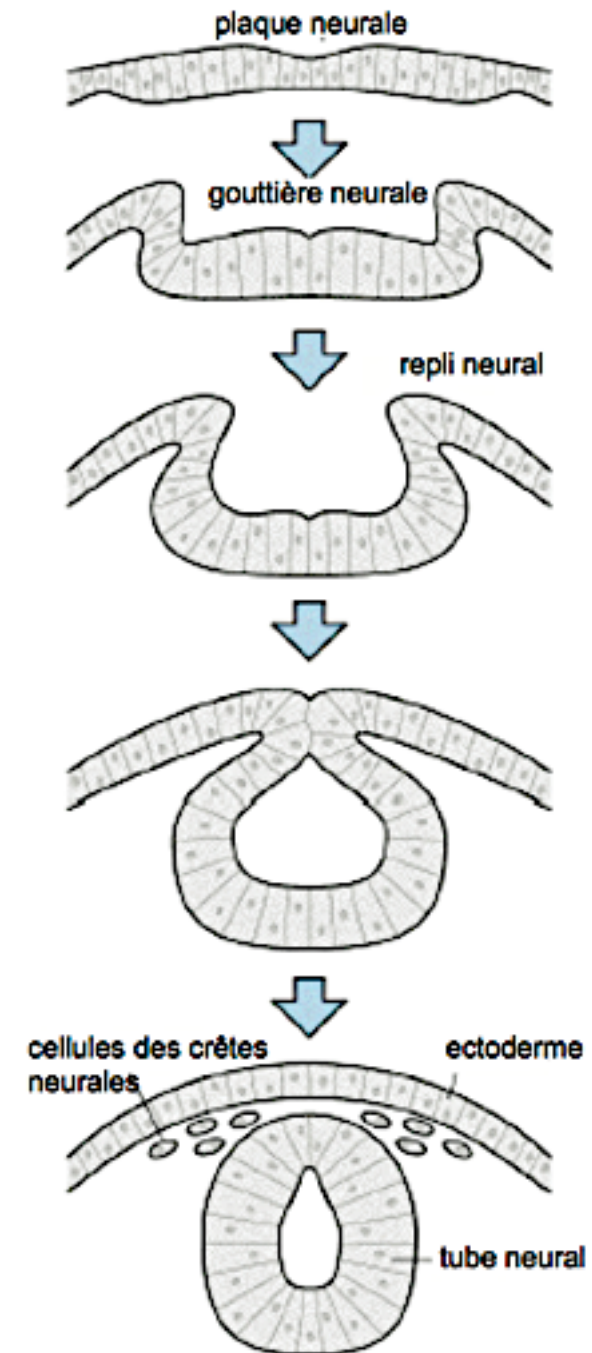
Mi-neurula, la gouttière neurale est fermée dans la région troncale



Neurula âgée
(d'après De Vos et Van Gansen, 1980)



Jeune bourgeon caudal



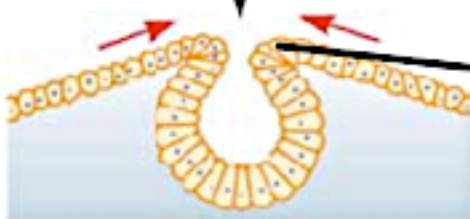
Formation du tube neural



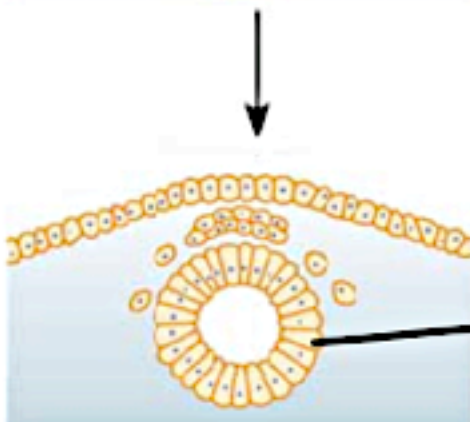
1 - Les microtubules allongent les cellules de la plaque neurale



2 - Les microfilaments aux extrémités des cellules se contractent et déforment les cellules en des formes pyramidales



3 - Les forces dans des directions opposées provoquent la formation d'une gouttière



4 - Détachement de la plaque neurale pour former un tube neural

Importance des cadhérines

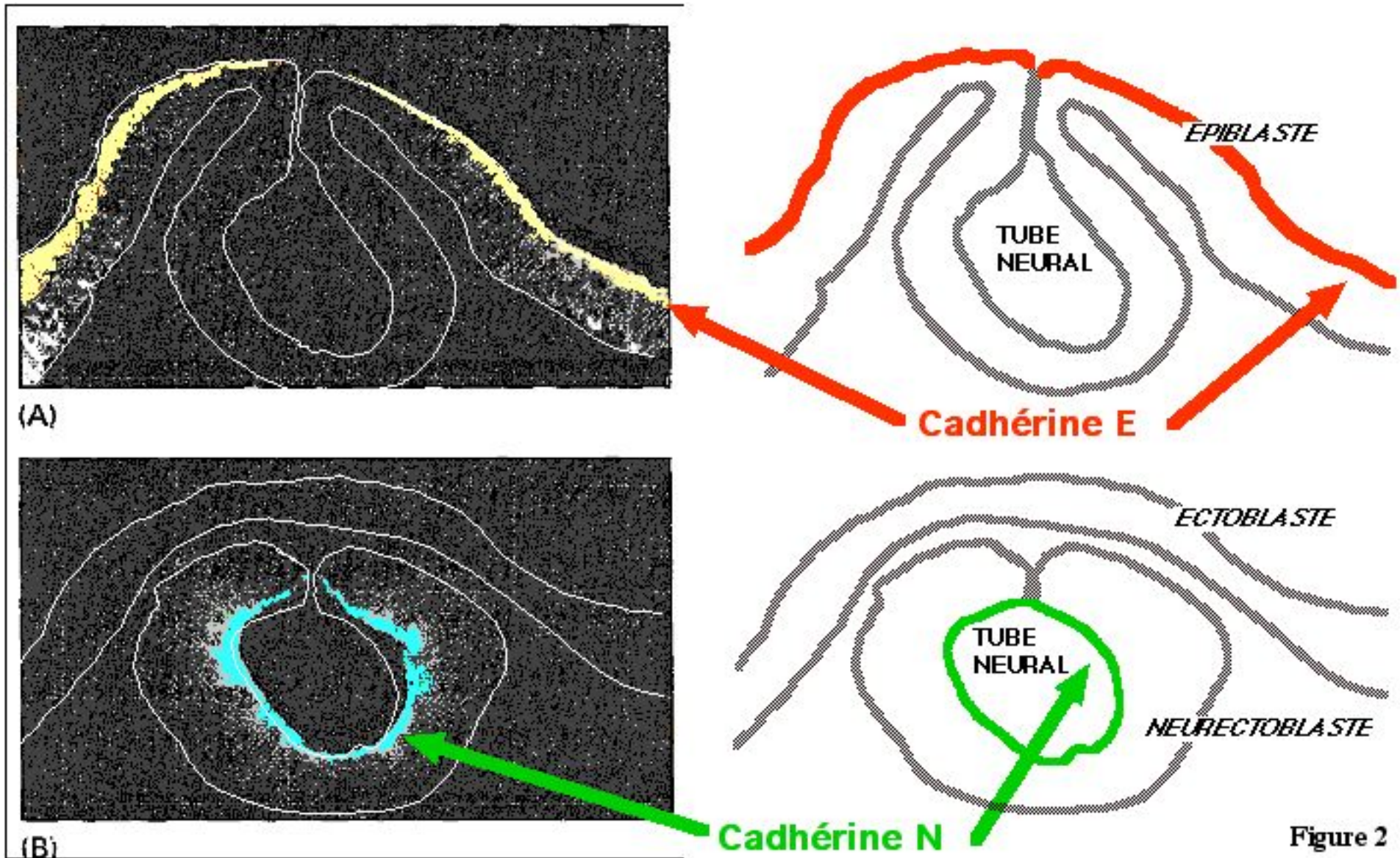
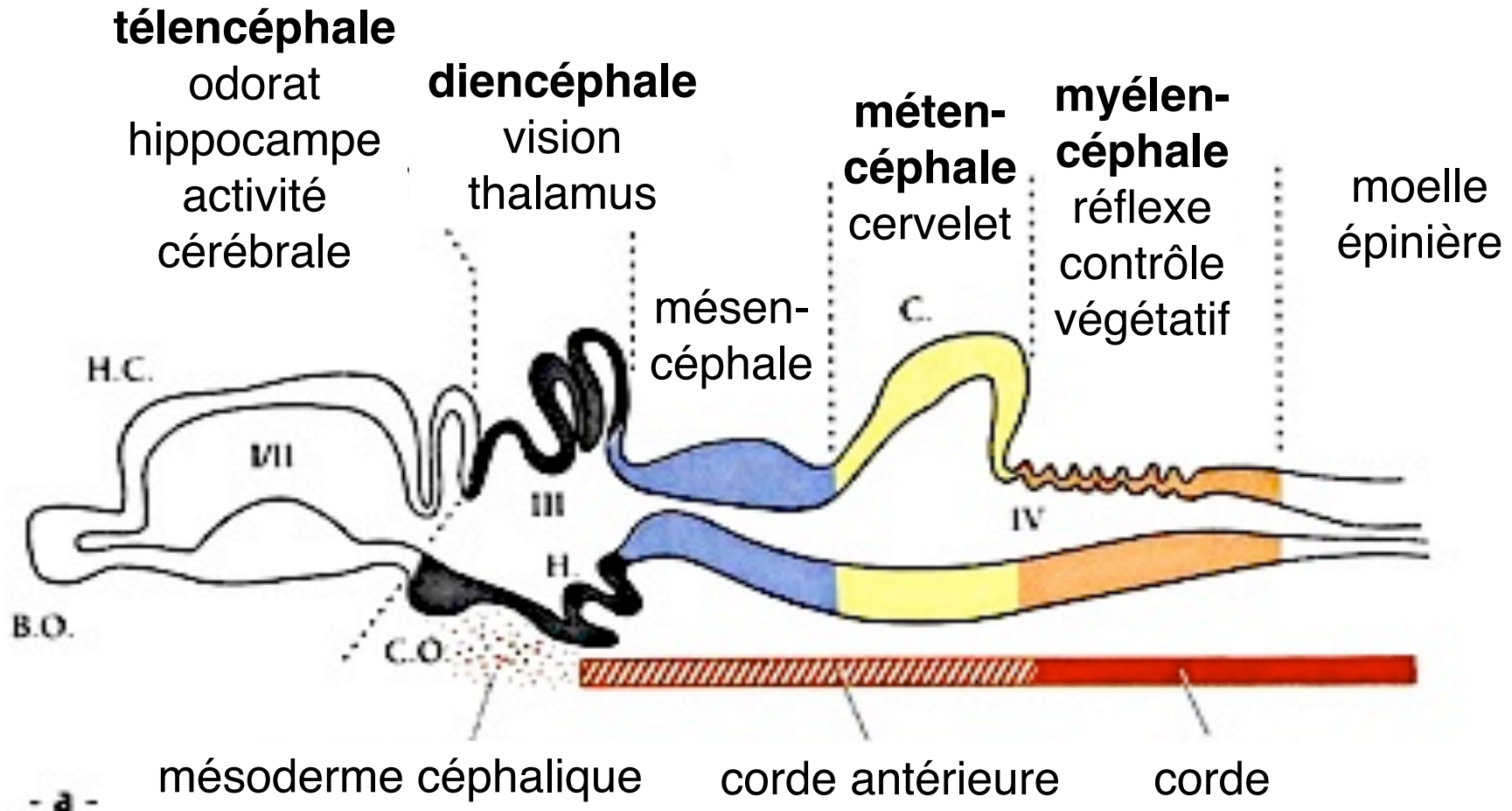


