

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

*Partie IID - Ontogenèse et reproduction*

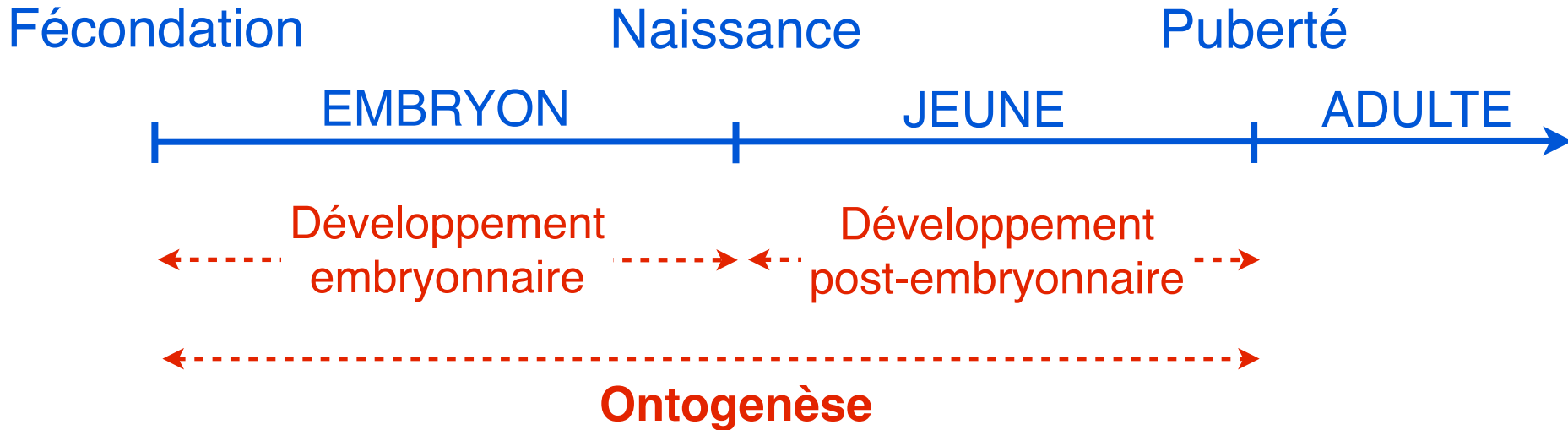
# **Chapitre 2**

## **Le développement d'un organisme animal**

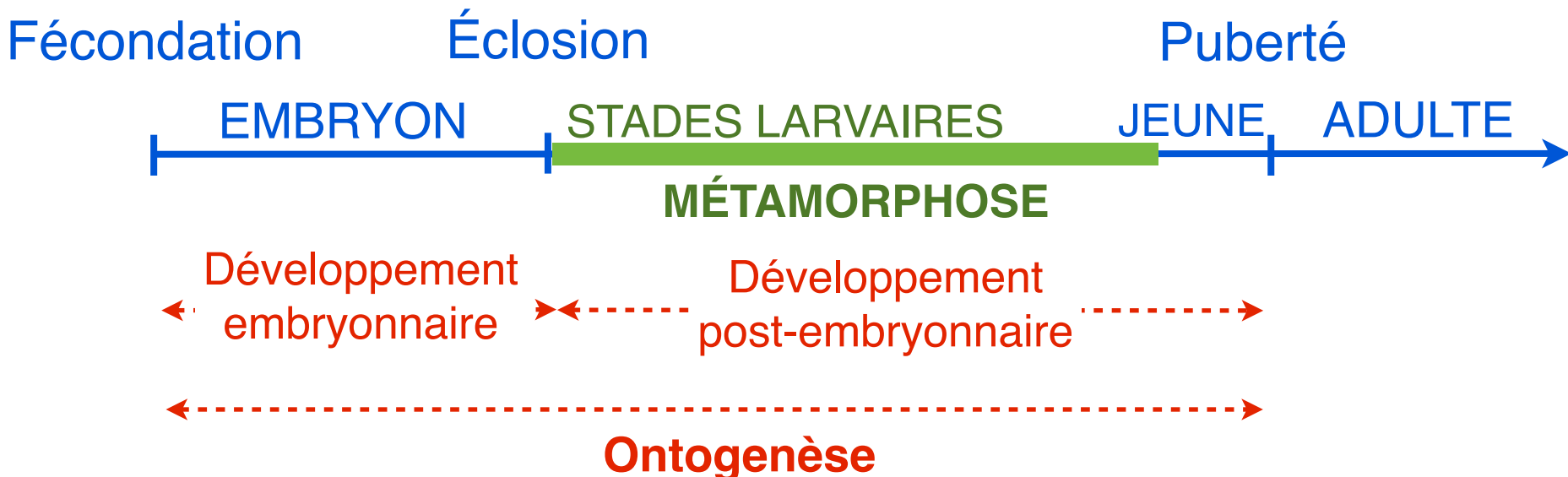
# Développements direct et indirect



## Vache : développement direct

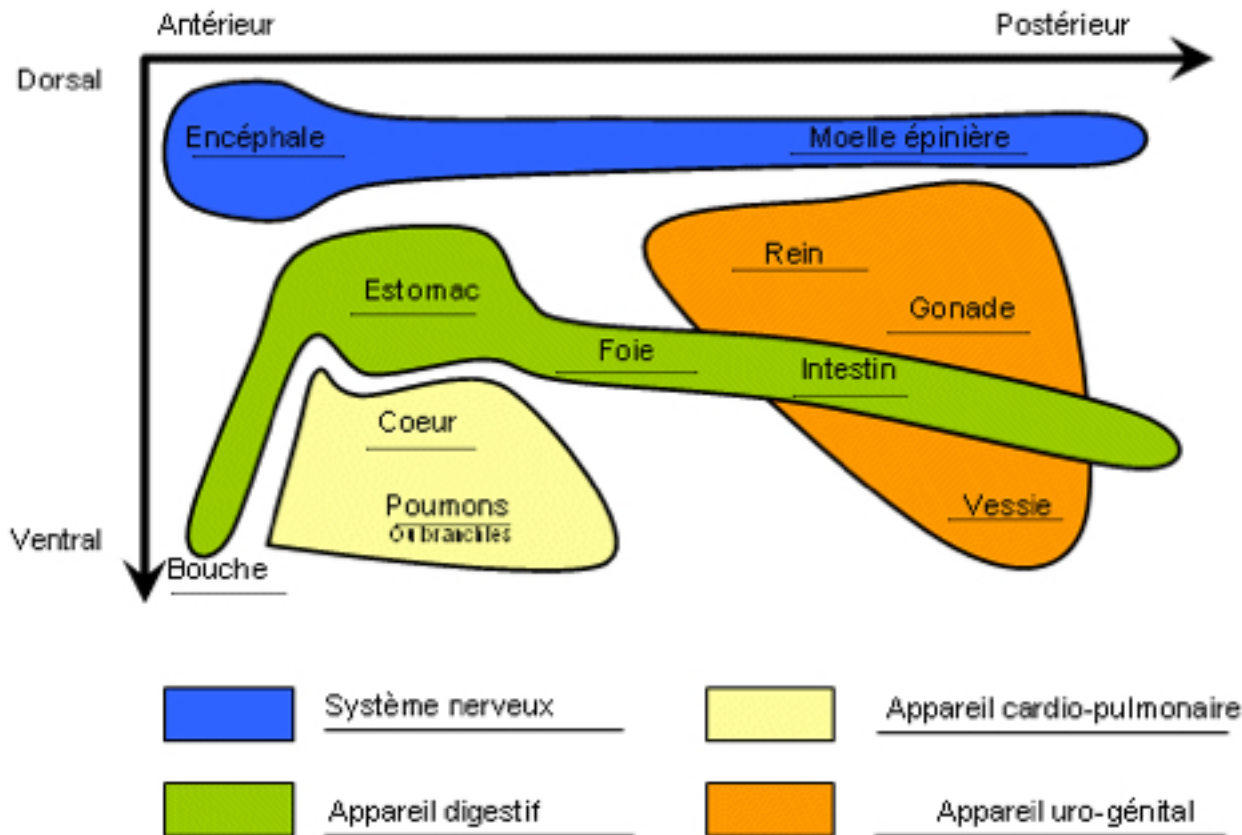


## Grenouille : développement indirect



# Plan d'organisation d'un Vertébré

## Rappel du lycée

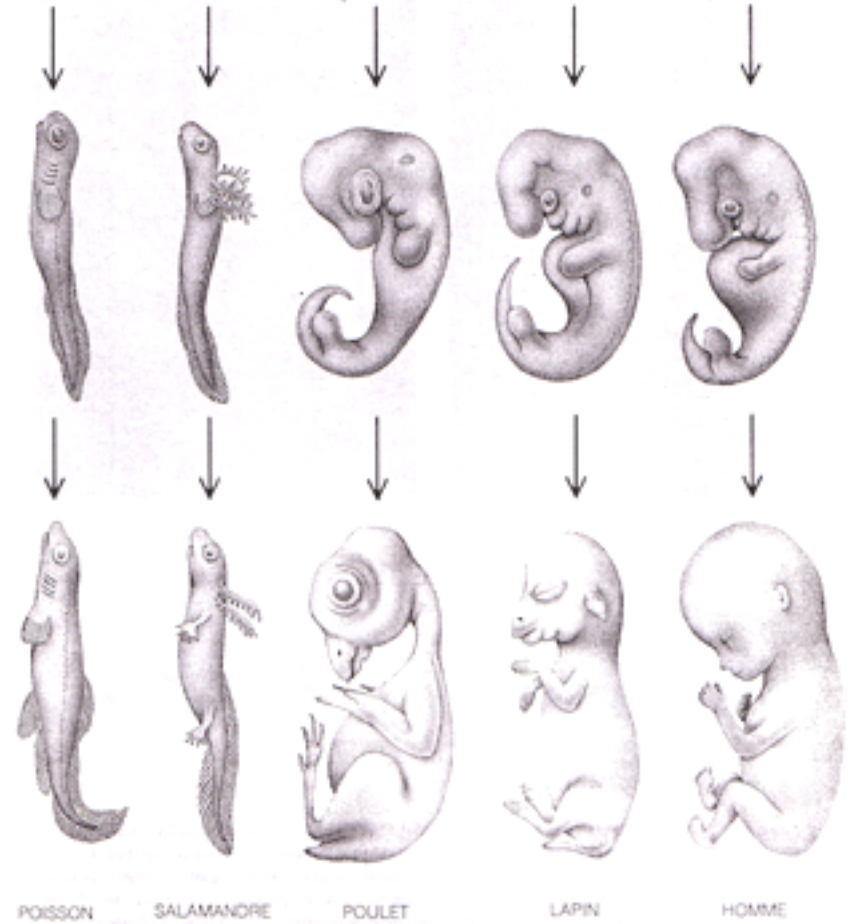
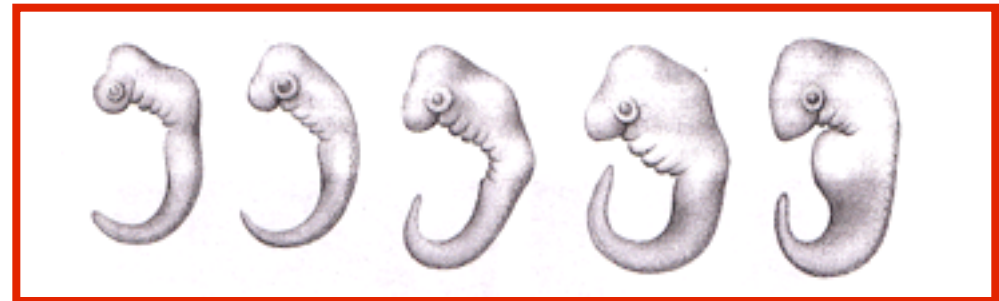
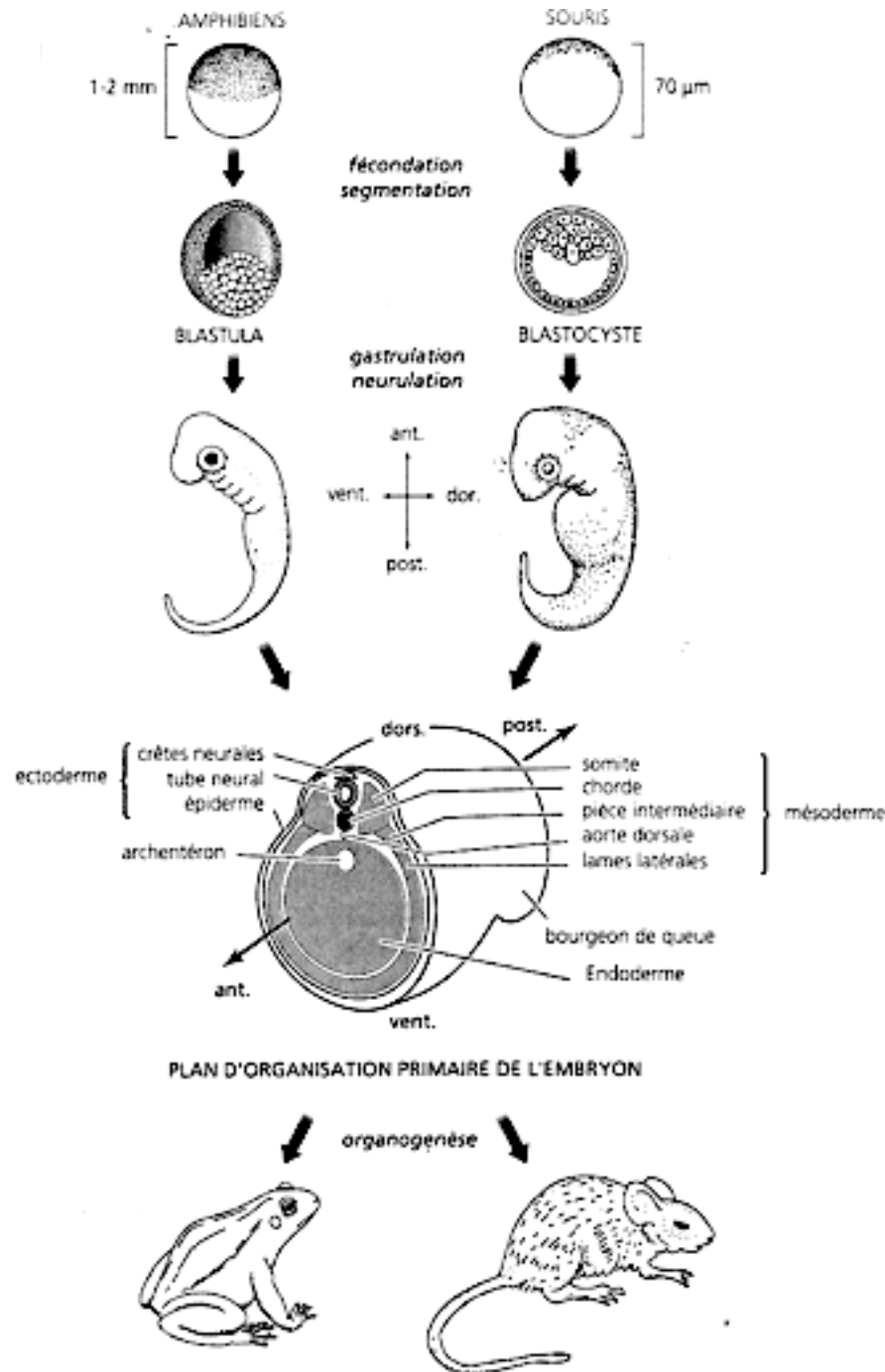


