

Cours de biologie animale

A. Chapitre 1 : les échinodermes

Introduction

- Echinodermes = oursins, étoiles de mer, concombres de mer, ophiures.
- *Deutérostomiens* = la bouche est une formation secondaire.
- *Epithélioneurien* = la distinction entre les cellules nerveuses et l'épithélium n'est pas très claire. C'est différent chez nous où la distinction est claire.
- Symétrie radiaire (axe de symétrie) souvent pentamérique (5 bras).
- Origine = formes de types polypes de cnidaires. (Rappel : il existe 2 formes de cnidaires : polype et méduse)
- Individus coelomates.
- Absence de métamérisation du mésoblaste.

I. Embryogenèse de l'étoile de mer

- L'embryogenèse mène à la larve « bipinnaria » de l'étoile de mer. Par la suite, le passage de la larve à l'adulte est très important : l'adulte ne ressemble pour ainsi dire pas à la larve (elle joue plutôt un rôle de support).
- ! L'œuf d'échinoderme = à **régulation** : l'isolement de blastomères au début du développement n'empêche pas leur différenciation en larve complète.
- Voici les différentes étapes de l'embryogenèse :

II. Etoile de mer adulte

1. Le système aquifère ou ambulacraire

- Locomotion assurée par un mécanisme hydraulique particulier. L'eau pénètre dans l'*appareil ambulacraire* par les *plaques madréporiques* situées près du centre de la face dorsale. Cette eau passe dans le *canal du sable*, puis dans le *canal circulaire*. De là partent 5 canaux radiaires sur lesquels sont « attachées » les *ampoules ambulacraires*.

→ L'ampoule peut se contracter et envoyer l'eau à travers le *tube ambulacraire* qui s'allonge et la ventouse peut s'accrocher au substrat.

- Par la suite, l'eau peut remonter du tube vers l'ampoule : racornissement du tube et levier. Schéma :

- Note :

- 1) Les ventouses sont très nombreuses : activité coordonnées de centaines de tubes permet à la bestiole d'avancer.
- 2) Ce système permet de forcer les muscles adducteurs des lamellibranches, la principale nourriture des étoiles de mer. En effet, la bête peut forcer longtemps et le mollusque est obligé de relâcher ses muscles et ouvre la coquille : l'étoile de mer dévagine alors une partie de son estomac qui sort par la bouche.

2. Système digestif

- Les étoiles de mer possèdent un estomac dévaginable qui se développent par des glandes digestives dans les bras.
- Il existe un squelette = **endosquelette**.
- En surface de l'étoile de mer, il y a des épines, pédicelles, **papilles** = vésicules qui prolonge la cavité coelomique qui se prolonge vers l'extérieur. Ce système assure l'élimination des déchets métabolique // reins.
- Notons encore qu'il existe ce que l'on appelle le **corps de Tiedemann** qui est un ensemble de cellules qui interviennent pour le système excréteur et qui permet l'élimination des déchets cellulaires évacuées par les papilles.
- Il existe aussi des **pédicellaires** = sortes de pinces servant à nettoyer la surface du corps (parasites...) :

3. Le système sanguin

- Fait d'un réseau complexe d'espaces (lacunes) creusées dans le mésenchyme, sans parois propres.

4. Le système nerveux

- Peu développé, simple. Il est peu distinct de l'épithélium = **épithélioneuriens**. Organes sensoriels = cellules tactiles sur la surface du corps.

5. Le système endocrinien

- Des hormones contrôlent l'équilibre osmotique et la reproduction.
- Dans chaque bras : 2 gonades variant selon le sexe.
- Ovules et spermatozoïdes libérés dans l'eau où il y a fécondation.

III. Fécondation et parthénogenèse expérimentale

- Il y a différentes étapes :

- 1) Adhérence-pénétration
- 2) Activation
- 3) Amphimixie

1. Adhérence-pénétration

- **Adhérence** : il y a une fécondation bien spécifique → reconnaissance à l'aide de glycoprotéines. Le contact spermatozoïde-ovocyte déclenche au niveau du spermatozoïde de l'oursin la réaction acrosomale suivante : un polysaccharide de la gangue muqueuse de l'ovocyte interagit à la manière d'un antigène vis-à-vis d'un anticorps avec une glycoprotéine membranaire du spermatozoïde.