Figure 2

Différence d'expression des cadhérines

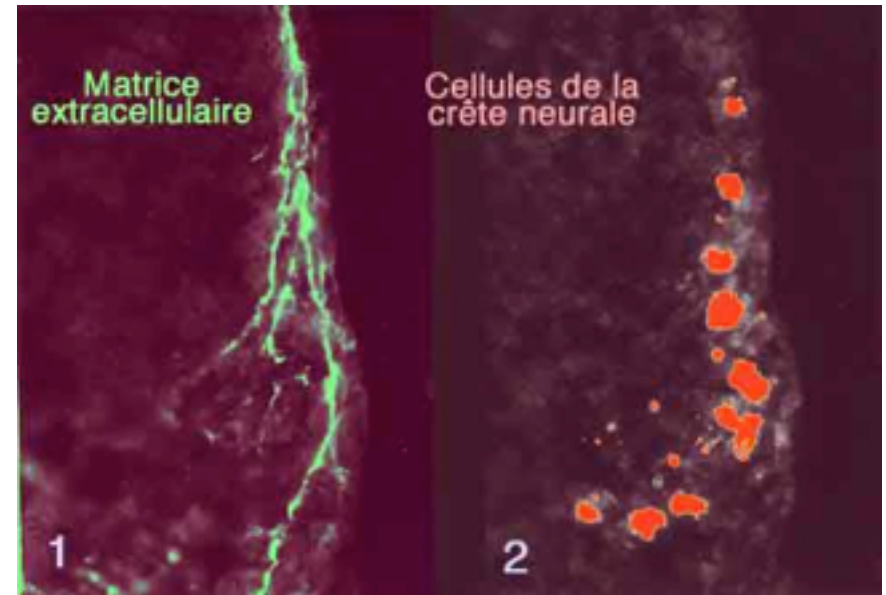
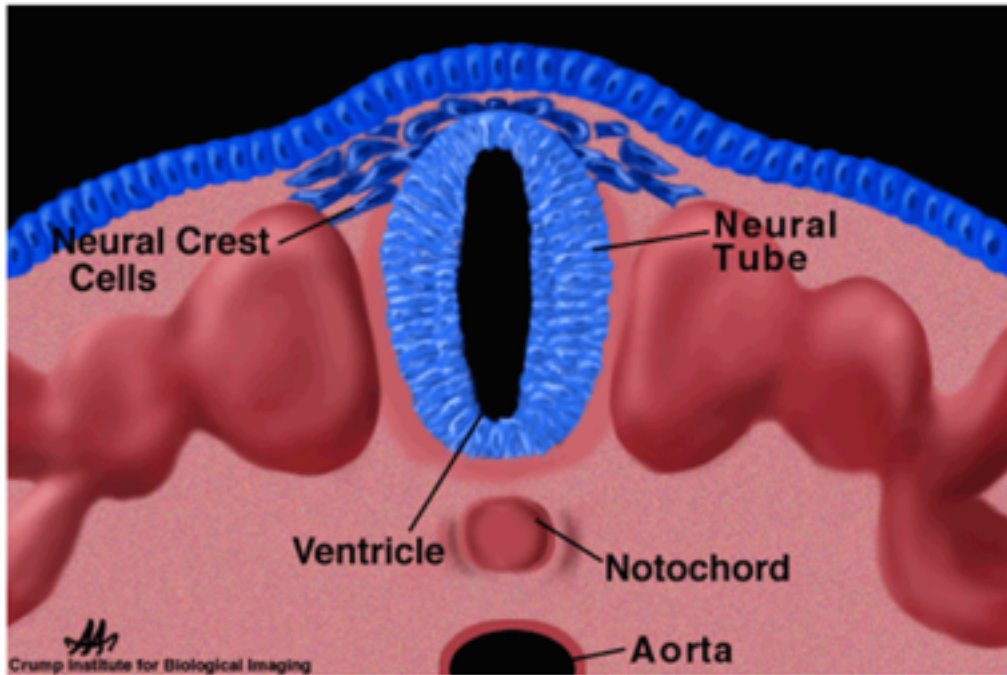
Dilatation du tube neural : l'encéphale

Dilatation en partie antérieure = formation de l'encéphale



Les cellules des crêtes neurales

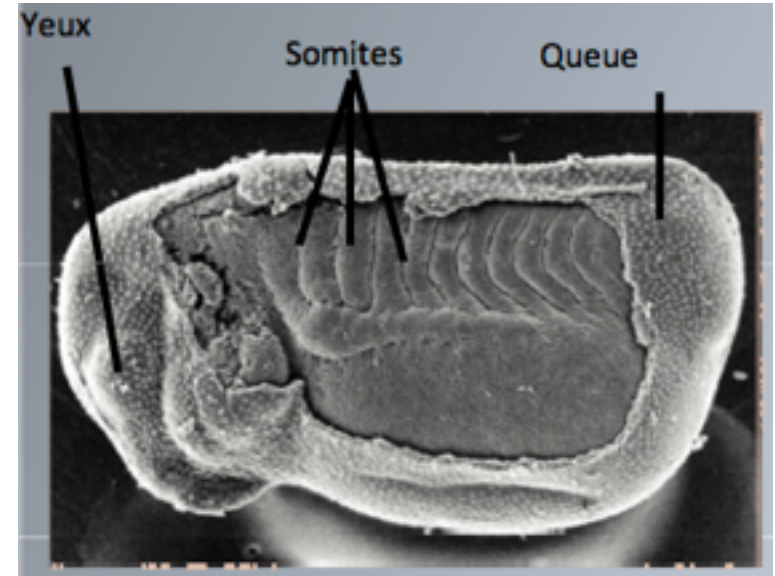
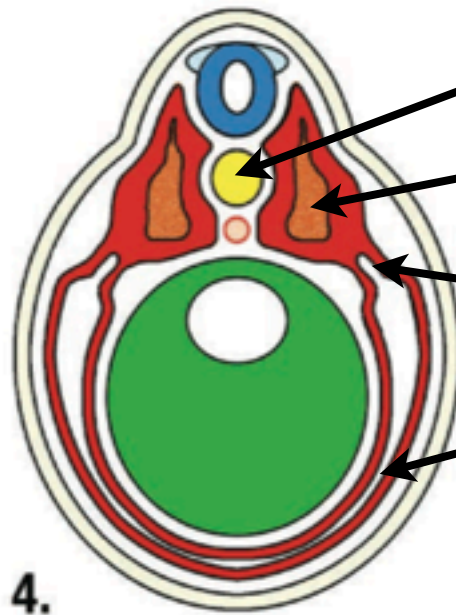
De l'ectoderme qui migre vers diverses parties du corps.



Exemples :

- muscle lisse des artères,
- mélanocytes du derme,
- glande médullo-surrénale (produisant l'adrénaline, proche de la noradrénaline synthétisée par les neurones d'origine ectodermique).

Réarrangement du mésoderme



corde

somite

pièce intermédiaire

mésoderme des lames latérales

Expérience de Spemann et Mangold

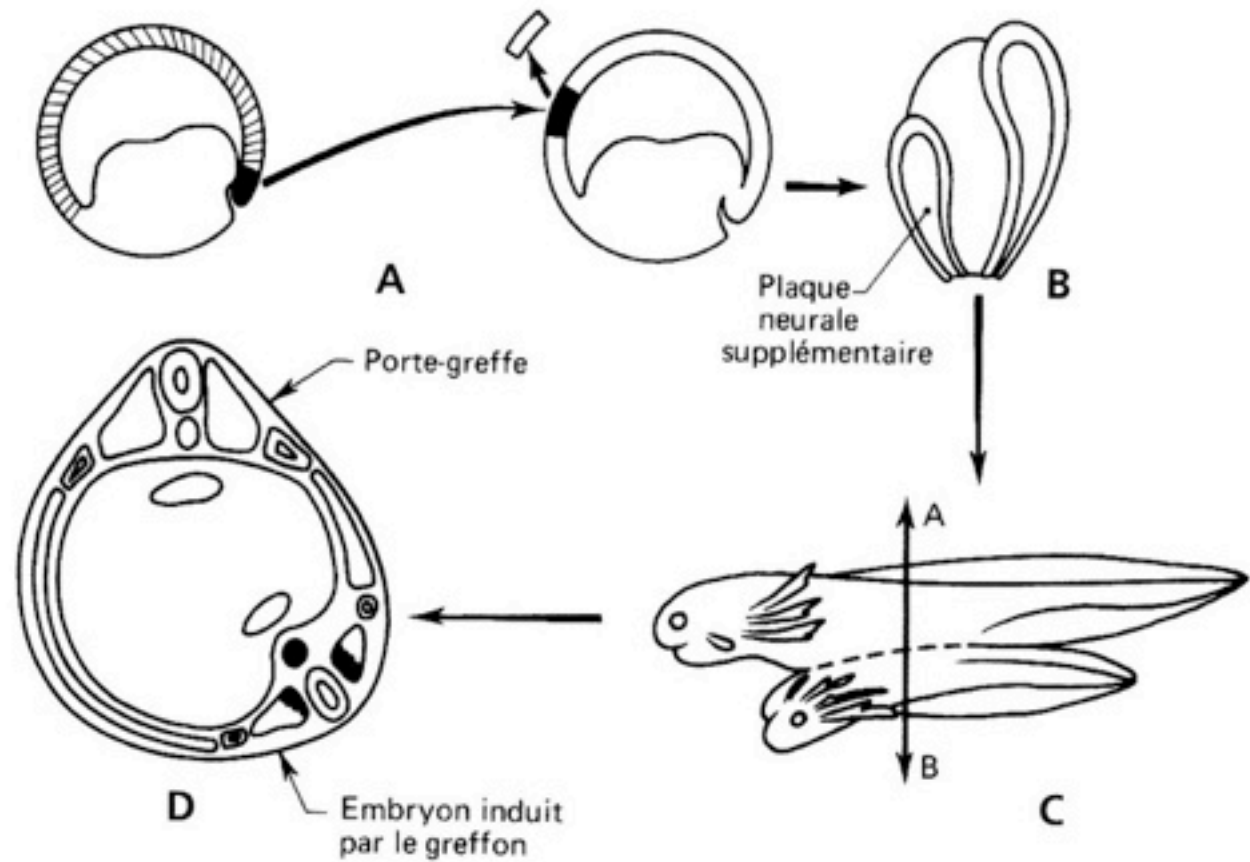
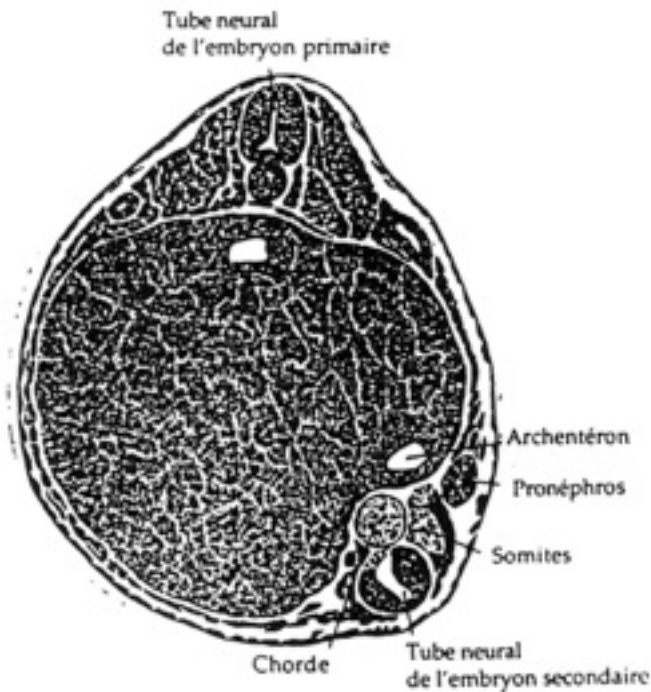


Fig. 14.1 Schéma de l'expérience de Spemann et Mangold.