Plan d'organisation interne des vertébrés

3 axes et des organes disposés selon ces axes

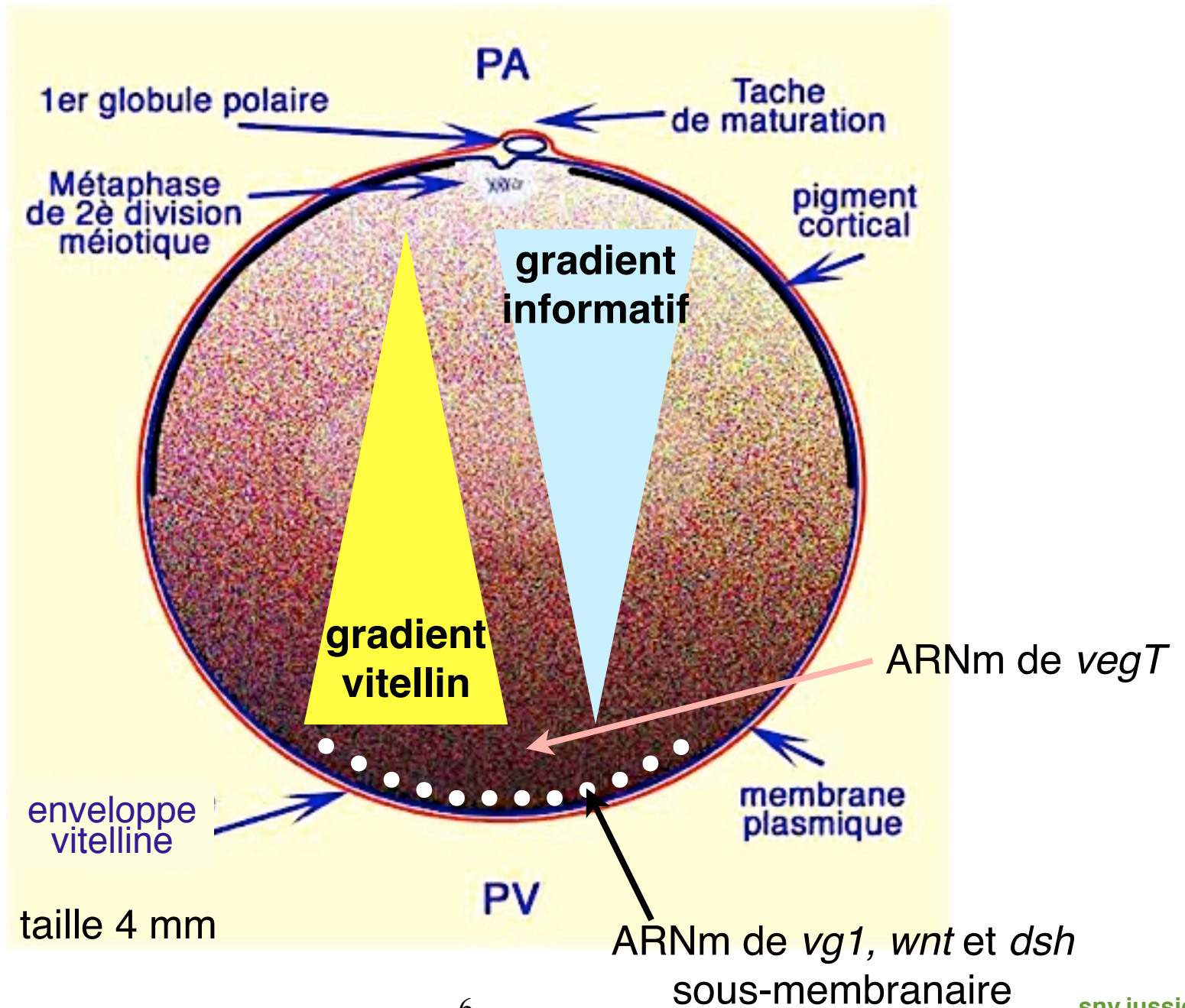
# Le plan d'organisation primaire des Vertébrés

Une unité chez les Vertébrés :  
le stade bourgeon caudal



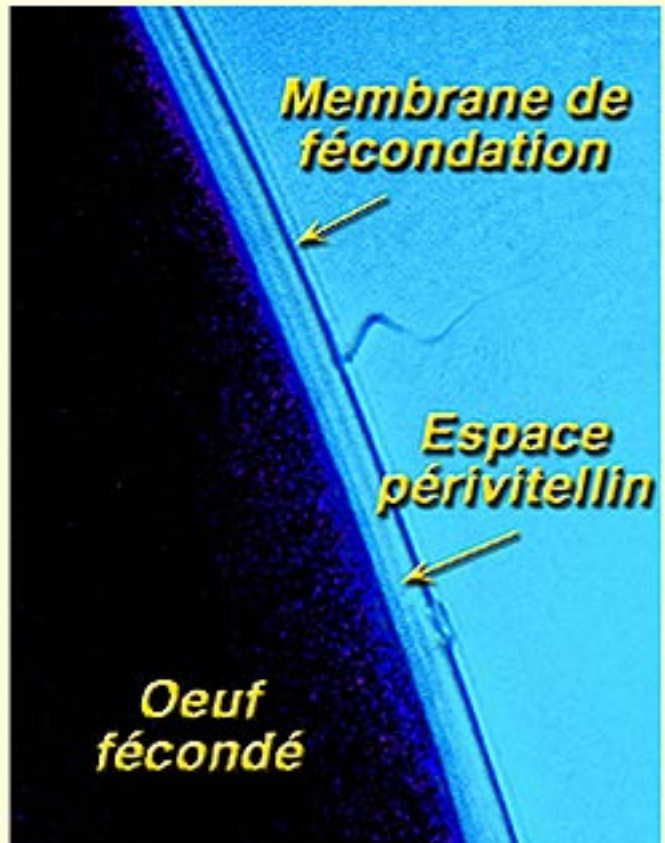
# **1. La segmentation : vers un individu pluricellulaire polarisé**

# L'ovocyte II de Xénope



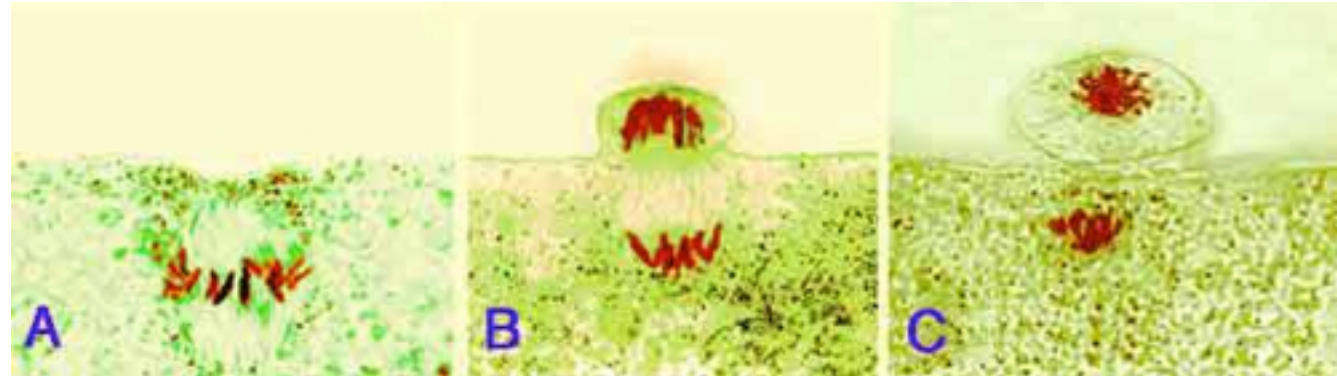
# La fécondation

## Arrivée du spermatozoïde : conséquences

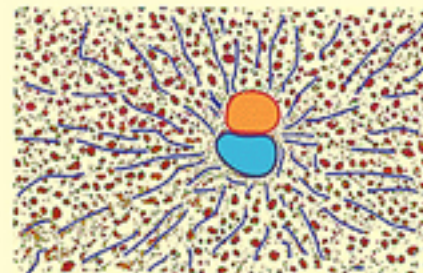
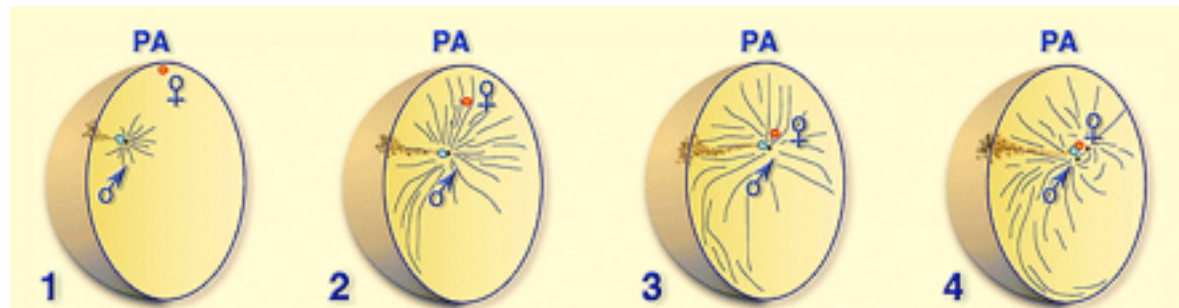


### Décollement de l'enveloppe vitelline

enveloppe vitelline devient membrane de fécondation



### Fin de méiose pour l'ovocyte II



### Caryogamie

# La rotation d'équilibration

Le décollement de l'enveloppe vitelline induit une rééquilibration selon la pesanteur