→ Libération du contenu de l'**acrosome**, notamment des enzymes qui permettent la pénétration du spermatozoïde dans les enveloppes de l'ovocyte + protéine stabilisant l'interaction ovocyte-spermatozoïde.

2. Activation

- L'activation de l'ovocyte se fait dès qu'un spermatozoïde touche la surface ovulaire : soulèvement de la membrane plasmique et formation d'un cône de fécondation, fusion des 2 membranes.
- Libération du noyau et de l'appareil centriolaire du gamète mâle.
- La méiose qui était arrêté chez le gamète femelle reprend → expulsion du second **globule polaire** et formation d'une membrane de fécondation (= barrière contre d'autres gamètes mâles)

3. Amphimixie

- Le noyau mâle accroît son volume et devient un pronucléus. Le pronucléus femelle se rapproche → formation d'un ***amphiaster***, puis d'un ***diaster*** qui assure la fusion des 2 pronucléi. On a un nombre diploïde de chromosomes. La formation d'un embryon va commencer.

IV. Cadre systématique

- Division de l'embranchement des échinodermes en 2 sous-embranchements :
 - 1) Les ***pelmatozoaires*** dont fait partie la classe des crinoïdes (ressemble à des plantes colorées).
 - 2) Les ***éleuthérozoaires***. Dans ce sous-embranchement, on retrouve les **Astérides** (étoiles de mer), les **Ophiurides** (ophiure), les **Echinides** (oursins), et les **Holothurides** (concombre de mer).

B. Chapitre 2 : les hémicordés et procordés

Introduction

- L'évolution n'est pas une ontogenèse : on n'a pas un processus de complexification bien linéaire.
- Les cordés : possèdent une corde = cellules turgescents (axe de soutien semi-élastique, semi-rigide).
- Arbre de subdivision :

I. Les hémicordés ou stomocordés

- Hémicordé = *deutérostomien* et *épithélioneurien*.
- Leur coelome est divisé en 3 parties correspondant aux 3 divisions du corps :

- 1) *Proboscis*
- 2) *Cou*
- 3) *Tronc*

- Le pharynx communique vers l'extérieur par des *fentes pharyngiennes*. Il est aussi prolongé au-dessus de la bouche par la *stomocorde*.

- Il existe 3 classes de *stomocordés* ou *hémicordés* :

- 1) Ptérobranches
- 2) Graptolites
- 3) Entéropneustes

- !!!: La *stomocorde* est analogue à la corde : elle a la même fonction, mais une origine différente.

1. Les ptérobranches

- Ce sont des organismes marins de quelques mm vivant dans des tubes anastomosés qui sont munis d'épines. Le corps est composé de 3 parties inégales :

- 1) *Prosoma* = disque préoral

- 2) **Mésosome** = porte l'appareil lophophorien (branchies externes)
- 3) **Métasome** = appareil adhésif (ventouse) + tube digestif (avec anus et bouche très proches)

- ! L'**appareil lophophorien** assure la respiration et la nutrition de type mucociliaire microphagique → grâce aux cils, les particules alimentaires sont prises dans un mucus.

- Voici un schéma de la bestiole :

2. Les graptolites

- Ce sont des formes fossiles marines de l'ère Primaire. Ces animaux faisaient partie du plancton. On retrouve ces fossiles sur des plaques de schiste. Schéma :

3. Les entéropeustes

- Organisme marin vermiformes vivant dans la vase creusant des galeries en forme de U. La taille peut varier : 10 cm à 2,5 m.

- Schéma :

- Le corps de cet animal est divisé en 3 grandes parties :
 - **Gland** ou prosoma ou **proboscis** : il permet à l'animal de s'enfuir dans le sable.
 - **Collier** ou mésosome : il porte ventralement la bouche
 - Métasome ou **tronc** : porte le pharynx et les fentes branchiales. Il est aussi parcouru par tout le tube digestif rectiligne.
- Système nerveux : il parcourt tout le corps de l'animal (voir dessin).
- Le système circulatoire est ouvert. Le sang est incolore.
- Schéma :

II. Les procordés

- Les stomocordés n'étaient pas des cordés, mais les procordés oui !
- Cordés = *deutérostomiens* caractérisé par la position dorsale des centres nerveux bien distinct de l'épiderme cette fois ! Ils incluent les procordés en vertébrés.