A : Une lèvre blastoporale de jeune gastrula d'une espèce pigmentée est greffée en position ventrale chez un récepteur clair. **B :** Formation d'une seconde plaque neurale consécutive à une double gastrulation. **C :** Différenciation d'un embryon double. **D :** Coupe transversale à travers cet embryon double. Une partie seulement des tissus de celui-ci (en noir) provient du greffon, le restant provient de la gastrula porte-greffe.

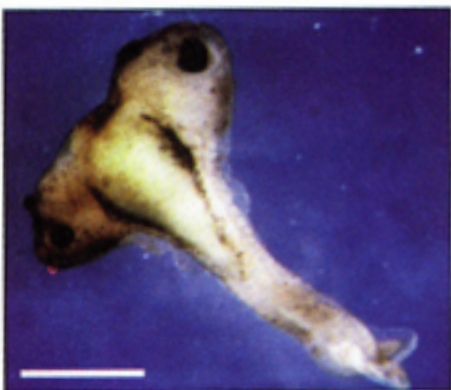
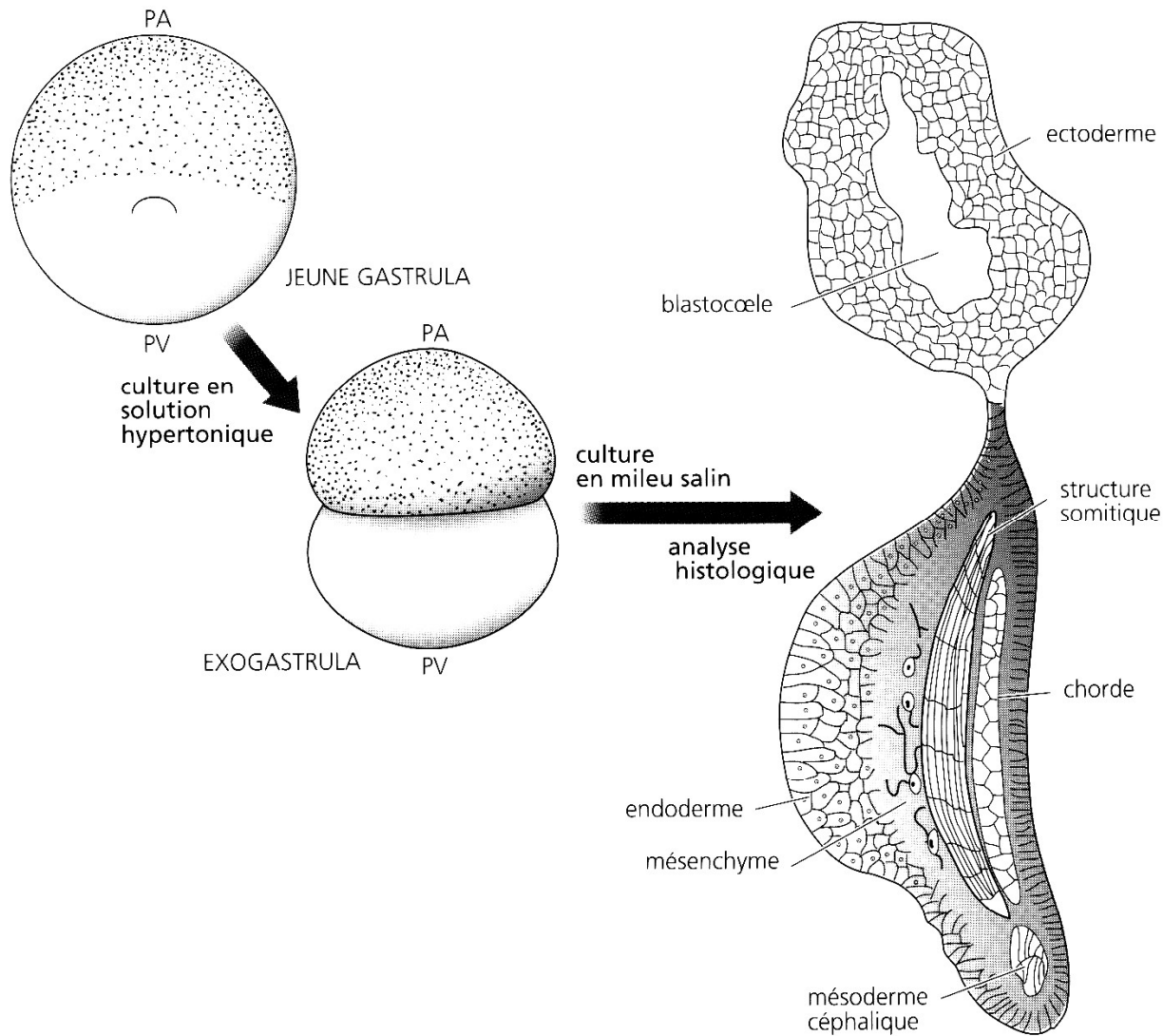


Fig. 3.28 La transplantation d'un organisateur de Spemann peut induire un nouvel axe chez le xénope.

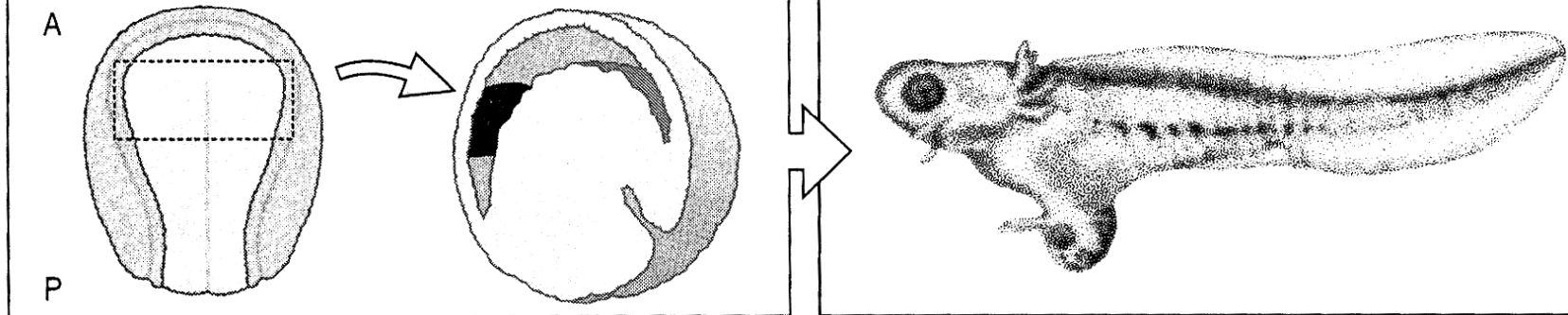
Expérience d'exogastrulation



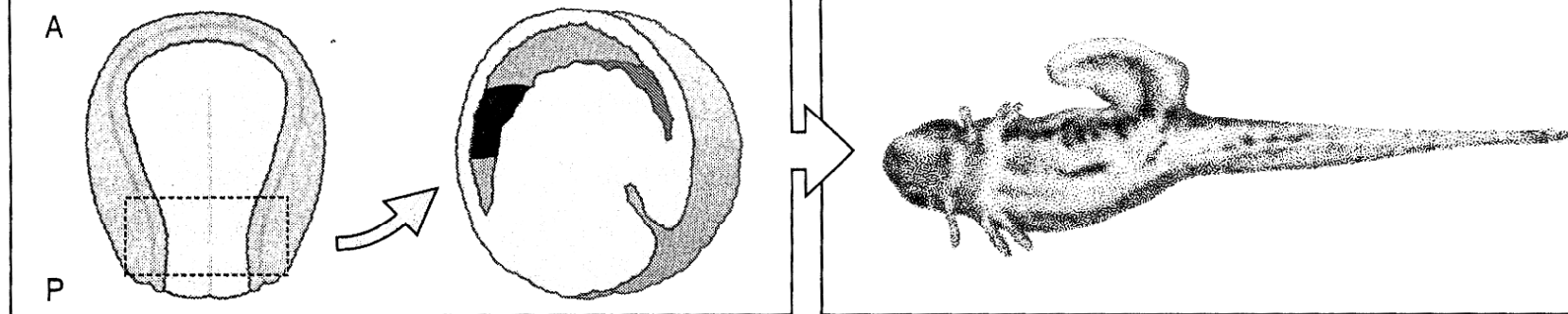
snv.jussieu.fr

Expérience de Mangold (1933)

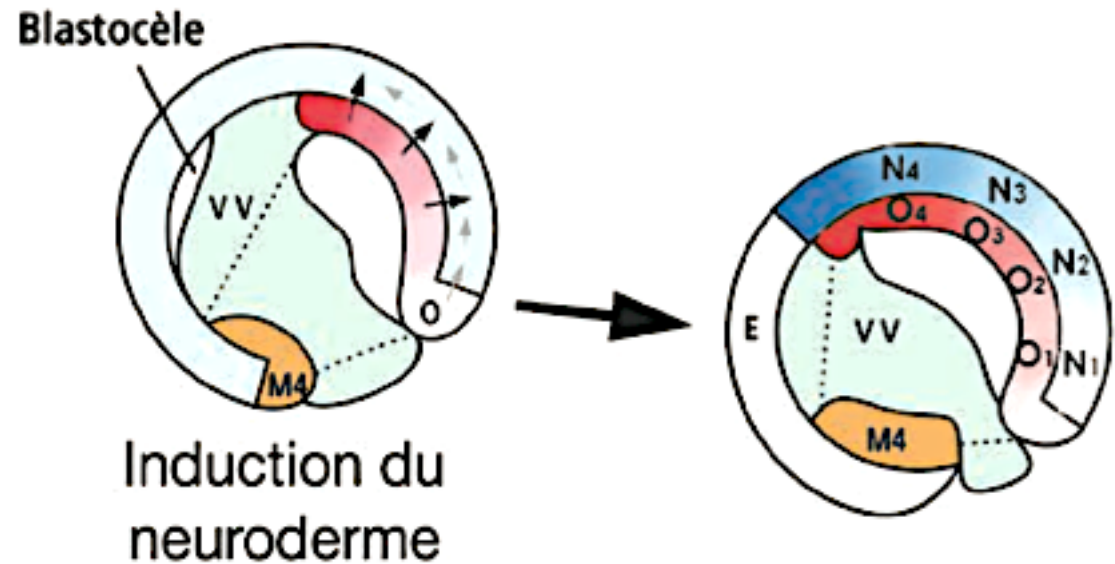
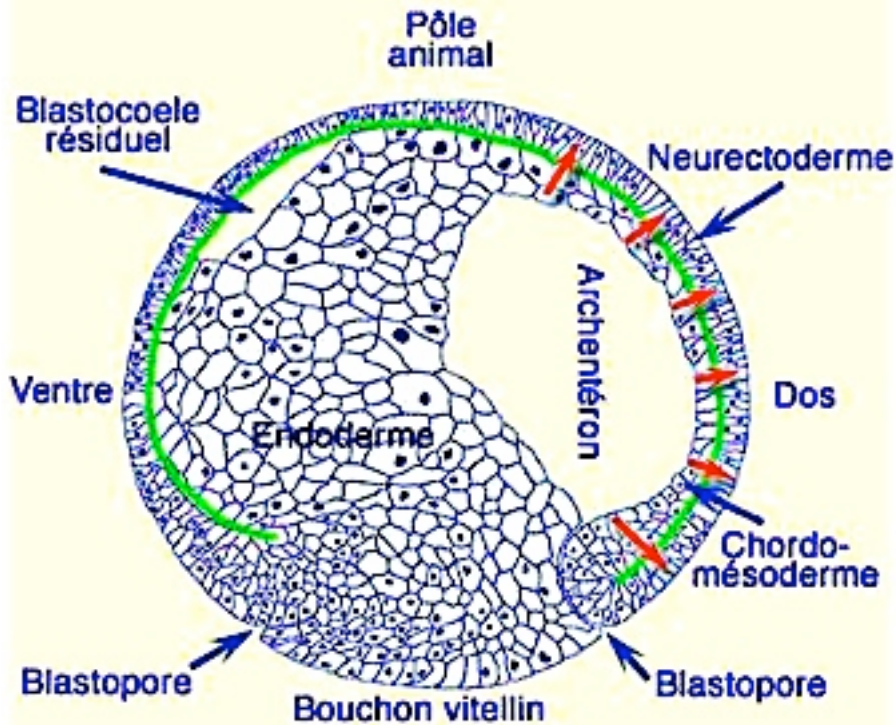
mésoderme antérieur d'une neurula greffé sur une jeune gastrula