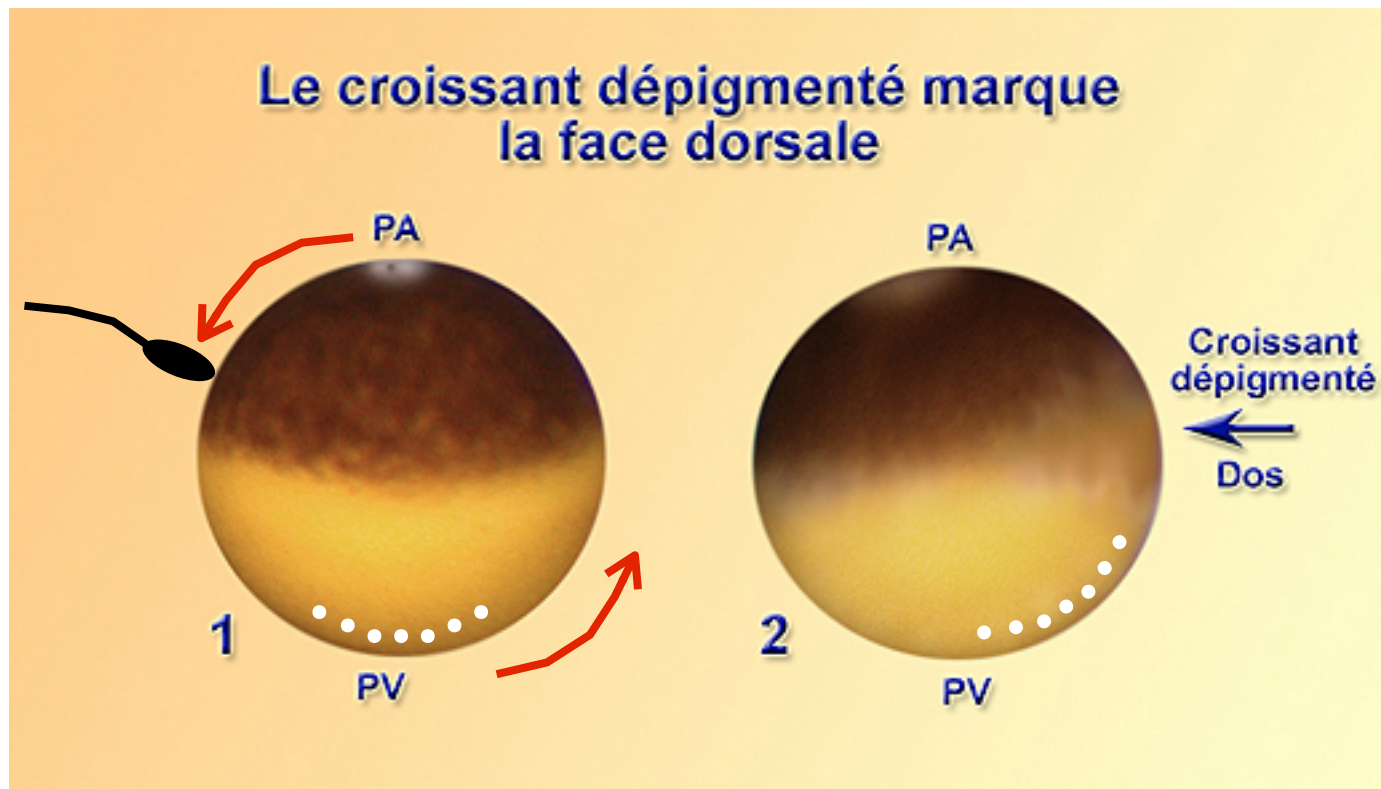
Orientation aléatoire avant fécondation

Cellules-œufs après rotation d'équilibration





# La rotation corticale

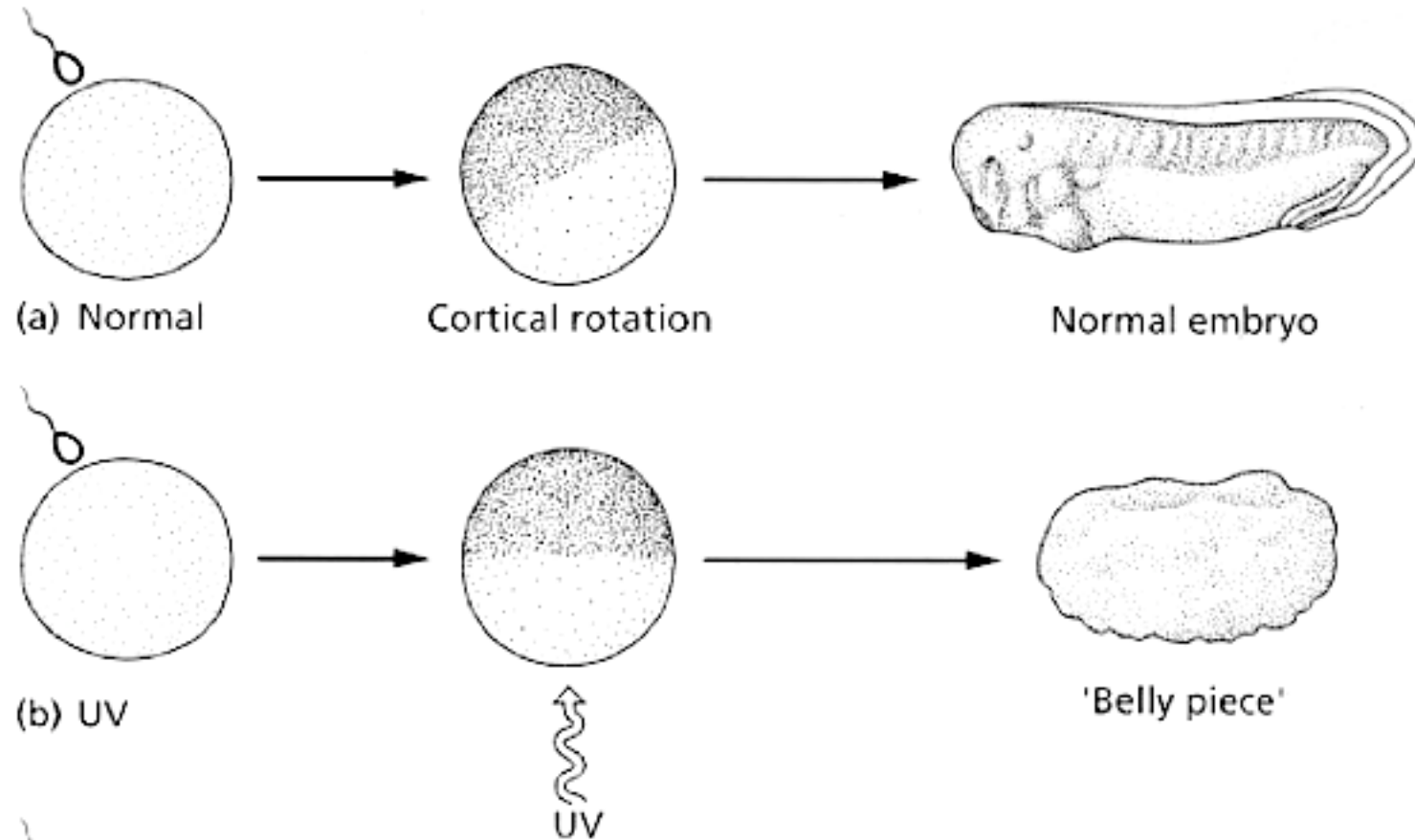


basculement de  $30^\circ$  du cytosol sous-membranaire

=> zone pigmentée déplacée de  $30^\circ$  laissant un croissant gris

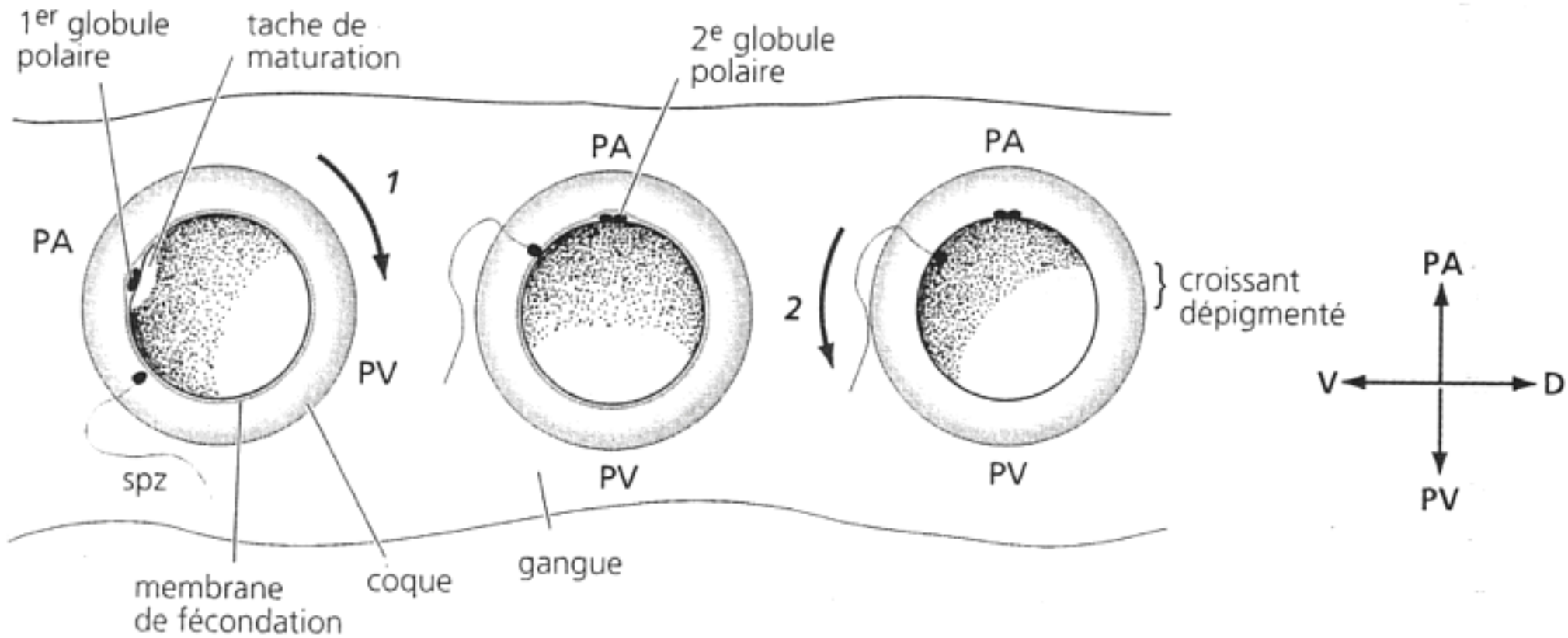
=> les ARNm de *vg1*, *wnt*, *dsh* se concentrent dans le futur dos