1. Embryologie de l'amphioxus

- Amphioxus = animal marin vivant enfoncé dans le sable.
- Voyons les différentes étapes :
 - 1) La fécondation est externe. On obtient un zygote qui subit la mitose. La segmentation est totale et elle concerne l'ensemble de l'œuf et elle est presque égale. Les cellules du pôle végétatif sont cependant un peu plus grandes que les cellules du pôle animal. Peu à peu se creuse une cavité : le

blastocœle : On obtient une **blastula**. On peut voir les régions qui donneront l'ectoderme, l'endoderme et le mésoderme. On sait que :

- La région du **PA** est **ectoblastique** et les futures cellules nerveuses sont près de l'équateur.
- En dessous : feuillet cordo-mésoblastique avec le territoire présomptif de la corde sous le système nerveux.
- La région du **PV** est **endoblastique**.

2) Un mouvement de cellules important va s'opérer. Un mouvement de cellules se fait à l'intérieur du blastocœle : on a une **invagination du PV dans le blastocœle et les cellules de l'endoblaste s'appliquent contre les cellules de l'ectoblaste** : l'ensemble = la **lèvre blastoporales dorsale** (LBD). Une nouvelle cavité est formée : l'**archantéron**. On peut déjà savoir ce que chaque partie va donner :

- Extérieur : ectoblaste, tube neural (neuroblaste) + épiderme.
- Intérieur : endoblaste, tube digestif.
- Mésoblaste.

Les différents mouvements entraînent un **allongement de la gastrula** :

- Région ventrale bombée
- Région dorsale plus aplatie

3) **Neurulation** :

- L'embryon s'allonge et s'amincit : **mise en place du SNC** : il est formé à partir de la LBD qui s'enroule en forme de tube.
- Au même moment : **formation de la corde** (à partir du plafond de l'archantéron qui s'enroule : la corde est constituée de cellules turgescentes).
- Le neuroblaste s'épaissit : création de la plaque neurale qui en se déprimant va rentrer vers l'intérieur et l'ectoblaste recouvre le neuroblaste.
- L'embryon est recouvert de l'ectoblaste. Chez l'amphioxus, il restera toujours une gouttière ou sillon neural. Le canal neural est appelé le **canal de l'épendidyme**.

4) Enroulement des régions latérales de l'archantéron et formation de 2 longues poches creuses qui se segmenteront par la suite en un grand nombre de massifs mésoblastiques identiques : les **somites**. Le reste de l'archantéron se referme et forme le tube digestif. Les somites vont être à l'origine de différentes structures :

- Formation d'un tissu fibreux entourant la corde et le SN = **sclérostome**.
- Formation des nappes fibreuse = **myoseptes**

5) Dans la région ventrale : disparition de la métamérisation : naissance de 2 cavités allongées et aplaties : les **cavités cœlomiques**. Elles fusionnent sous

l'intestin. Formation de la *somatopleure* par accolement de la paroi externe par le coelome à l'ectoblaste. Formation de la *splanchnopleure* par accolement de la paroi interne et de l'endoblaste.

- 6) Apparition de fentes dans l'endoblaste mettent en communication le pharynx avec la cavité péripharyngienne. Les parois des fentes pharyngiennes fonctionneront comme branchies chez l'adulte.
- 7) Formation des gonades à partir des restes de cavités coelomiques. Ces restes donneront aussi naissance au système excréteur, des vaisseaux du système circulatoire.
- 8) Formation de l'anus et de la bouche.