mésoderme postérieur greffé sur une jeune gastrula

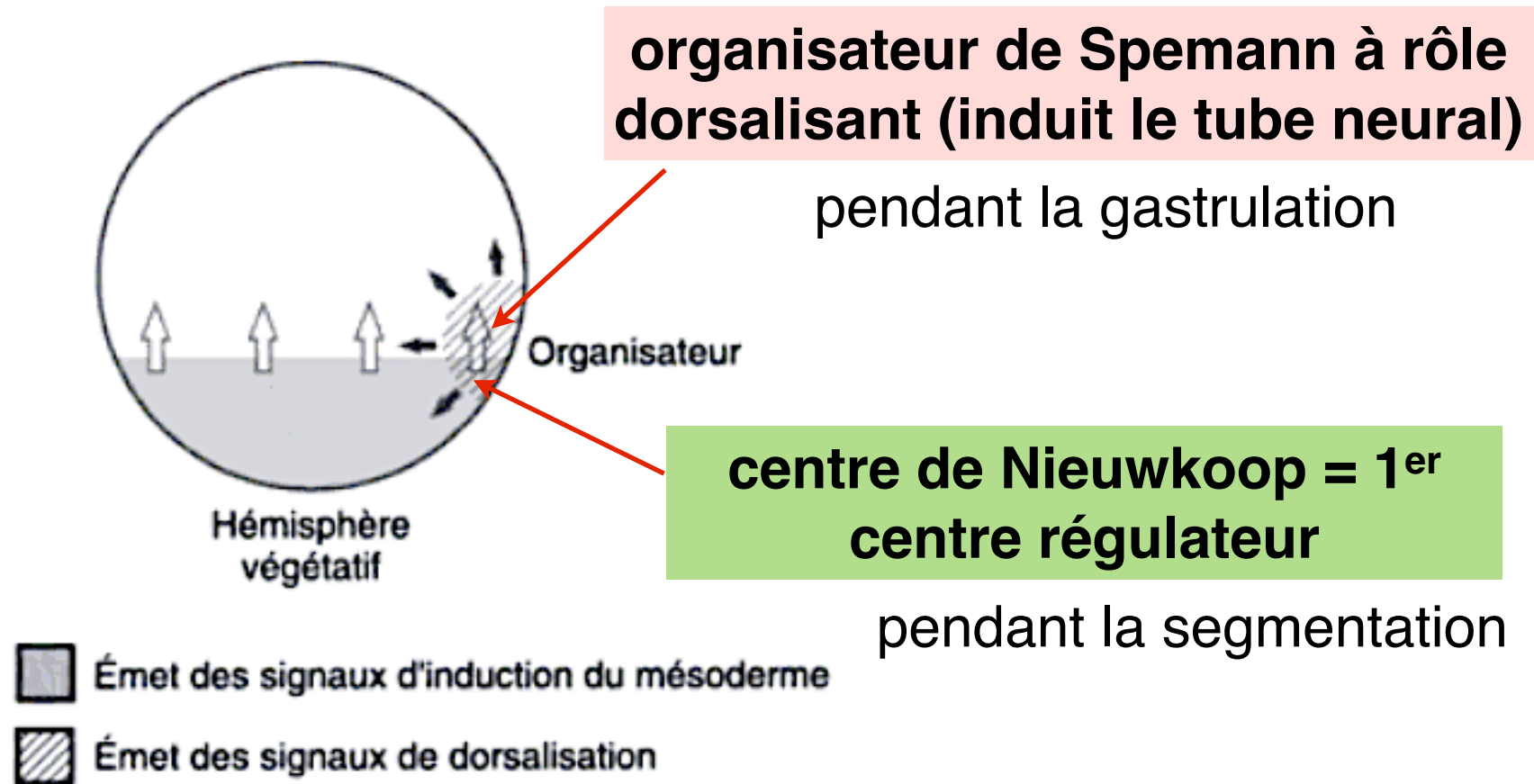


Induction du tube neural

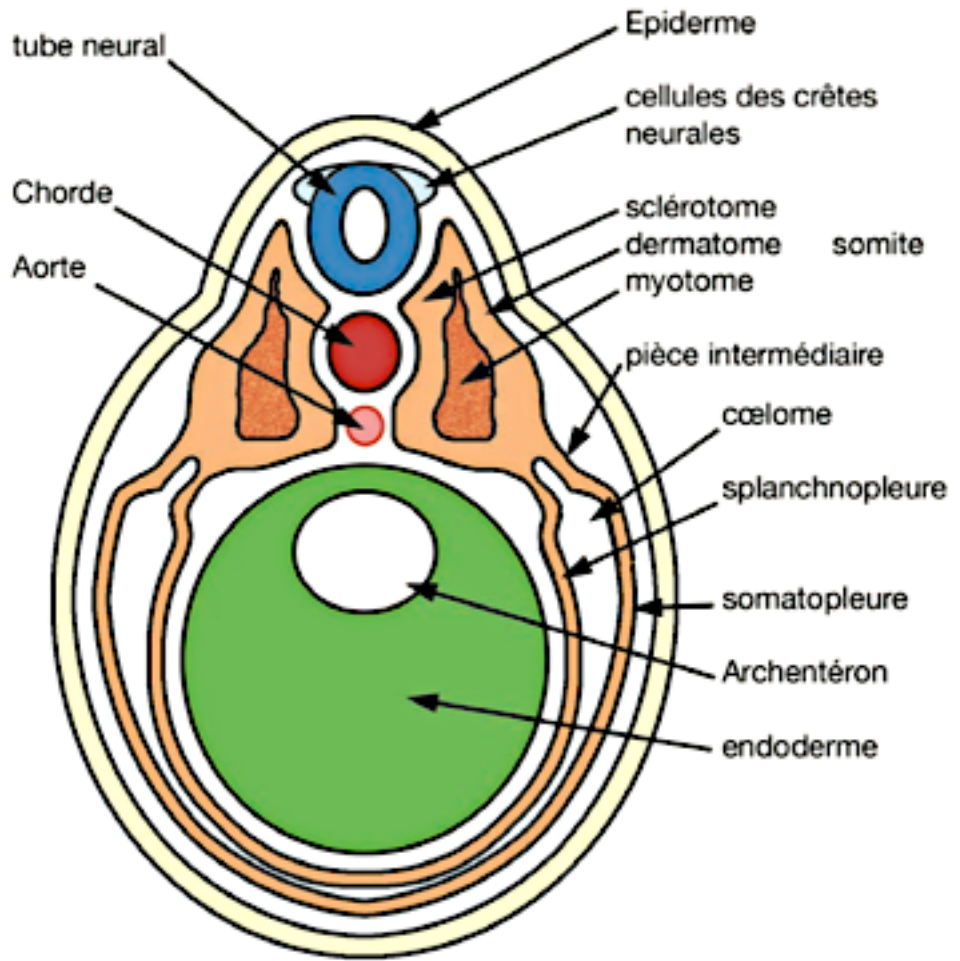


Induction du tube neural grâce au mésoderme cordal qui libère des facteurs diffusifs au contact avec l'ectoderme. Le signal, dit «transversal», traverse la matrice extracellulaire.

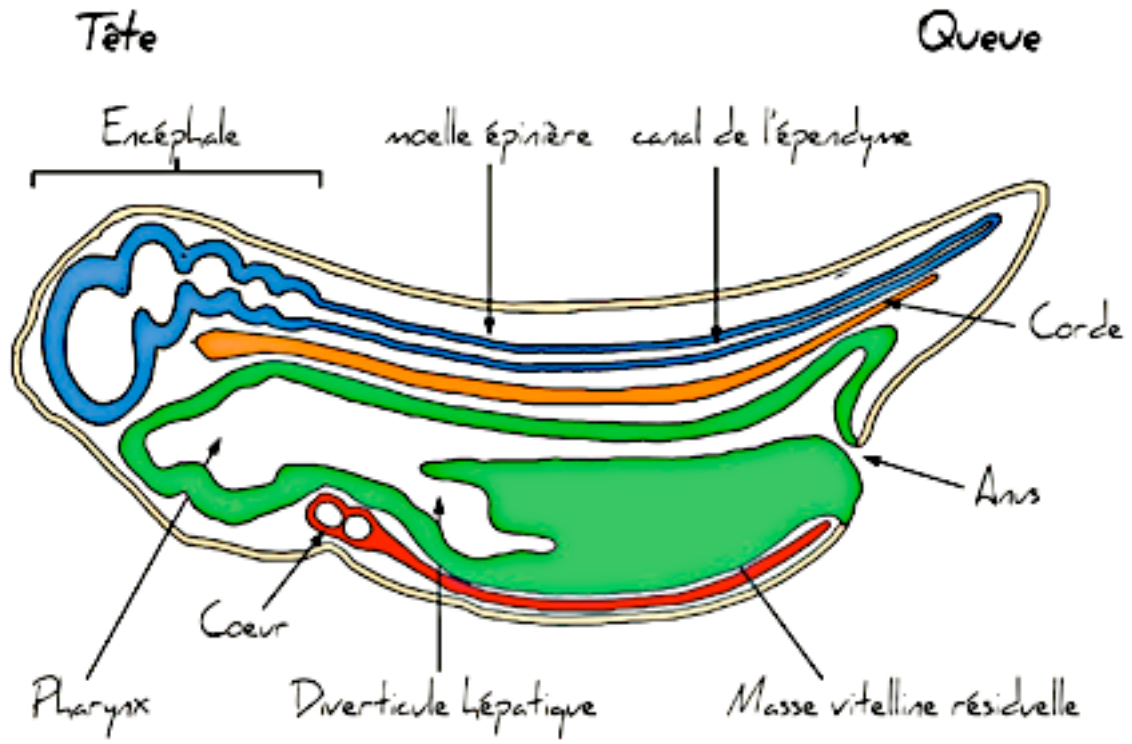
Un contrôle de 2 régions, à 2 stades temporels