# Approche expérimentale



Les rayons UV empêchent la rotation corticale

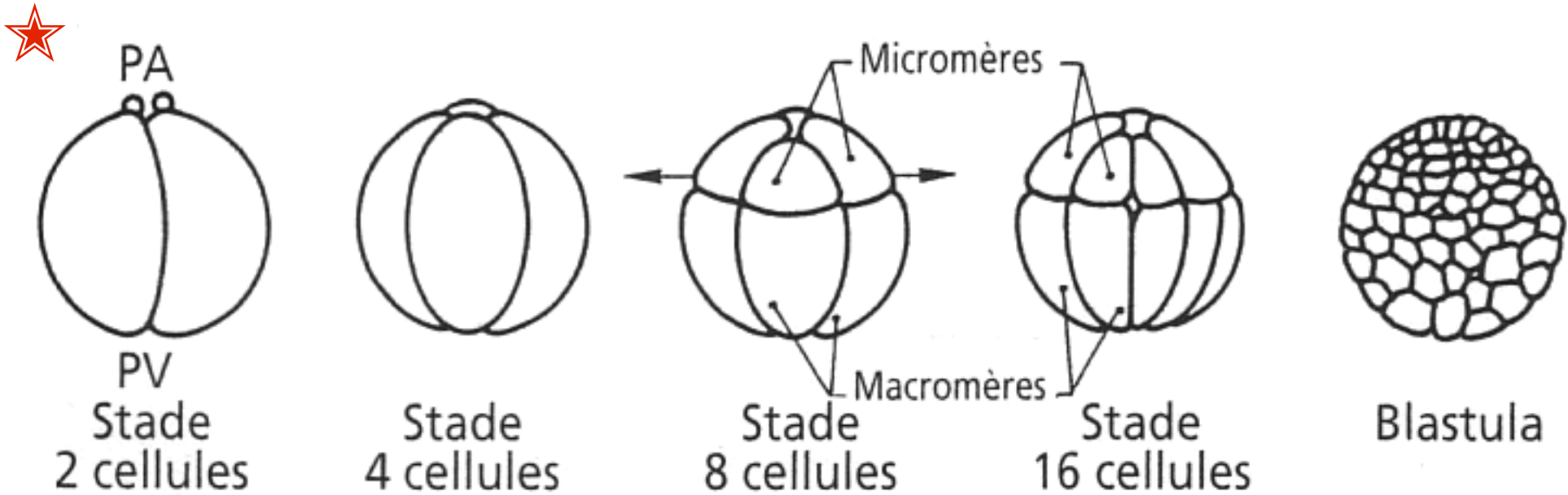
# Bilan : les deux rotations



rotation  
d'équilibration

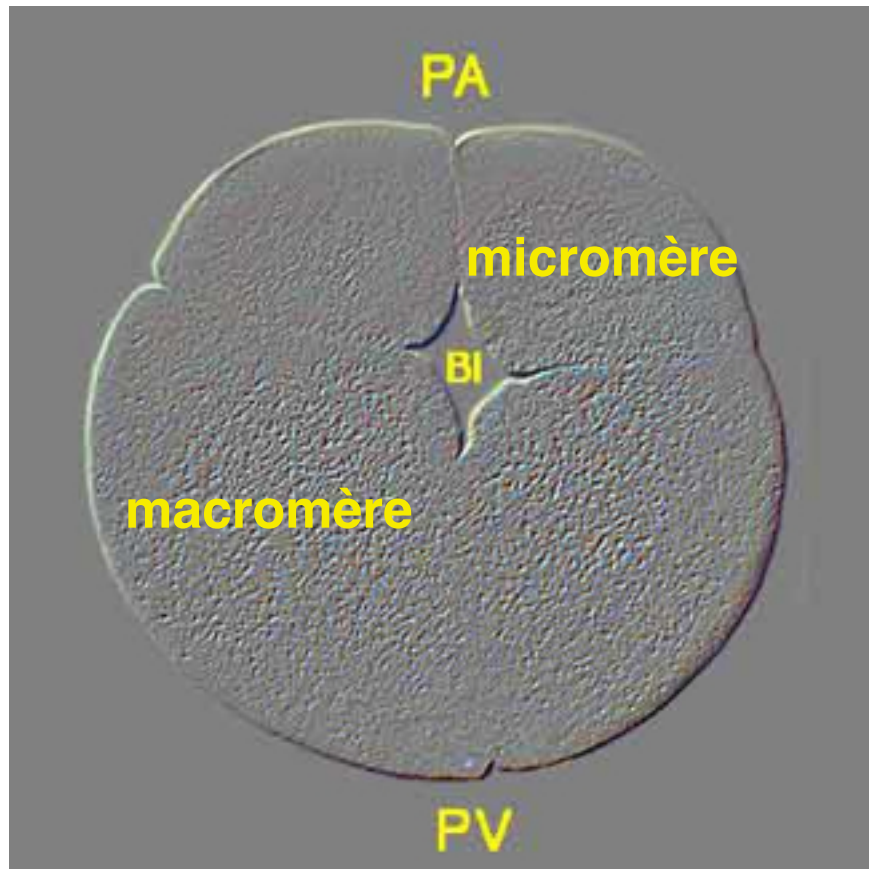
rotation  
corticale

# La segmentation

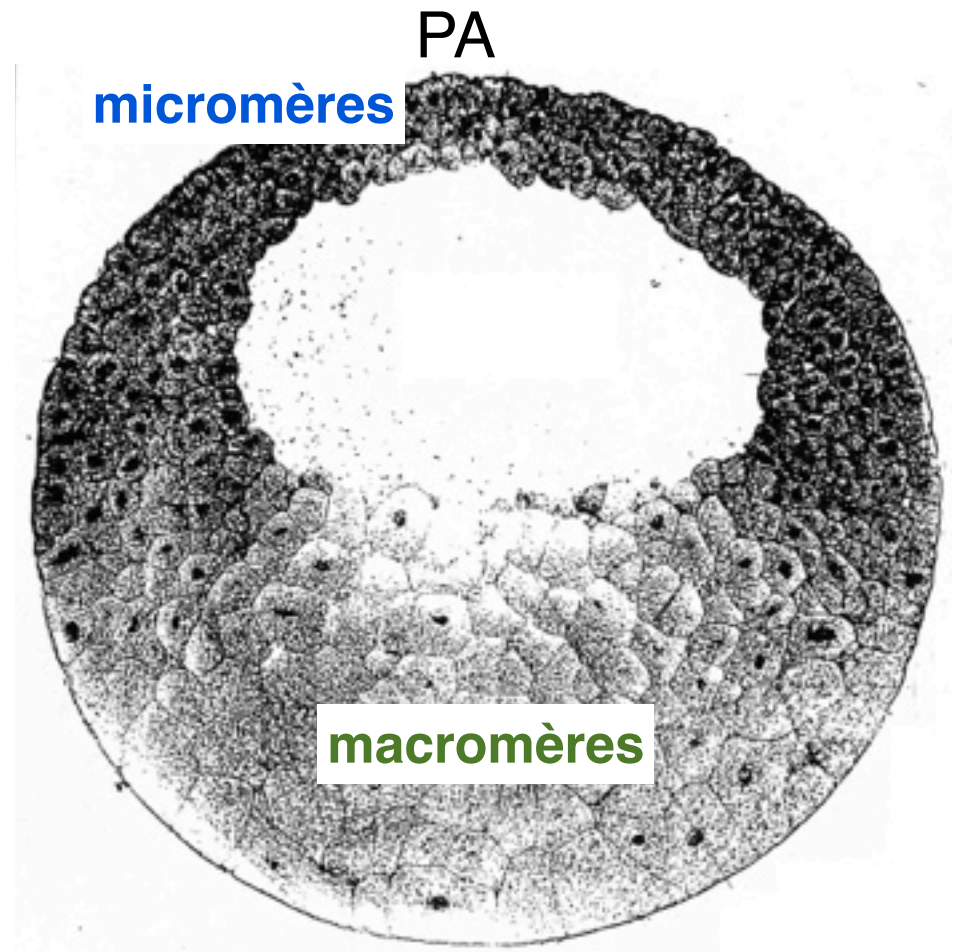


**Les stades morulas : 2 à 128 cellules**

# Le blastocèle = blastocœle



Apparition d'un décollement  
dès le stade 8 cellules



PV  
Blastocœle en fin de  
segmentation

# La segmentation



6 cycles réduits S-M

5 cycles réduits S-M

à partir du 12<sup>ème</sup> cycle: G1-S-G2-M

MORULA

apparition du blastocœle

BLASTULA

transition blastuléenne

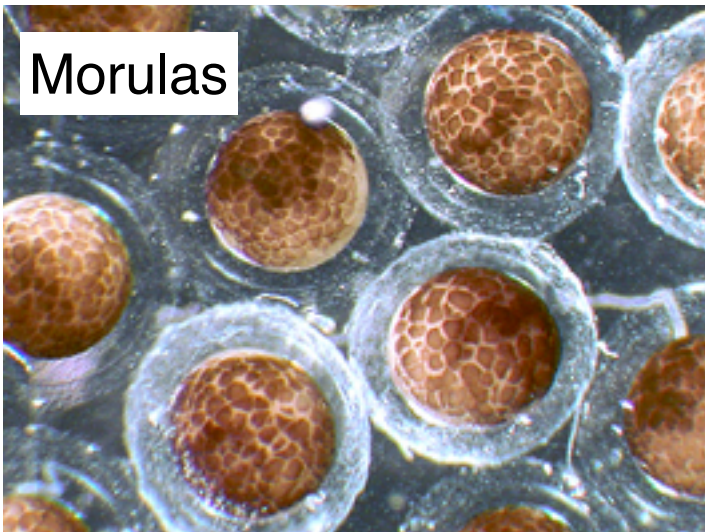
Cellule-œuf



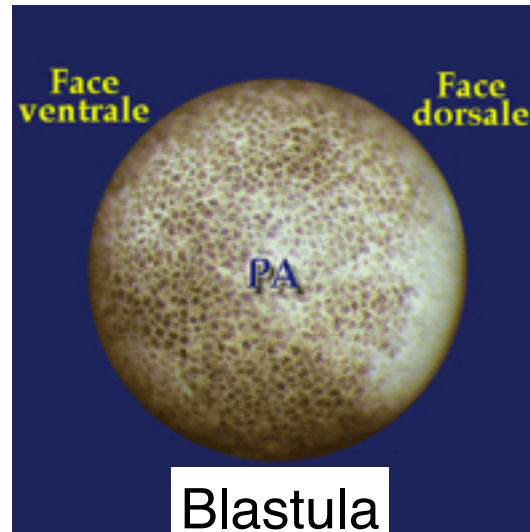
stade 128 cellules

les gènes de l'embryon commencent à s'exprimer

stade 2 048 cellules

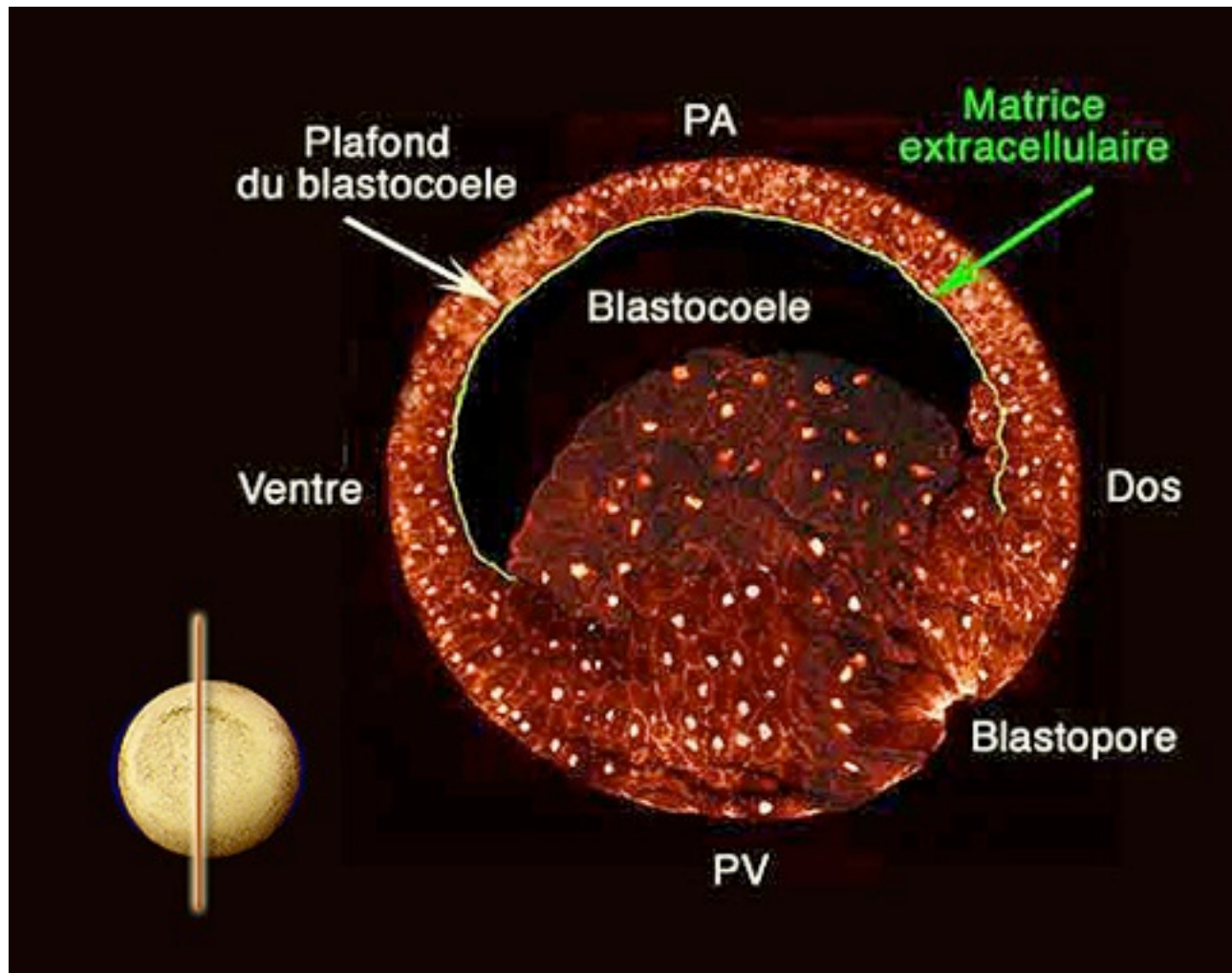


Morulas

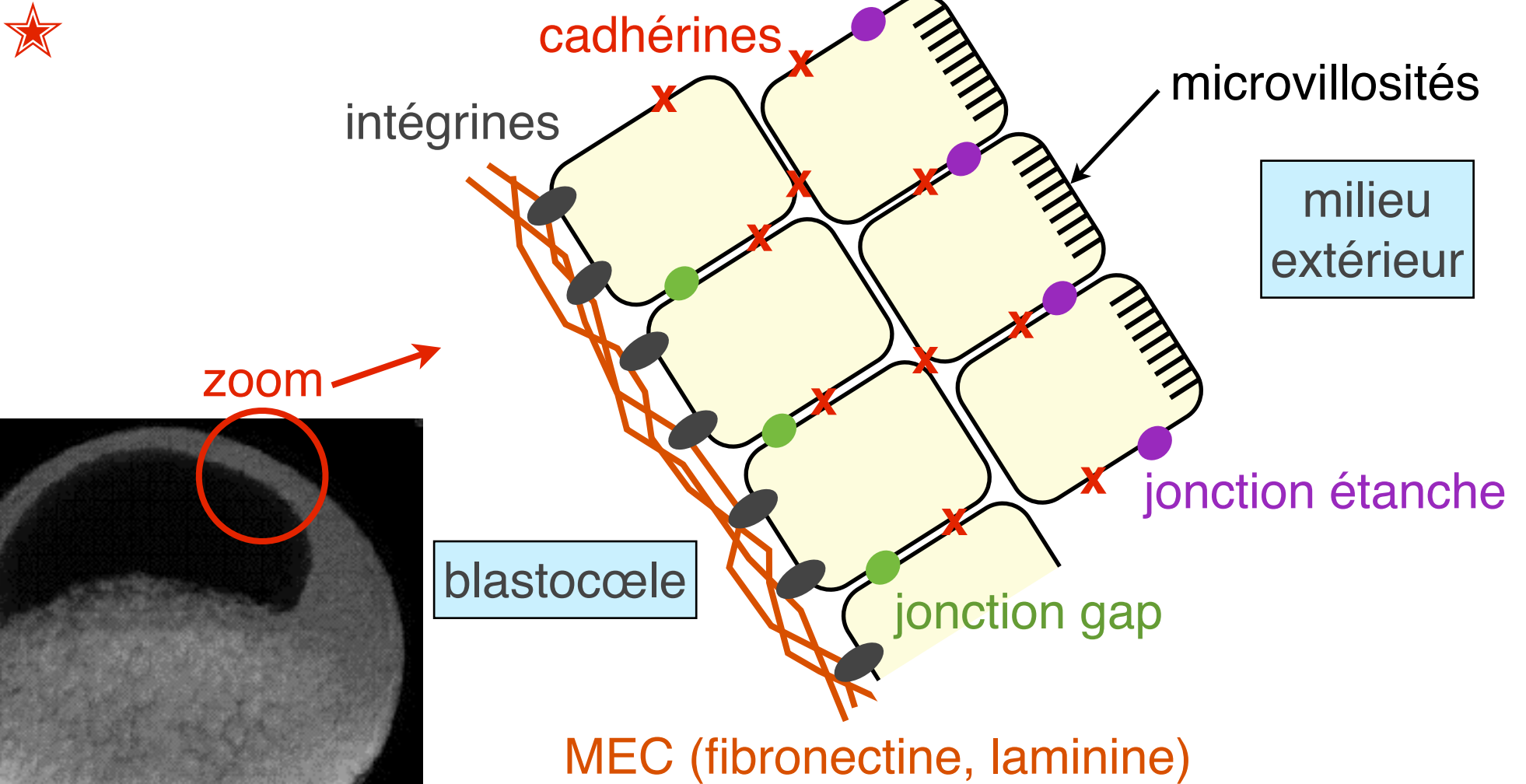


Blastula