- Schéma du développement de la neurula :

2. Morphologie de l'adulte

- Schéma général de l'adulte :

a. Le système nerveux

- Système nerveux sans vrai cerveau

b. La corde

- La corde est faite de cellules vacuolisées et s'étend tout le long du corps.

c. Le tube digestif

- Le tube digestif s'ouvre vers l'avant par une bouche béante porteuse d'une couronne de tentacules digitiformes. Cette bouche se poursuit par un énorme **pharynx** percé de **fentes branchiales obliques**.
- Dans la région ventrale du pharynx, on trouve une gouttière glandulaire = **endostyle** avec cellules ciliées et cellules à mucus. Les particules alimentaires sont captées au niveau du mucus et entraînées par les cils vers l'**épistyle** = gouttière dorsale munie de longs cils vibratiles qui introduisent le mucus chargé de particules alimentaire dans l'intestin.
- L'intestin se termine par un anus ventral. Notons qu'un **coecum** est accolé à l'intestin.
- Tout autour de l'intestin : on a la **cavité péripharyngienne** communiquant avec l'extérieur par l'**atriopore**.

d. Ebauche de la glande thyroïde

- L'**endostyle** contient une ébauche de la glande thyroïde.
- **Schéma** :

- Différentes étapes sont en jeux :

- 1) Production d'hormones
- 2) Stockage des molécules dans les colloïdes
- 3) Si besoin d'hormones : largage vers les vaisseaux sanguin

- Chez l'amphioxus :

- 1) On prend du ¹³¹I et on leur donne (la substance passe dans l'endostyle)
- 2) Captage de cet isotope de l'iode
- 3) Production de thyroxine radioactive
- 4) Libération dans le mucus de cette hormone (passe dans les vaisseaux sanguins au niveau de la paroi de l'intestin)

- Note : la thyroïde rentre dans la régulation des activités métaboliques.

e. L'appareil circulatoire

- Il comporte un tronc aortique qui longe l'**endostyle** et donne des paires d'arcs aortiques qui irriguent les fentes branchiales où s'effectuent les échanges respiratoires.
- A la base de chaque arc : y a des petits cœurs riches en fibres musculaires.
- Circulation assurée par la contraction lente de certains vaisseaux.

f. Excrétion

- Excrétion des déchets du métabolisme cellulaire via les **bourellets épithéliaux** situés sur la région ventrale de la **cavité péripharyngienne**. Elle se fait aussi grâce à des **bouquets de solénoctes** qui communiquent avec le coelome épibranchial.
- Schéma :

g. Glandes sexuelles : système reproducteur

- Les glandes sexuelles sont situées entre la paroi externe et la cavité péripharyngienne.
- Il n'y a pas de canal évacuateur, les spermatozoïdes et les ovules matures tombent dans la cavité péripharyngienne grâce à de petites déchirures. La fécondation a lieu dehors et les sexes sont séparés.
- Schéma :

3. Cadre systématique

1) Sous-phylum des céphalocordés

- Tous marins dans les eaux littorales (15-40m).

2) Sous-phylum des urocordés

- Marqué par une corde importante chez la larve qui disparaît chez l'adulte.

- 3 grands groupes :

- a) **Appendiculaires** : conservent la corde à l'état adulte dans leur queue. Pas de cavités péribranchiales.
- b) **Thaliacés** : animaux à système digestif rectiligne.
- c) **Ascidiacés** : animaux fixés à l'état adulte, parfois solitaires comme *Clavellina Lepadiformis*. **Schémas de cet animal** :

C. Chapitre 3 : les vertébrés : classe des poissons

I. Phylogénèse

- Phylogénèse = différent d'une systématique.
- On regarde les liens entre les grands groupes de poissons. Pour cela, plusieurs moyens :

- Anatomie comparée
- Observation des fossiles
- Génétique moléculaire
- Embryologie

- Ce qu'il faut aussi savoir : dans toute évolution, il y a des essais qui ont ratés, d'autres qui ont réussi.

1. Les ostracodermes

- D'une part, on retrouve les ostracodermes = poissons cuirassés apparus au Silurien.
- Un exemple : la lamproie (du moins, elle en dérive) :

→ Elle ne possède pas de bouche = agnathes.

- Cependant, c'est au Dévonien qu'apparaît la classe des poissons proprement dits, qui sont les gnathostomes qui vont se différencier. Voyons tous ces grands groupes.