Le bourgeon caudal

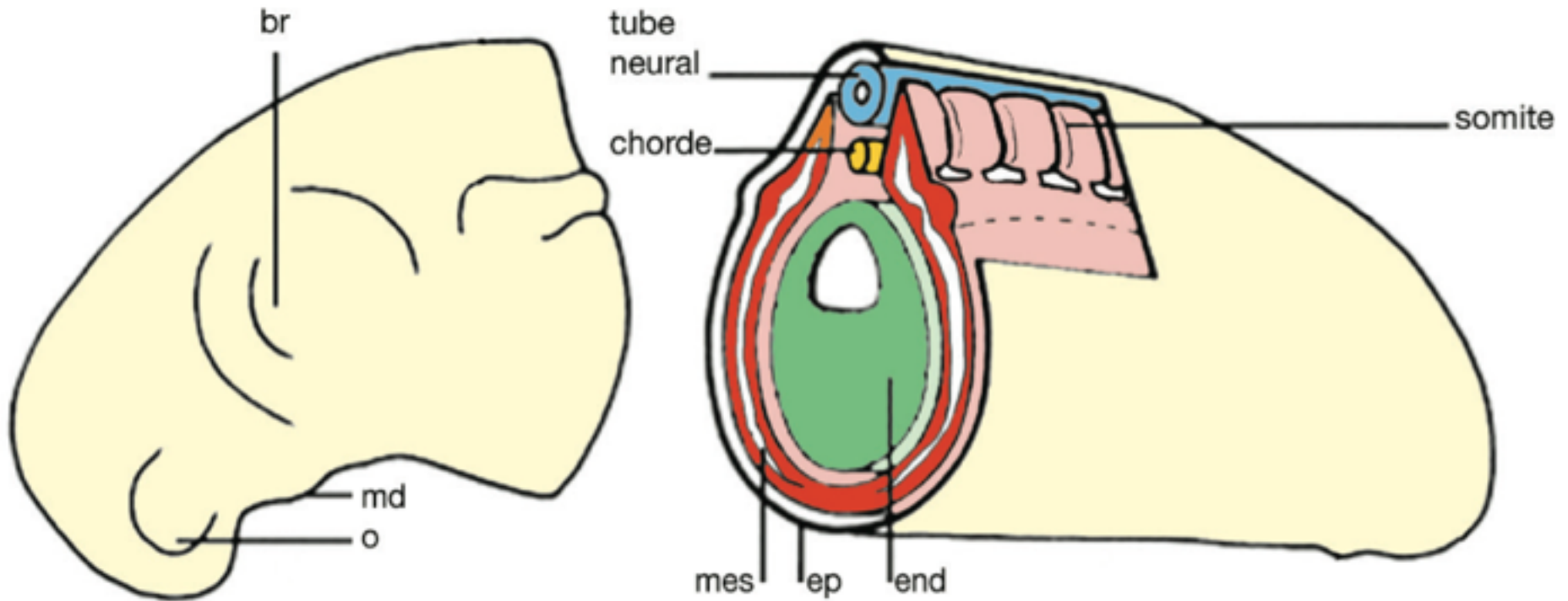


Coupe transversale



Coupe longitudinale

Le bourgeon caudal en 3D

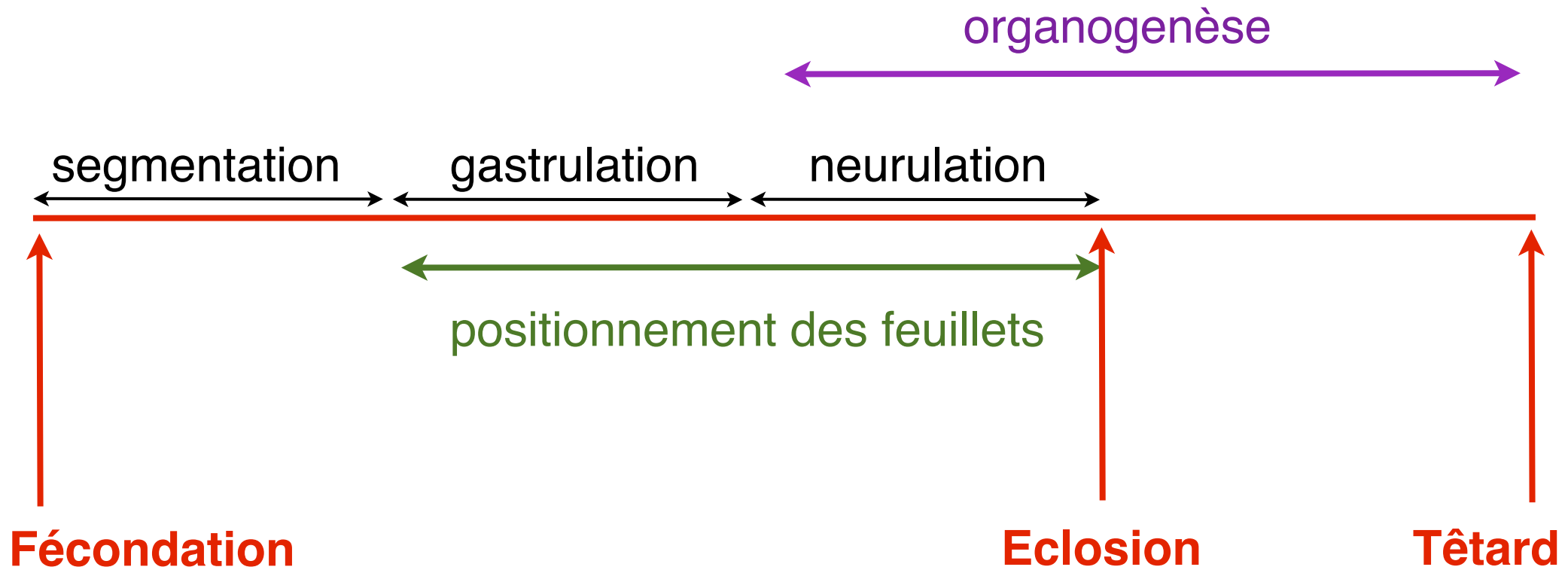


Le devenir des feuilletts

NEURULA	BOURGEON CAUDAL	ORGANES DÉFINITIFS	
EPIBLASTE	EPIDERME	Epiderme, dérivés cutanés	
	PLACODES SENSORIELLES	Dérivés sensoriels	
NEUROBLASTE	CRÊTES NEURALES	ganglions nerveux	
	PROENCÉPHALE	Télocéphale, Diencephale	
	MÉENCÉPHALE	Mésencéphale	
	RHOMBENCÉPHALE	Métencéphale, Myélocéphale	
	MÛELLE	Mœlle épinière	
MÉSODERME	AXIAL	CORDE	
	SOMITIQUE	SCLÉROTOME	Squelette axial (vertèbres)
		MYOTOME	Muscles striés
		DERMATOME	Derme
	P. INTERM ^{APRE}	PIÈCE INTERMÉDIAIRE	Appareil Uro-génital
	L. LAT ^{ALES}	SOMATOPLEURE	Appendices (= membres), Péricarde
SPLANCHNOPEURE		M. lisses, endo. et myocarde Endotheliums	
ENDODERME	APP. RESPIRATOIRE	Poumons, fentes branchiale	
	ARCHENTÉRON	Tubes digestif, glandes annexes	
Cellules germinales		Ovogonies ou spermatogonies	

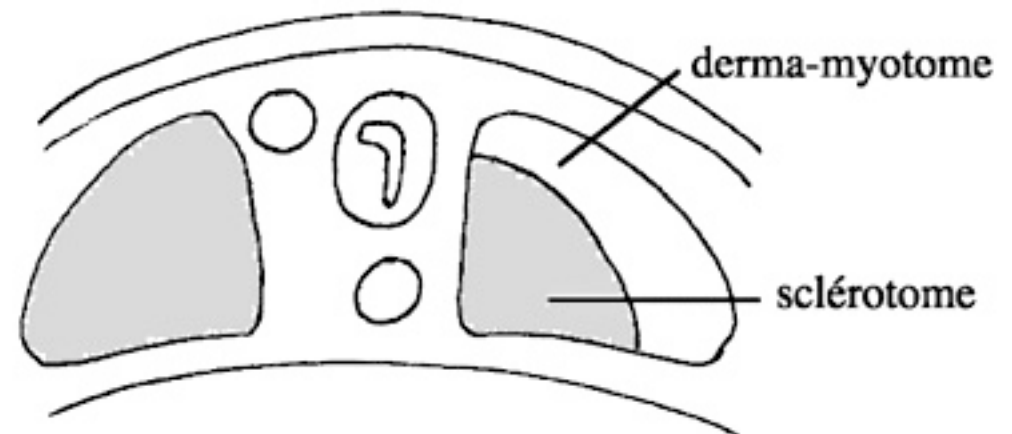
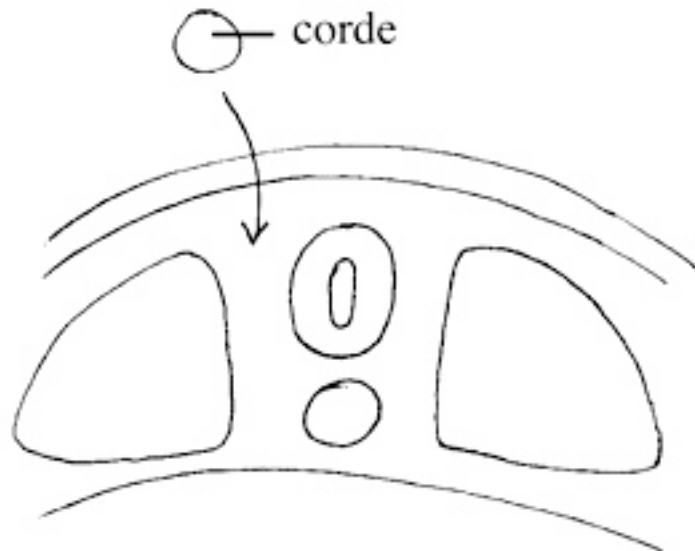
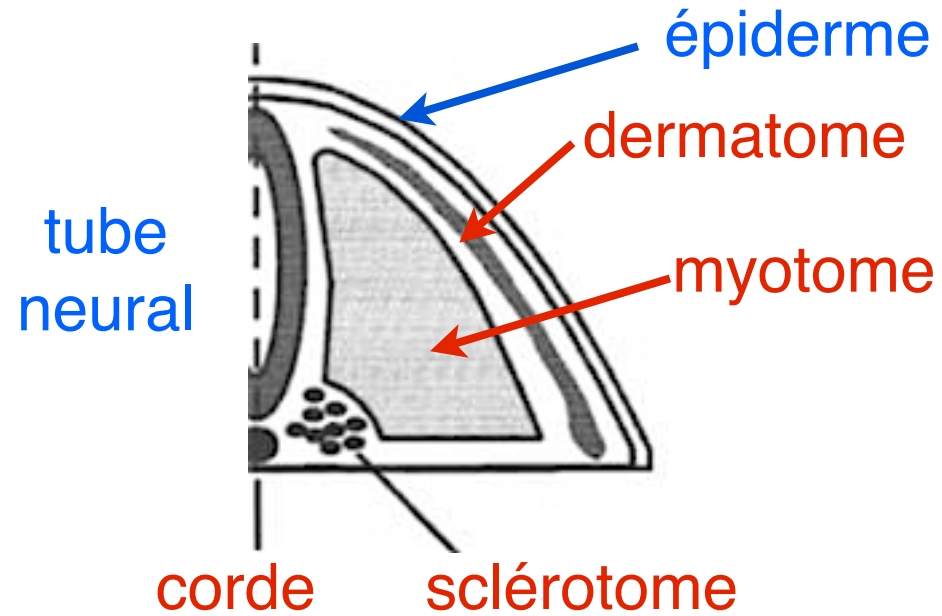
3. Poursuite de l'organogenèse : vers des tissus fonctionnels