# Blastula et matrice extra-cellulaire



# Une matrice extracellulaire



## Détail des micromères

2 ou 3 couches de cellules selon l'espèce



# Les 3 feuillets fondateurs

**Feuillet embryonnaire = assise de cellules à l'origine d'un groupe de tissus de l'animal**

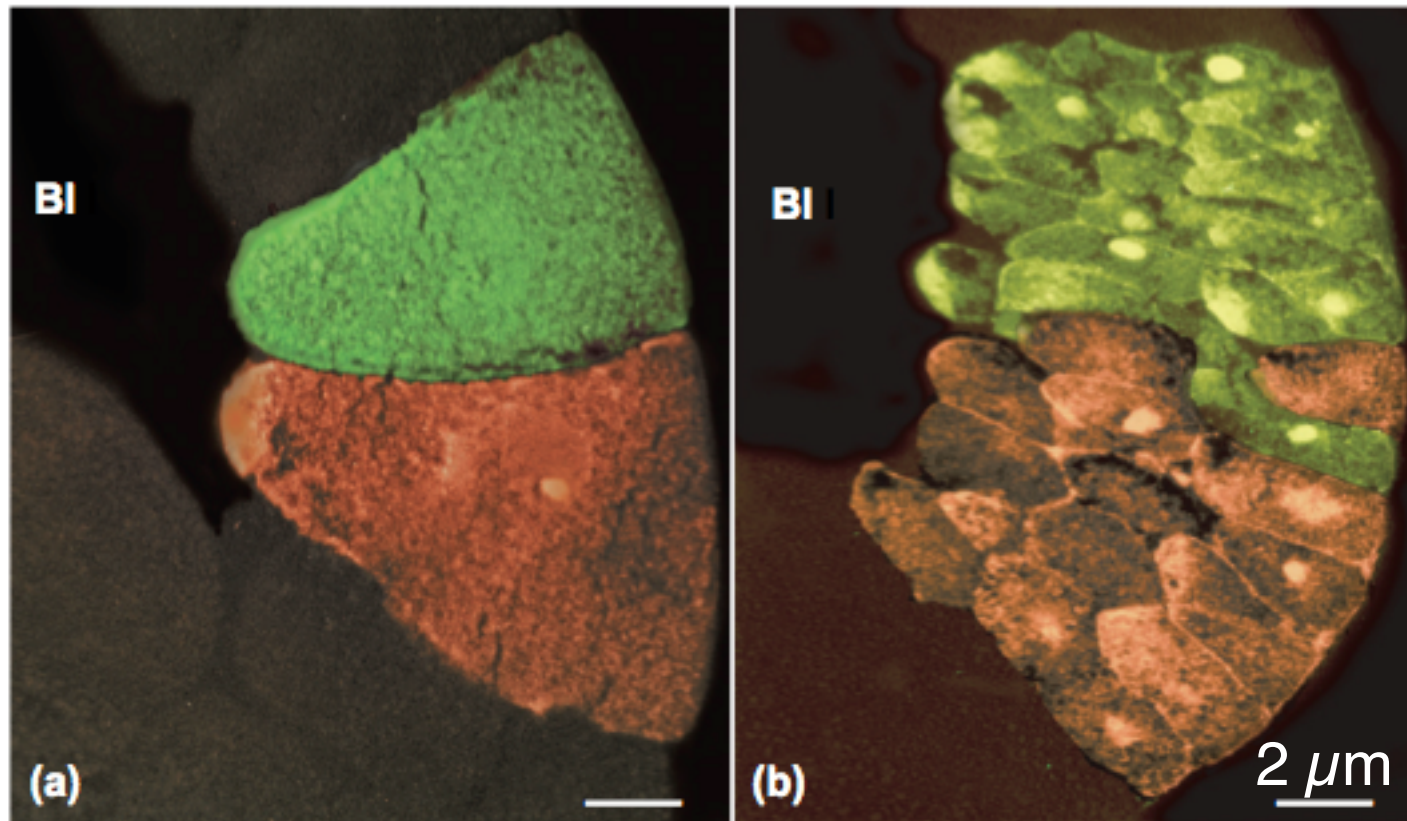
**Ectoderme = épiderme et système nerveux**

**Mésoderme = muscles, reins, cœur, sang...**

**Endoderme = appareil digestif, poumons, vessie**

# Carte des territoires présomptifs

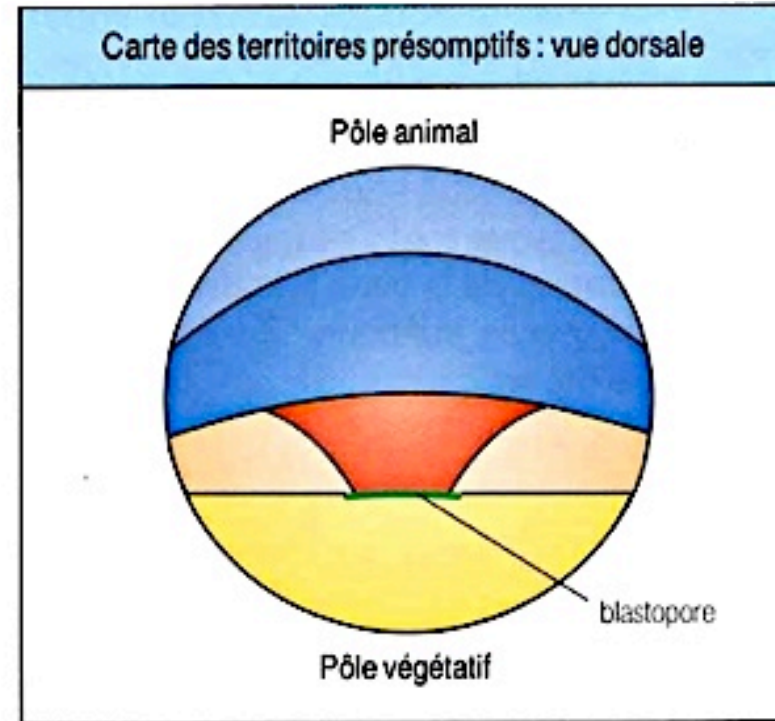
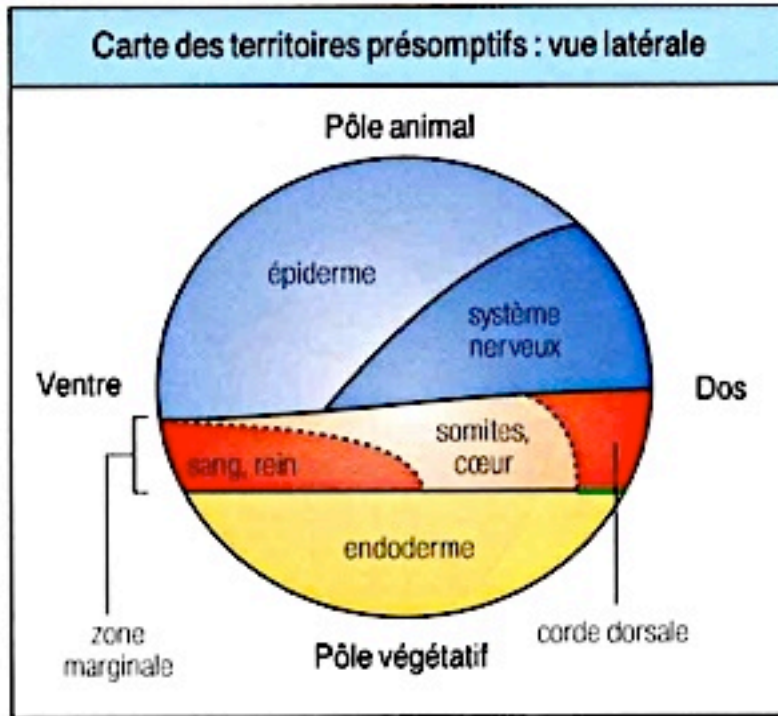
## Technique de lignage cellulaire



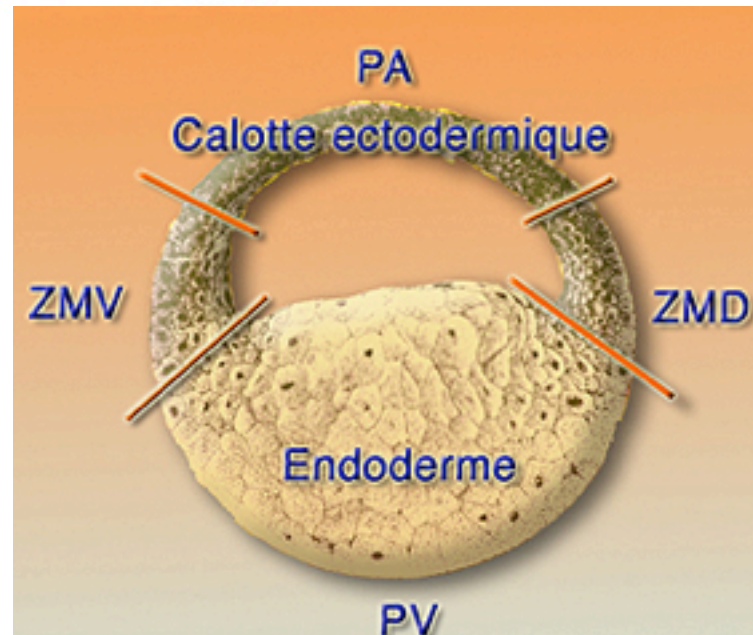
injection de 2  
marqueurs fluorescents  
au stade 64 cellules

résultat en fin de  
segmentation

# Résultat : la carte des territoires présomptifs



La blastula a donc 3 régions



ZM = zone marginale futur mésoderme

# L'endoderme, déterminé par l'ovocyte

ARNm maternel de **VegT** détecté par hybridation *in situ*.  
Il est localisé au pôle végétatif.