2. Les gnathostomes

- On distingue d'abord, 2 groupes :

- Chondrichthyens = poissons cartilagineux
- Ostéichthyens = poissons osseux

a. Les chondrichthyens

- Ils apparaissent au Dévonien, mais les formes actuelles apparaissent au jurassique.

- Des chondrichthyens se développent en 3 grands groupes :

- Placodermes
- Sélaciens groupe dans lequel on retrouve les requins et les raies

b. Les ostéichthyens

I. Les actinoptérygiens

→ Formation de rayons osseux. Petit dessin :

1. Les chondrostéens

- Quelques grandes caractéristiques :

- Corde complète et vertèbres formées autour de la corde (corde complète à l'intérieur des vertèbres)
- Squelette du crâne = cartilagineux
- Ils apparaissent au Carbonifère

- Deux groupes de chondrostéens :

- Chondrostéens polyptéroriformes : plusieurs formes de nageoire.
- Chondrostéens acipensériformes : l'esturgeon fait partie de ce groupe

2. Les holostéens et les téléostéens

- Une série de groupes découlent des chondrostéens acipensériformes :

⇒ Holostéens (ils apparaissent au Trias) :

- Squelette du crâne osseux
- Fragmentation de la corde

⇒ Téléostéens

- Apparition au jurassique
- Majorité des poissons
- Ossification complète

- 1) *Physoclystes* : vessie natatoire non raccordée à l'œsophage
- 2) *Physostomes* : la vessie natatoire = organe hydrostatique raccordé à l'œsophage → important pour la future vie terrestre.

II. Les sarcoptérygiens

- Ils comprennent 2 groupes important :

Les *crossoptérygiens*

- Acténistiens = fossile vivant = **cœlacanthe**
- Rhipidistiens = fossiles : les choanes communiquent avec la cavité buccale

Les *dipneustes*

→ 2 modes de respiration : pulmoné (modification de la vessie natatoire) et branchiale

- Cladistique → utilisation de cladogrammes → mise en évidence des termes novateurs.

II. Squelette du vertébré

1. Ossification et ostéogenèse

- Apparition de **tissus cartilagineux et osseux** comme structure de soutien = caractéristique fondamentale des vertébrés.

- Os formé à partir de 2 modalités :

1) **Ossification enchondrale** (se fait à partir d'une maquette cartilagineuse)

- Plusieurs étapes :

- a) Tissu cartilagineux fait à partir de **fibroblastes** se transformant en **chondroblastes** qui secrètent la **chondrine**.
- b) Cette substance (la chondrine) isole les cellules dans des logettes = **condroplastes**.
- c) Autour du massif cartilagineux : on trouve des cellules conjonctives qui assurent la croissance du cartilage. Cet ensemble de cellules est appelé le **périchondre**.
- d) Les cellules du périchondre se modifieront pour devenir les cellules mères du tissu osseux, le **périoste**. Les cellules constituant le périoste sont appelées ostéoblastes.
- e) Les **ostéoblastes** vont se détacher et libérer des **ferments** qui vont dissoudre le cartilage.
- f) Formation d'une nouvelle substance : l'**osséine**. Elle s'imprègne de sels calcaires et de phosphates pour donner l'os définitif.
- g) Les **ostéoblastes** vont migrer vont pénétrer dans le cartilage, ainsi que des capillaires et des nerfs = formation du **système de Havers**.
→ La plupart des os subissent ce processus (squelette des membres, colonne vertébrale).

- Schéma du tissu cartilagineux :

- Schéma du système de Havers :

- **En bref** : formation de l'os précédée par celle d'un cartilage.

2) **Ossification membraneuse** (se fait à partir de tissu conjonctif par métaplasie)

- Tissu conjonctif formé d'un réseau de cellules = les *fibroblastes* qui secrètent une substance contenant 2 types de fibres :

- *Collagènes* → assure la rigidité du tissu
- *Elastiques* → assure l'élasticité du tissu

- Ce sont les os plats qui subissent ce type d'ossification (voute du crâne, face...). Elle se fait par *métaplasie* à partir de *fibroblastes*.

- **Schéma** de la constitution du tissu conjonctif :

- **En bref** : formation de l'os à partir de tissus conjonctif.

2. **Squelette du tronc**

- Tronc = colonne vertébrale.