Grandes étapes

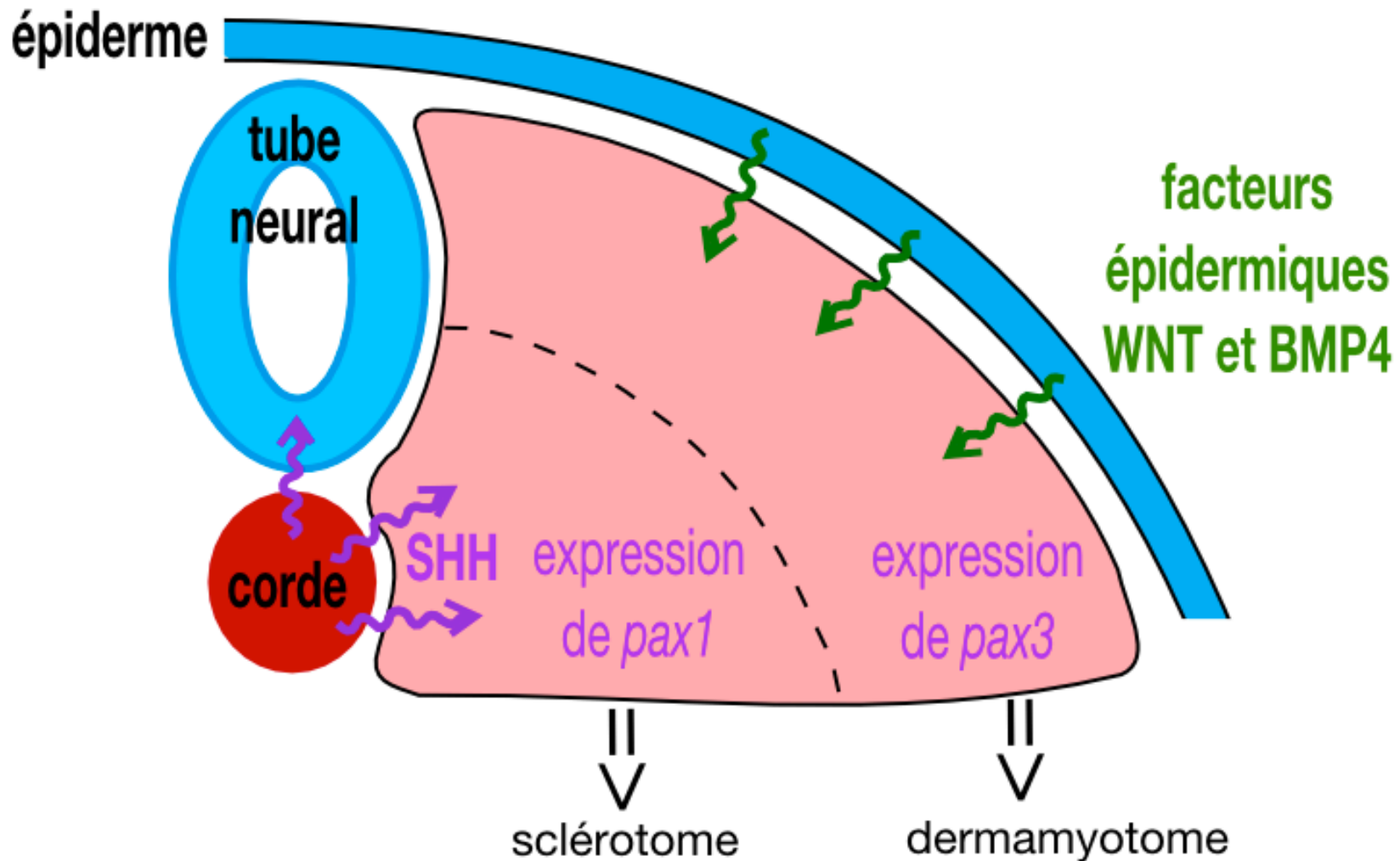


Expérience de greffe de corde

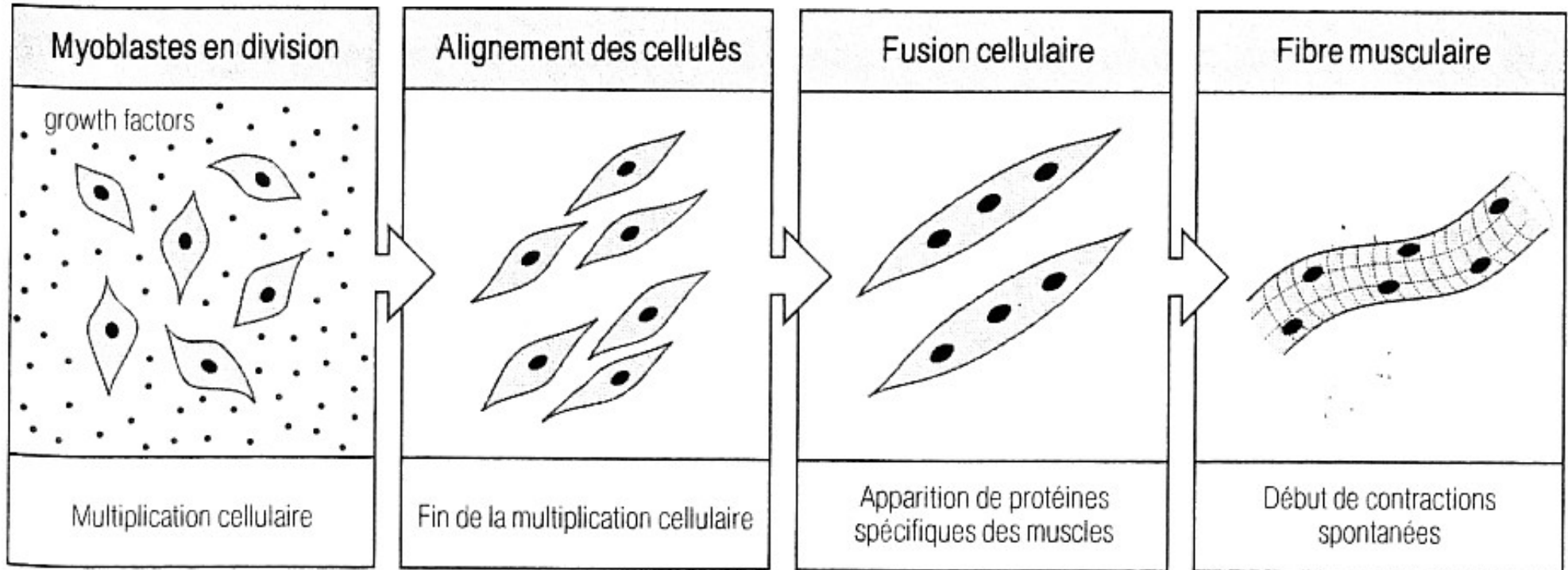
Témoin
le somite se scinde
en 3 territoires