Injection de l'ARNm maternel de VegT dans n'importe quelle cellule => cellule transformée en endoderme

**Endoderme déterminé par l'ARNm VegT d'origine maternelle**

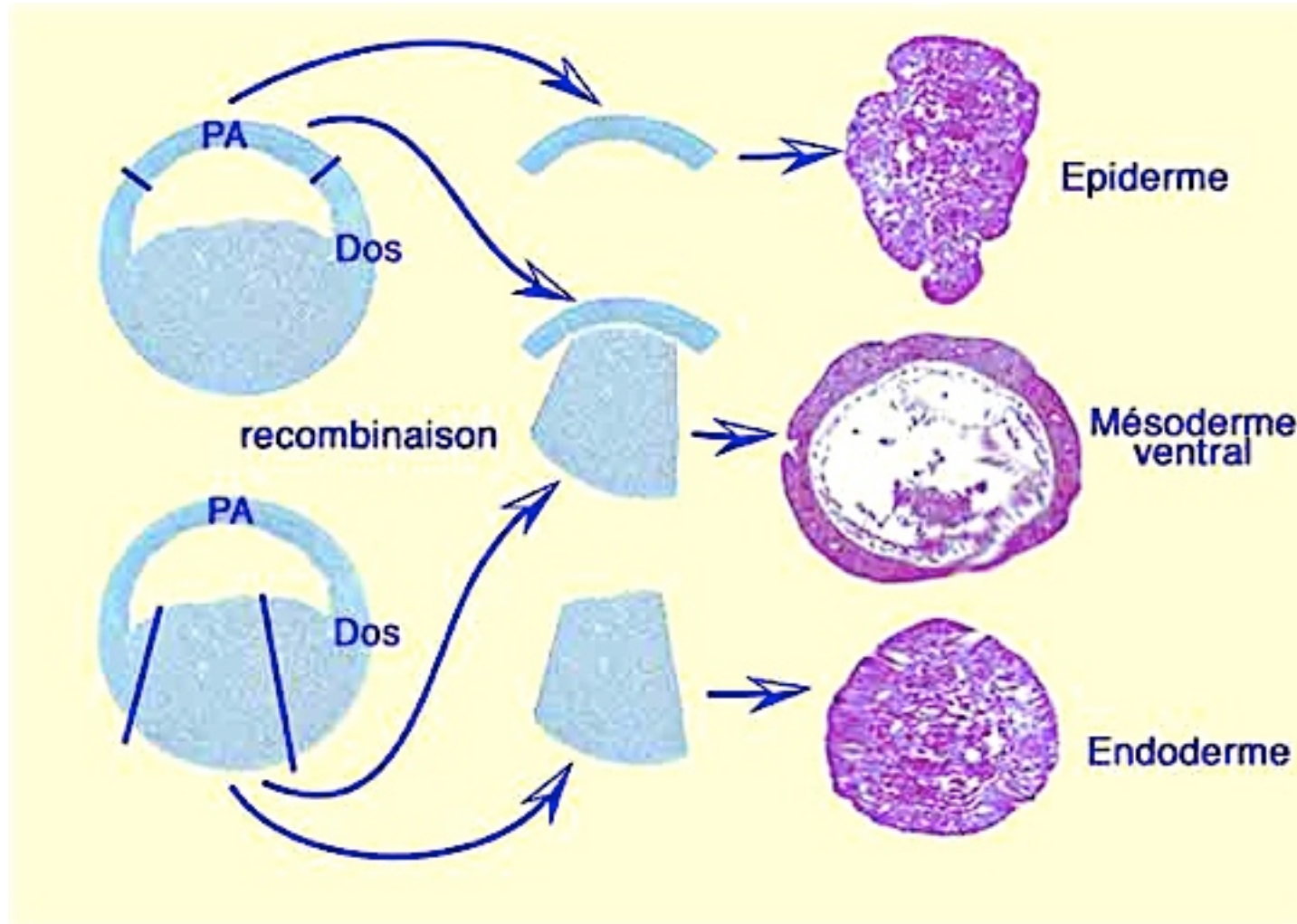
# Acquisition de l'identité mésodermique

Les différents blastomères d'un embryon au stade 32 ou 64 cellules sont isolés et cultivés *in vitro* dans une solution saline. Après plusieurs jours de culture, les tissus obtenus sont analysés par histologie. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

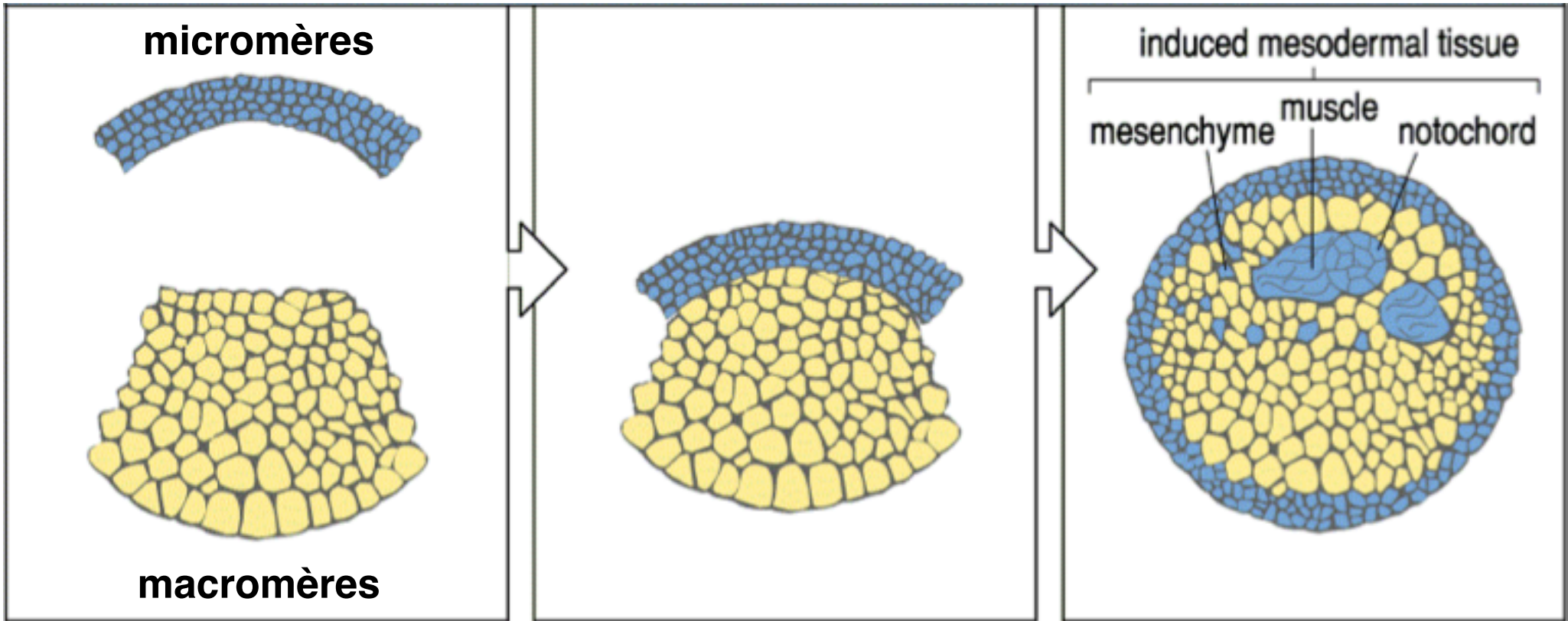
Tableau 1	stade 32 cellules	stade 64 cellules
blastomères de la zone marginale	Epiderme	Muscle Chorde Mésenchyme
blastomères animaux	Epiderme	Epiderme
blastomères végétatifs	Cellules endodermiques	Cellules endodermiques

Commentez et interprétez cette expérience.

# Expérience de Nieuwkoop

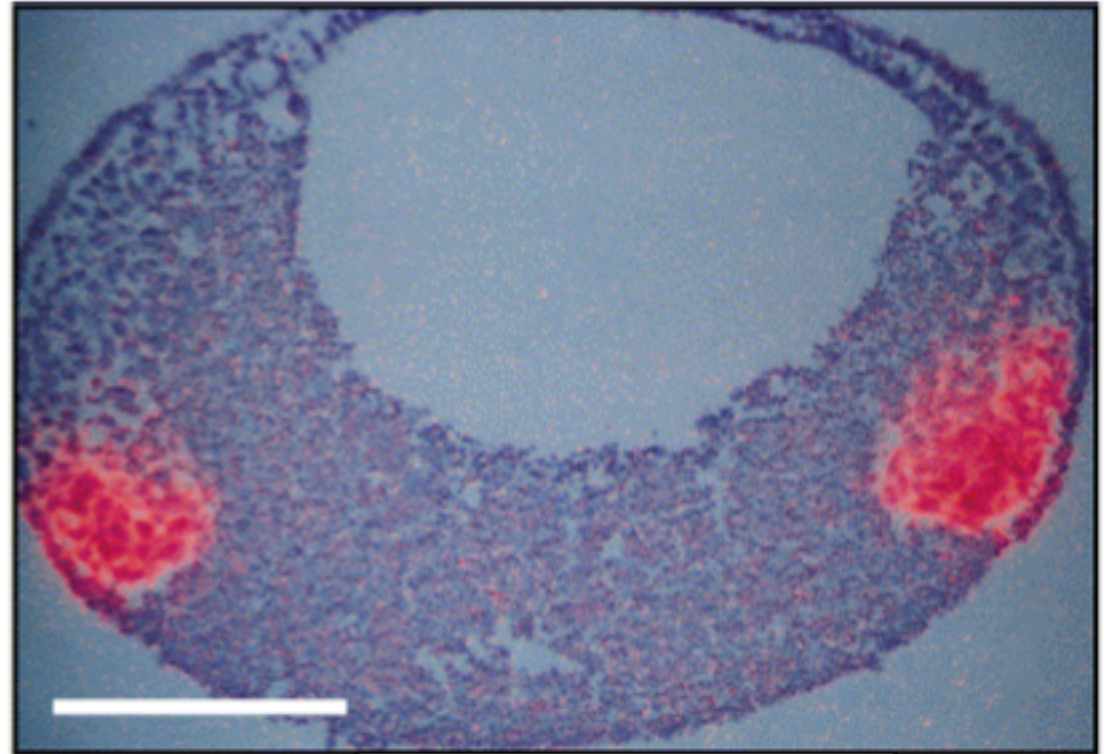
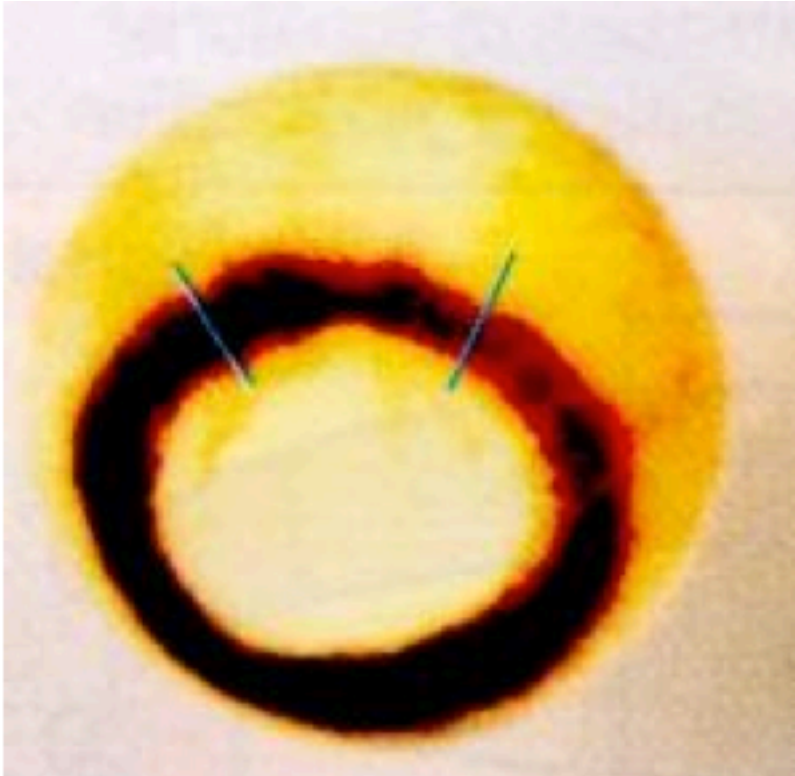


# Origine des cellules mésodermiques



# Mésoderme et brachyury

**Hybridation in situ : expression du facteur de transcription brachyury**



Le facteur de transcription brachyury est présent dans toute cellule mésodermique. L'endoderme a induit son apparition dans les futures cellules mésodermiques.