Une expression génétique différenciée

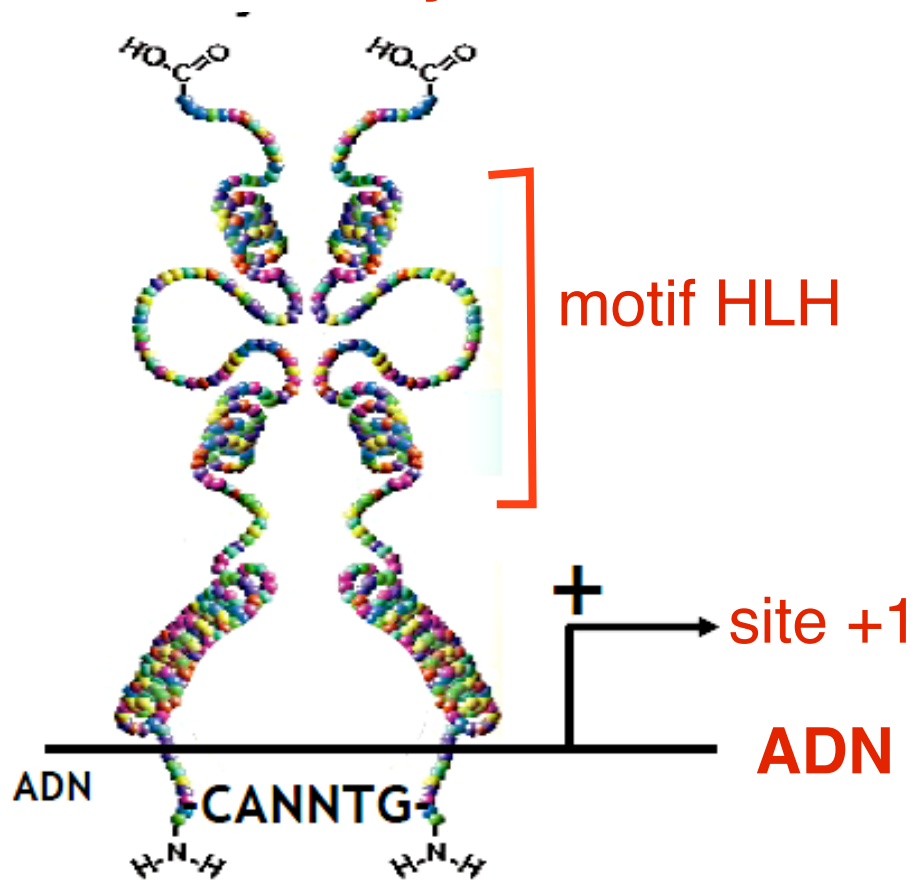


Evolution des myoblastes



La protéine myoD, un facteur de transcription

dimère de MyoD

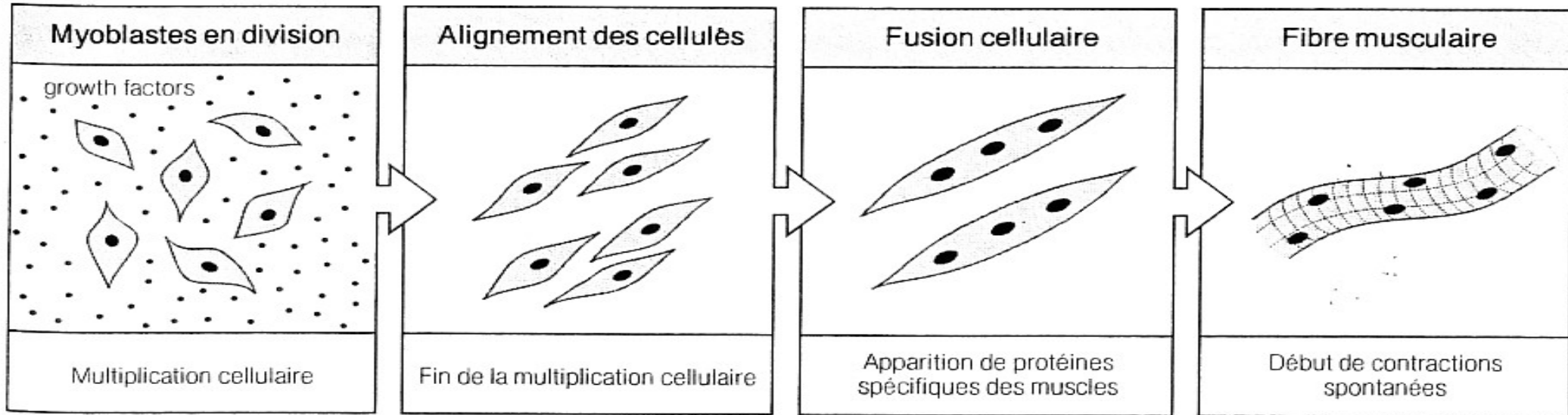


**MyoD se lie au promoteur E
proche de la boîte TATA et
active la transcription**

Promoteur - Boîte E

➔ gènes spécifiques des cellules musculaires

Modèle de différenciation



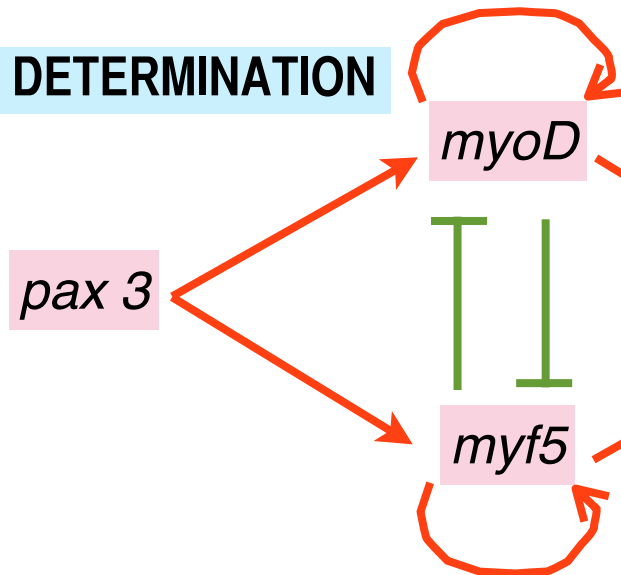
précurseurs

myoblastes

cellules plurinucléées

fibre musculaire

DETERMINATION



DIFFERENCIATION

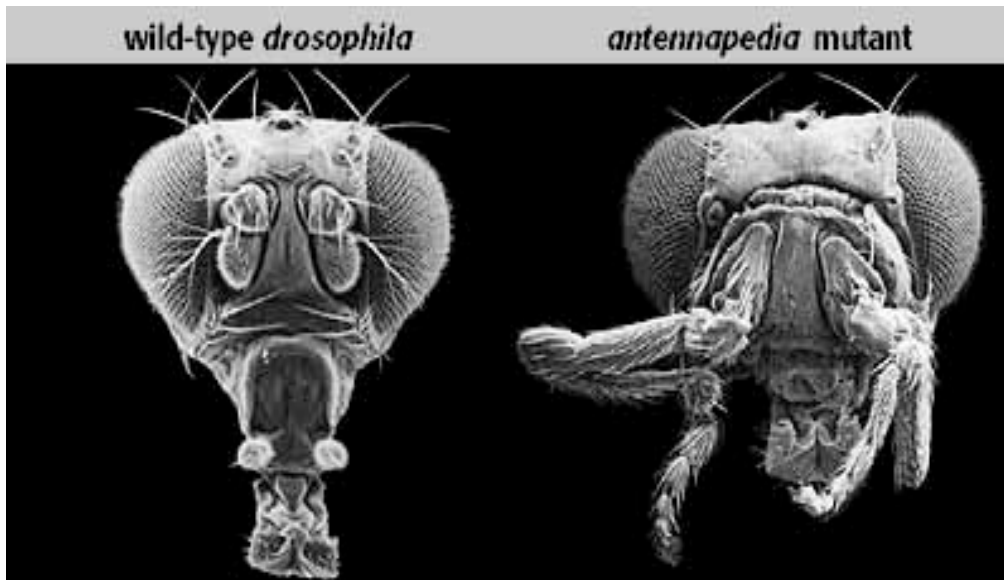


Les gènes du développement



Leur mutation induit une anomalie du développement

Mutation *antennapedia*



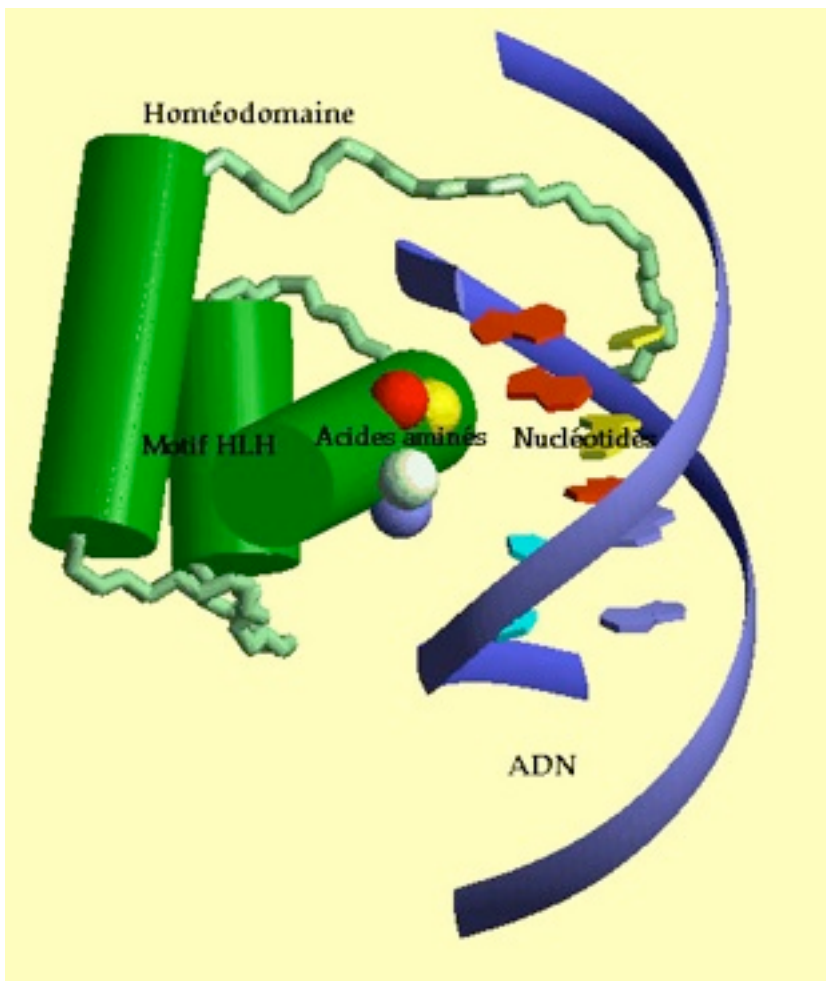
Des pattes à la place des antennes...

Mutation *bithorax*



Le 3^{ème} segment du thorax est remplacé par un 2^{ème} segment

Les homéoprotéines



Une homéoprotéine contient un homéodomaine = séquence de 60 acides aminés dont la conformation tridimensionnelle reconnaît spécifiquement des régions régulatrices de certains gènes.

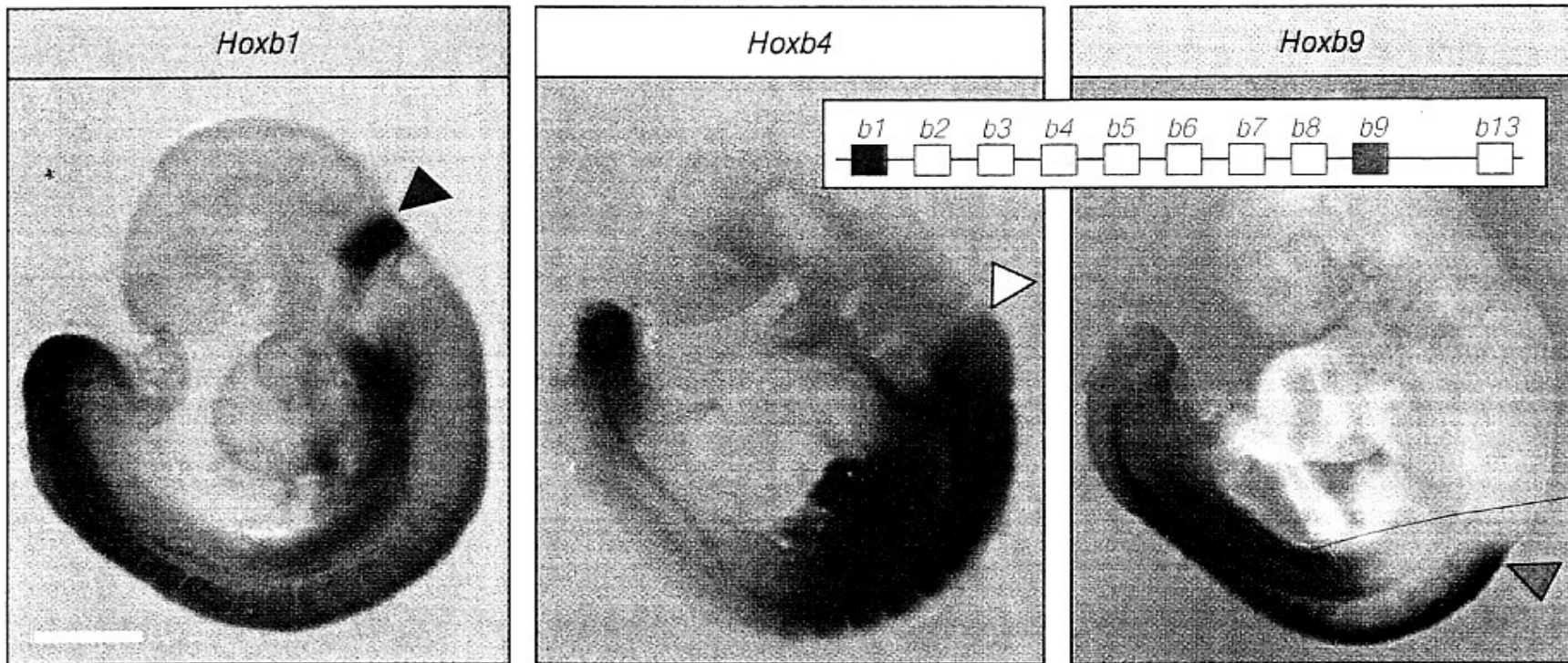
La structure de l'homéodomaine est un motif **HLH** .

Motif HLH = domaine d'interaction avec l'ADN
il s'insère dans le sillon de la double hélice de l'ADN au niveau d'une séquence TAAT et contribue à ouvrir celle-ci pour la rendre transcriptionnellement active.