# Conclusions



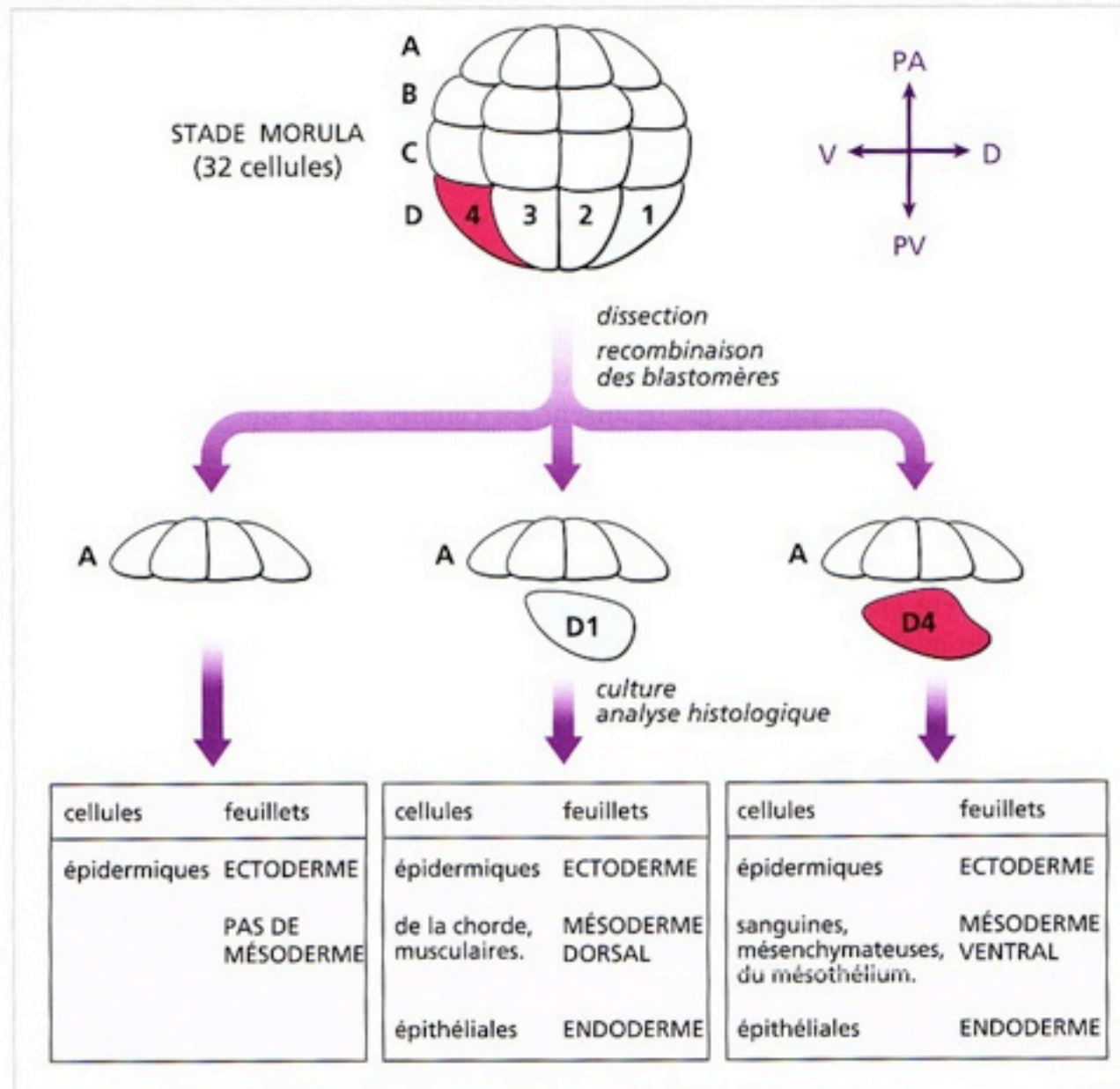
**Mésoderme issu du contact entre endoderme et ectoderme.**

**Mésoderme = cellules ectodermiques ayant reçu un message inducteur de l'endoderme.**

**Cette induction a lieu à un stade précis, pendant un laps de temps déterminé. Il faut que les cellules soient sensibles au message inducteur : on dit qu'elles sont compétentes.**

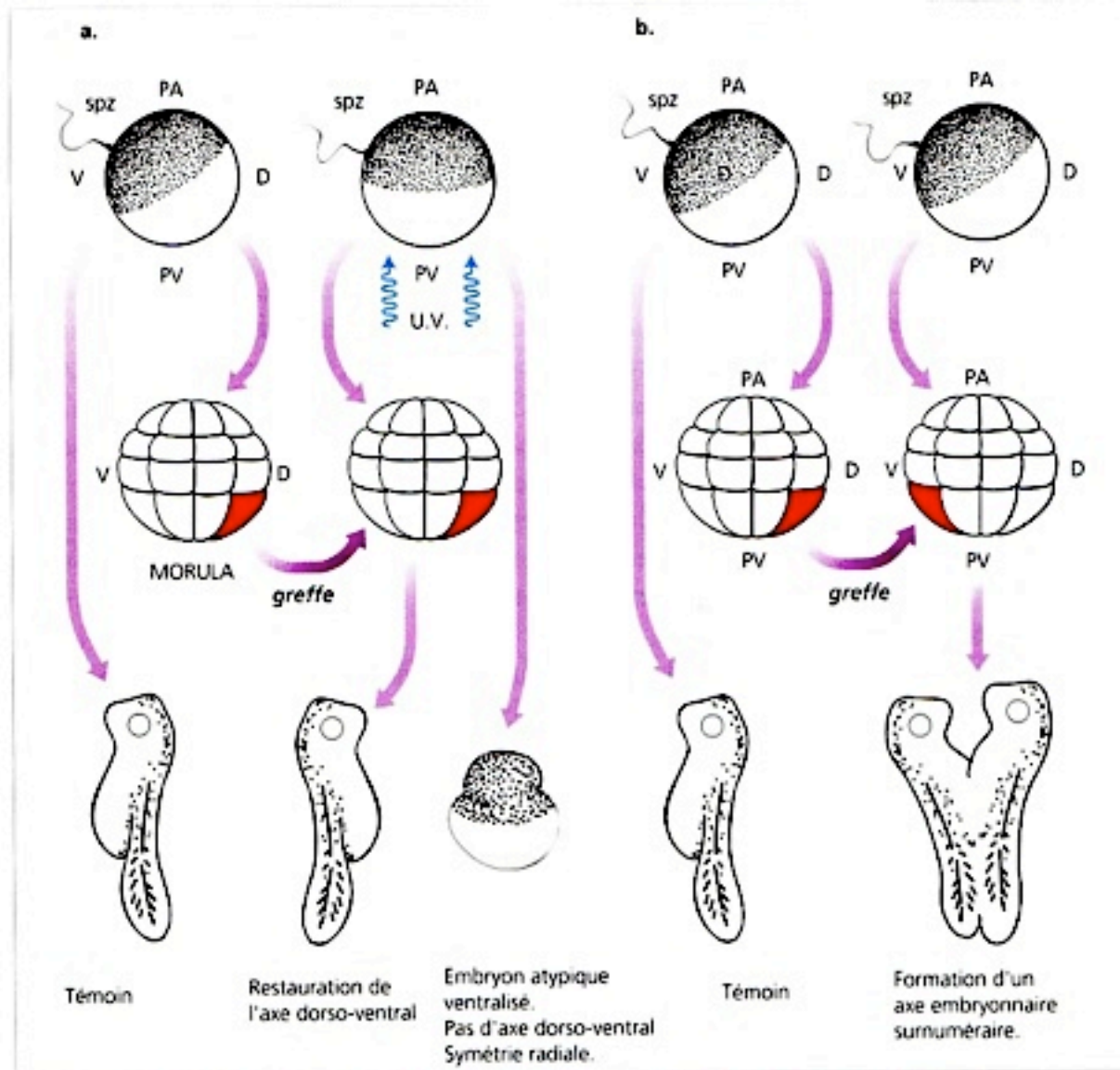
**L'endoderme constitue les cellules inductrices et l'ectoderme les cellules compétentes.**

# Polarisation dorso-ventrale du mésoderme



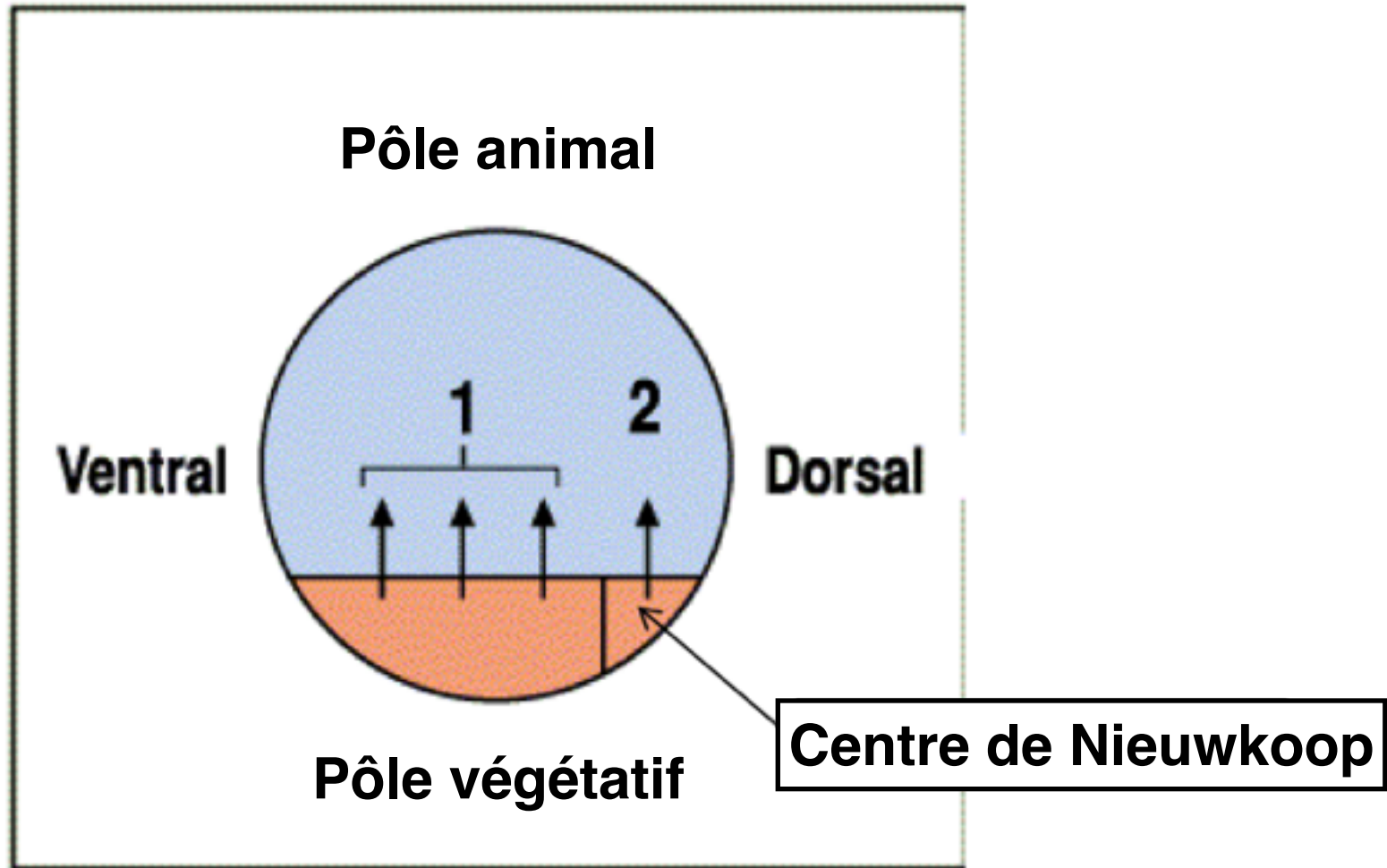
**Fig. 3.13.** Représentation schématique des expériences de recombinaison de blastomères réalisées par Dale et Slack (1987). Chez le xénope, les blastomères du pôle animal sont associés avec un blastomère végétatif. Chaque recombinaison est cultivée puis l'analyse des tissus obtenus est réalisée sur coupe histologique.

# Expérience de Gimlich et Gerhart



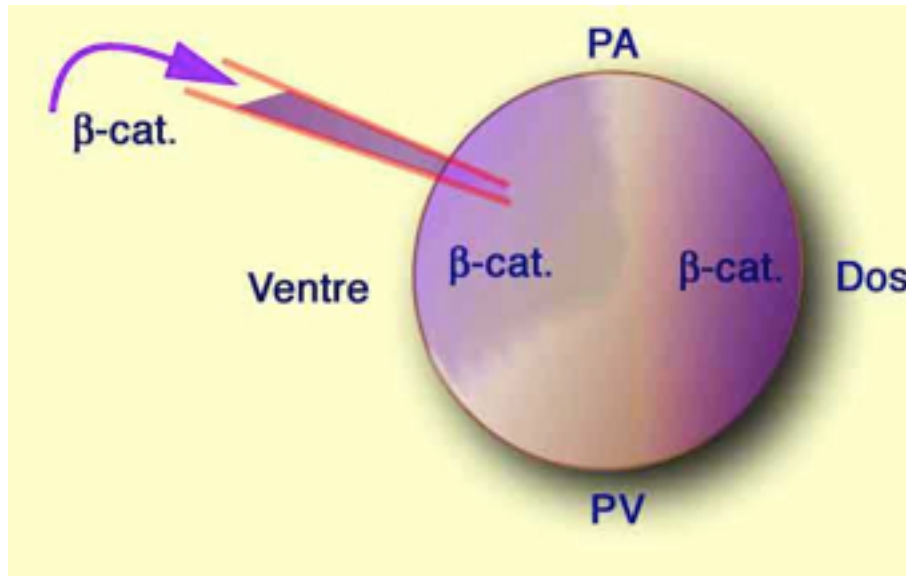
**Fig. 3.14.** Représentation schématique des expériences de Gimlich et Gerhart (1984, 1986). a. Chez le xénope, le blastomère dorso-végétatif prélevé au stade morula (64 cellules) restaure la polarité dorso-ventrale d'un embryon irradié par les UV. b. Chez le xénope, le blastomère dorso-végétatif transplanté en position ventrale sur une morula receveuse (64 cellules) conduit à la formation d'un axe embryonnaire secondaire. Si le blastomère greffé est marqué par un traceur fluorescent, l'analyse histologique montre que les structures mésodermiques induites sont exclusivement issues des cellules de l'hôte.

# Bilan



**L'endoderme induit le mésoderme grâce à des signaux inducteurs qui donnent également une information de position.**

# Rôle de la $\beta$ -caténine



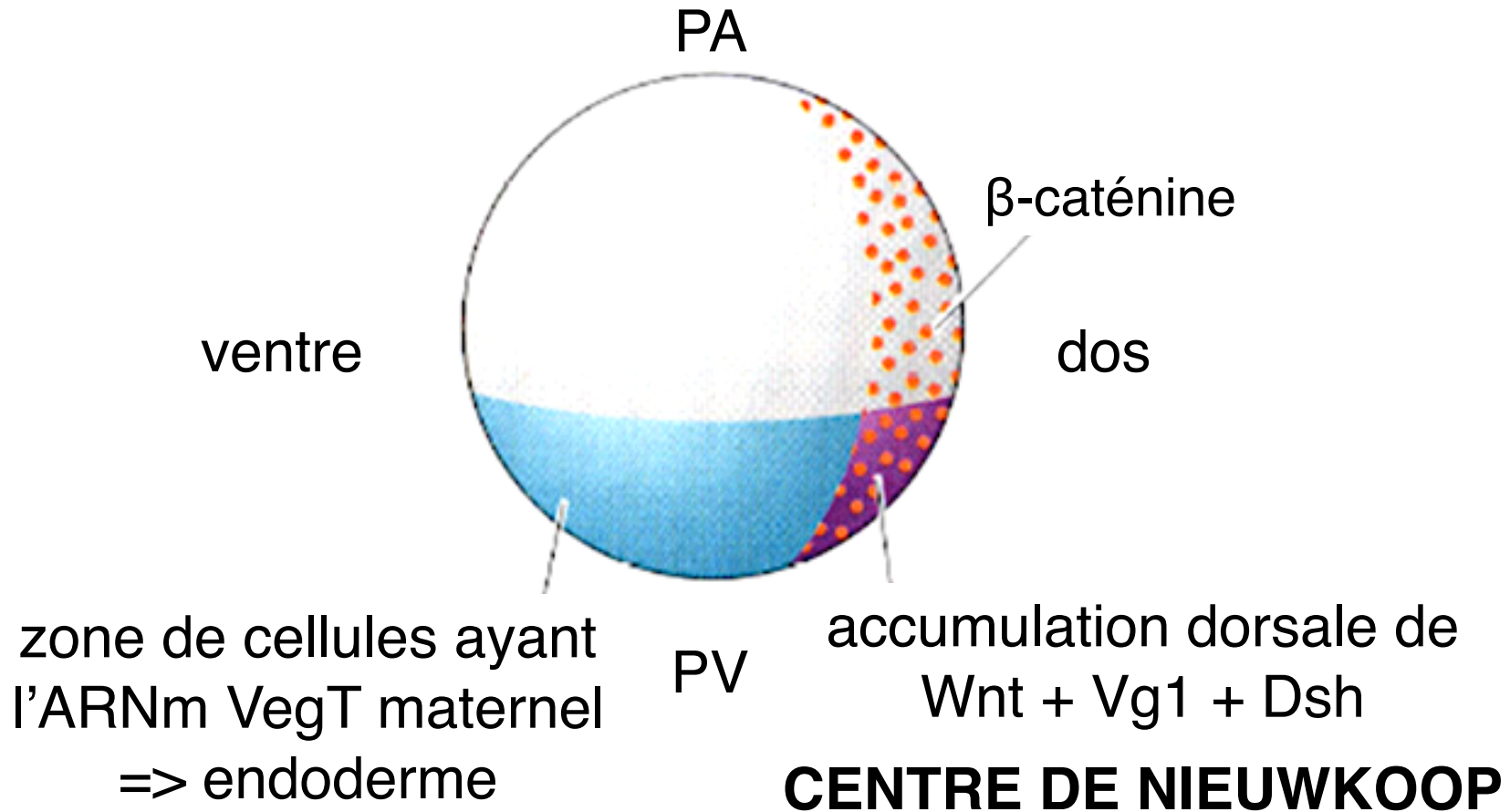
micro-injection de  $\beta$ -caténine  
en position ventrale

**$\beta$ -caténine = facteur de transcription  
spécifique activant des gènes de «dos»,  
comme le gène *nodal***



embryon à 2 dos

# Le centre de Nieuwkoop



**Le centre de Nieuwkoop se caractérise par :**

- la sécrétion de facteur mésodermisant**
- ET l'accumulation de  $\beta$ -caténine + Wnt + Dsh + Vg1**

# Nature du signal inducteur ?

## **Facteur maternel *vg1***

Injection d'ARNm de *vg1* à un micromère du PA

forte [ARNm] => mésoderme dorsal

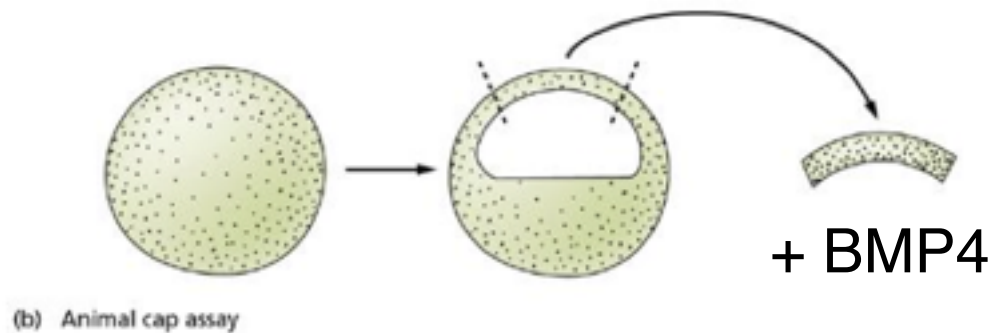
faible [ARNm] => mésoderme ventral

Même résultat avec *dsh*.

## **Facteur BMP4, protéine diffusible**

Injection de BMP4 à un micromère du PA

=> la cellule devient du mésoderme ventral

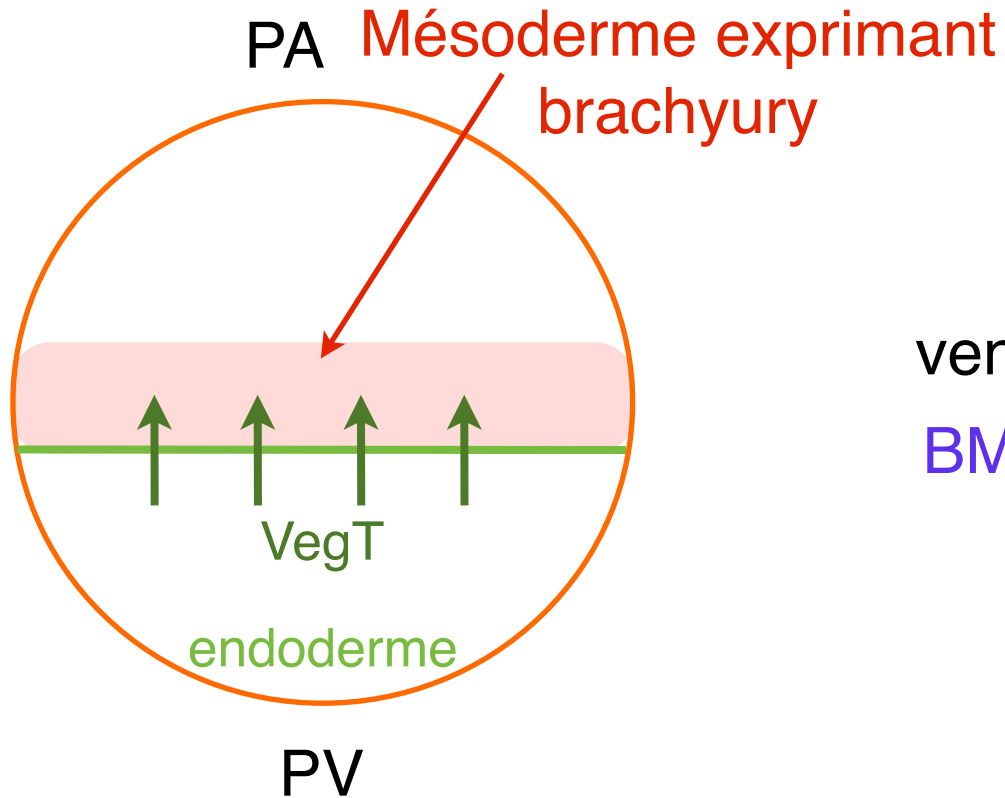


**Il existe des facteurs inducteurs ventralisant ou dorsalisant.**

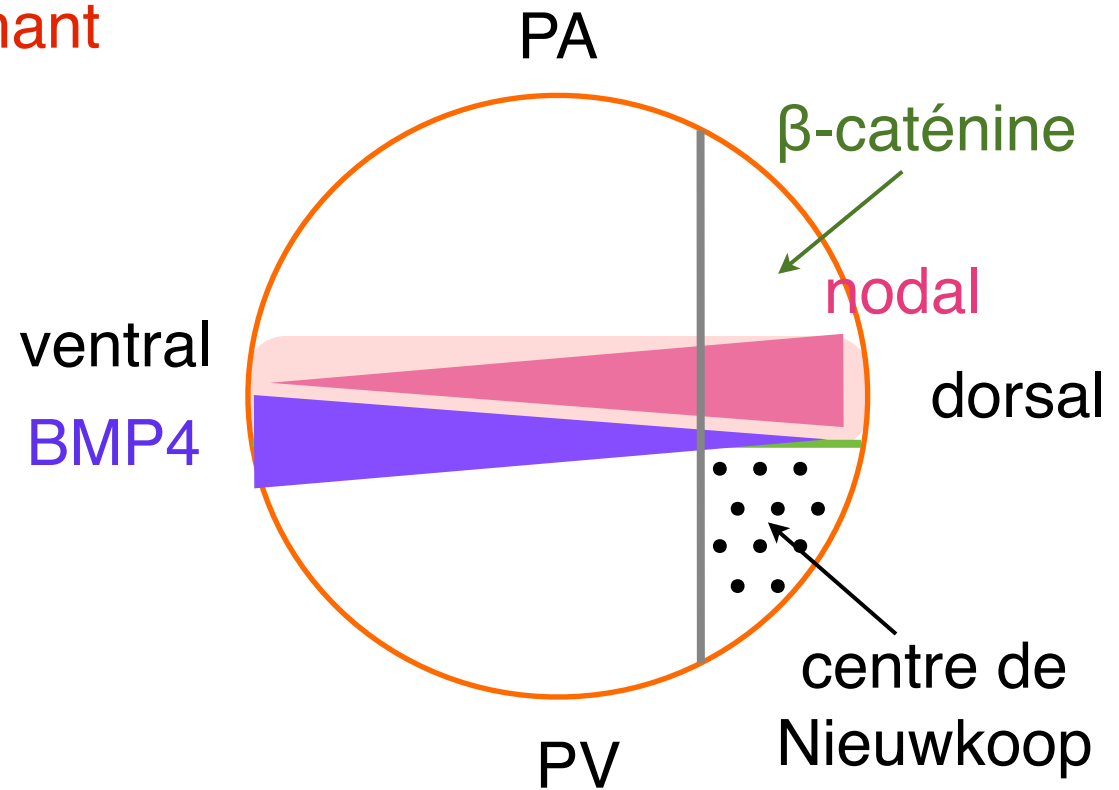
# BILAN



## Induction du mésoderme



## Polarisation du mésoderme



Là où s'expriment  $\beta$ -caténine, *vg1* et *wnt*, le gène nodal s'exprime, déterminant le mésoderme dorsal



# Etapes de l'induction

## **Stade précoce (16-32 cellules) : induction de l'endoderme**

L'ARNm maternel de VegT est concentré au PV. Il induit l'apparition de l'endoderme.

## **Induction du mésoderme (stade 64 cellules)**

La protéine VegT est un facteur diffusif et un facteur de transcription spécifique : elle provoque l'apparition de la protéine Brachyury qui détermine le mésoderme.

## **Polarisation du mésoderme (quasi-simultanée)**

Des signaux ventralisant (BMP4) et dorsalisant (nodal transcrit grâce à l'expression simultanée de  $\beta$ -caténine, dsh, wnt) précisent le devenir du mésoderme (corde, somites...).