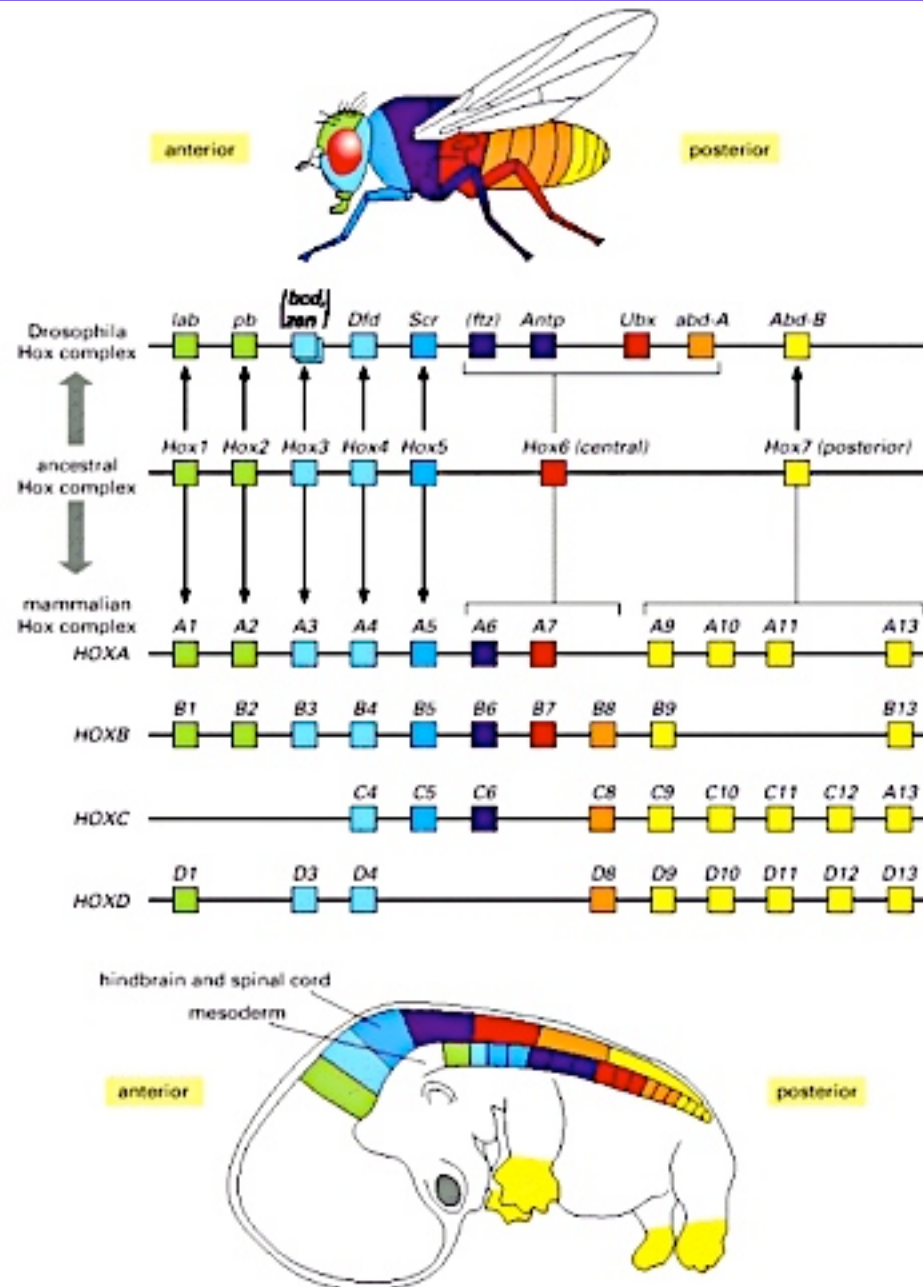
L'homéodomaine est très conservé au cours de l'évolution et commun à toute les homéoprotéines. Son degré de conservation est de l'ordre de 90%.

Les gènes hox

- ★ Spécification de l'identité de chaque somite selon sa position sur l'axe antéro-postérieur

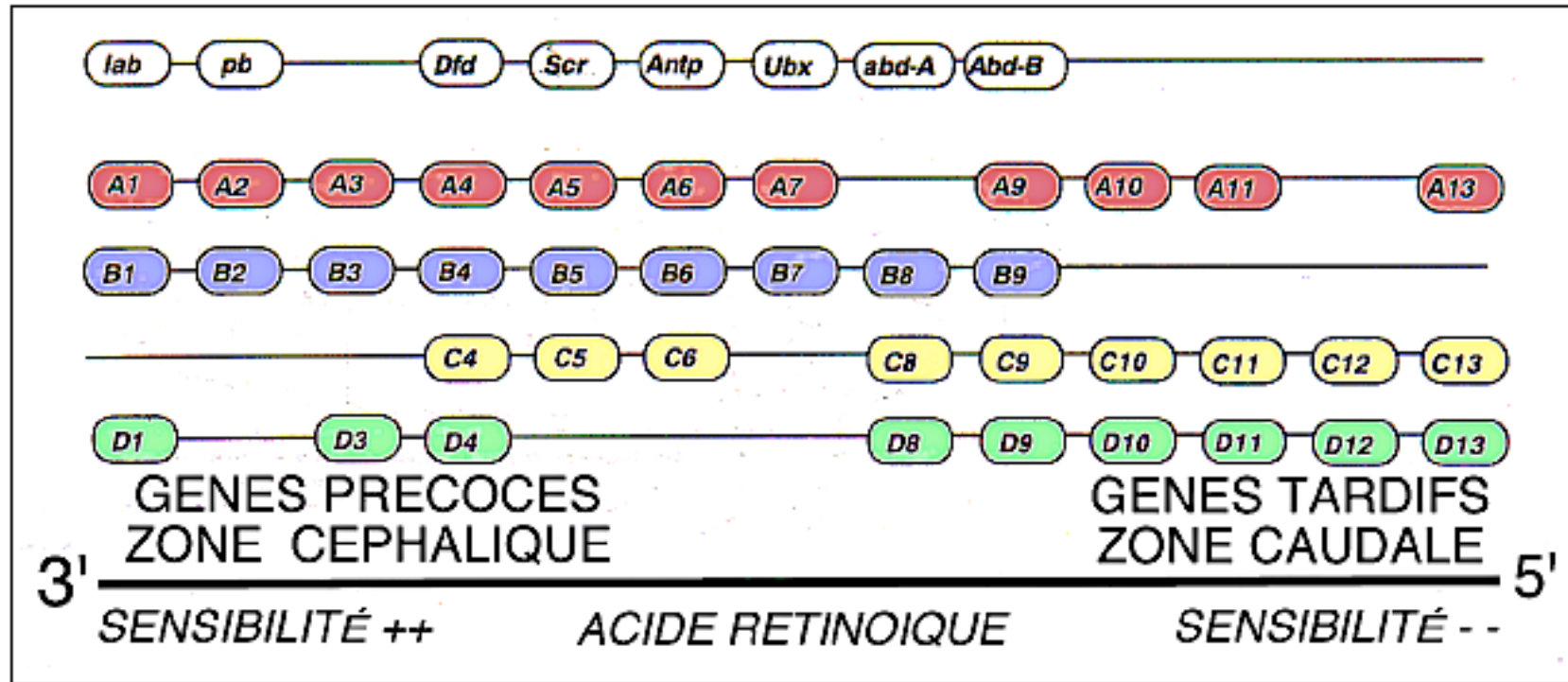


Un mécanisme et des gènes très conservés



Expression des gènes hox selon la position

Sous l'effet d'un gradient d'acide rétinoïque



très sensible à
l'acide rétinoïque

peu sensible à
l'acide rétinoïque

Exemple simplifié de l'identité des somites

Hox B : expression dans le sclérotome des somites



très sensible à
l'acide rétinoïque (AR)

peu sensible à
l'acide rétinoïque

Individualisation des somites de l'avant vers l'arrière de l'embryon

Exemple simplifié de l'identité des somites

Hox B : expression dans le sclérotome des somites



très sensible à
l'acide rétinoïque (AR)

peu sensible à
l'acide rétinoïque

Individualisation des somites de l'avant vers l'arrière de l'embryon

1) Faible [AR] => *B1* seul
s'exprime dans le somite 1



mésoderme somitique non encore segmenté

1^{er} somite individualisé,
antérieur

Exemple simplifié de l'identité des somites

Hox B : expression dans le sclérotome des somites



très sensible à
l'acide rétinoïque (AR)

peu sensible à
l'acide rétinoïque

Individualisation des somites de l'avant vers l'arrière de l'embryon

1) Faible [AR] => *B1* seul
s'exprime dans le somite 1



2) [AR] ↗ => *B1* et *B2* s'expriment
quand se forme le somite 2



le deuxième somite est segmenté
et se détermine ; le premier est
déterminé et n'est plus compétent

Exemple simplifié de l'identité des somites

Hox B : expression dans le sclérotome des somites



très sensible à
l'acide rétinoïque (AR)

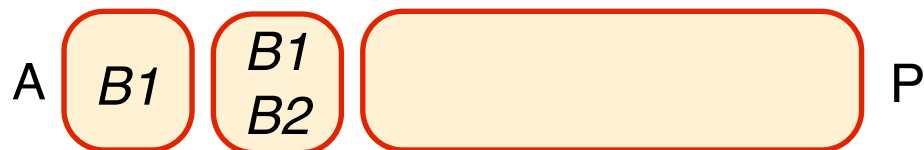
peu sensible à
l'acide rétinoïque

Individualisation des somites de l'avant vers l'arrière de l'embryon

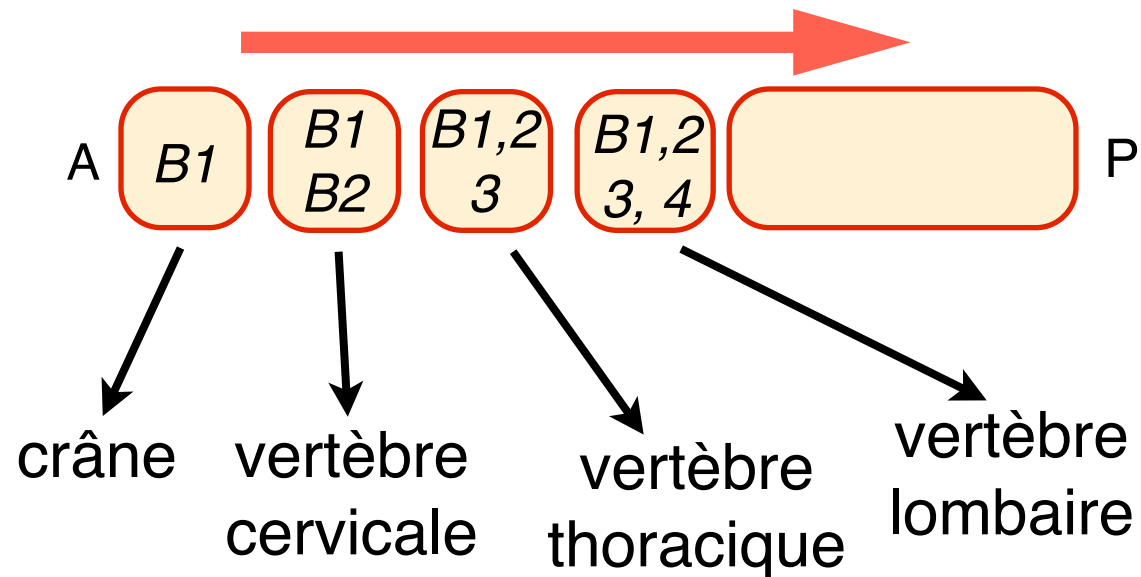
1) Faible [AR] => *B1* seul
s'exprime dans le somite 1



2) [AR] ↑ => *B1* et *B2* s'expriment
quand se forme le somite 2



Puis [AR] ↑ => combinaisons de
plus en plus de gènes *B*



Conclusion

Les étapes du développement embryonnaire

- acquisition de l'état pluricellulaire : cellules issus du zygote par mitose, ayant toutes le même génome ;
- acquisition des territoires orientés : feuilletts déterminés selon leur position ;
- établissement du plan de base de l'organisme : les territoires, organes et tissus spécialisés occupent une place spécifique dans le plan d'organisation ;
- acquisition d'une identité de chaque cellule selon sa position grâce aux homéogènes qui s'expriment ;
- différenciation en tissus fonctionnels.