- Plusieurs étapes sont à l'origine du squelette du tronc :

Départ : on a 4 bandes cellulaires longitudinales (2 ventrales, 2 dorsales) → concentration de ces cellules et formation de 4 paires de *centre de chondrification* = les *arcualies*. On en a différents types :

- I. 2 *interdorsaux*
- II. 2 *basidorsaux* : formation de l'*arc dorsal* entourant la moelle épinière
- III. 2 *interventraux*
- IV. 2 *basiventraux* : formation de l'*arc ventral* = *arc hémal* entourant l'aorte + vaisseaux cardinaux

Rôle (des arcualies) : dans la constitution des vertèbres qui sont d'un nombre assez élevé chez les poissons.

- **Schémas généraux** :

3. Squelette de la tête

- Le crâne se divise en 2 parties :

- Neurocrâne
- Splanchnocrâne

a. Le neurocrâne

- Vue dorsale du neurocrâne :

b. Le splanchnocrâne

- Les *agnathes* n'ont pas de mâchoire par opposition aux *gnathostomes*.
- Vue latérale gauche d'un poisson cartilagineux illustrant la morphologie du splanchnocrâne :

- Schéma d'une paire d'arcs branchiaux :

4. Passage du poisson cartilagineux au poisson osseux

- 1) On passe de 5 à 4 paires d'arcs branchiaux (il ne restera plus que 4 fentes branchiales).
- 2) On a une *ossification enchondrale*, sauf pour la partie antérieure au niveau de :

- *Cartilage de Meckel*
- *Cartilage palatocarré*

→ A ce niveau on a une *ossification membraneuse*.

- 3) L'articulation entre les mâchoires est assurées par :

- Os carré
- Os articulaire

!!!! - Faisons une comparaison avec les amphibiens ...

→ Disparition des arcs branchiaux

→ Event = région où se situe le tympan

→ Le cartilage hyomendibulaire devient un osselet de l'oreille moyenne (capsule auditive) :

Et les mammifères :

→ L'articulation de la mâchoire se déplace vers l'avant

→ Libération des os carrés et articulaire :

5. Articulations des mâchoires avec le neurocrâne

- Sélacien (= poissons cartilagineux) → les mâchoires sont suspendues au crâne grâce à l'*hyomandibulaire*. Il s'agit d'une suspension de *mode holostylique*.
- Holocéphales (= autres types de poissons cartilagineux) → *mode holostylique*.
- Théléostéens → suspension grâce au *palato-carré* + *hyomandibulaire*. Il s'agit d'une suspension de *mode amphistylique*.
- Dipneustes et tous les autres vertébrés autres que les poissons → rattachement direct au crâne (la mâchoire se débrouille seule). Il s'agit d'un *mode autostylique* de suspension.

6. Squelette des membres

- Nous allons parler ici essentiellement des nageoires.
- Voilà comment se répartissent les nageoires du poisson :

- La forme de la nageoire caudale présente 3 variantes :

- Diphycerque : repli symétrique à la colonne vertébrale. Présence de ce type de nageoires chez les embryons de poissons et chez les *crossoptérygiens*.

- **Homocerque** : les 2 lobes de la nageoire sont égaux et se détachent en 2 pointes : une supérieure, une inférieure. Cette structure existe chez les *téléostéens*.

- **Hétérocerque** : le repli est dévié vers le haut et la colonne vertébrale se prolonge dans ce repli. Présence de cette structure chez les *sélaciens*.

7. Squelette externe

- Voilà le **schéma général** :

- Formation des écailles entre le *derme* et l'*épiderme*.
- **Rôle** : protection du corps.
- Il existe plusieurs types d'écailles :
 - **Placoïdes** : propres aux sélaciens et plus primitive. Schémas de la formation :

- **Ganoïdes** : propres aux actinoptérygiens (poissons osseux anciens). Origine dermique uniquement et résulte de la fusion de plusieurs plaques placoïdes.
- **Cycloïdes** : caractéristiques des téléostéens et des dipneustes. Il n'y a plus d'émaille, mais encore de l'ivoire. **Note** : la croissance de cette écaille se fait à un certain rythme selon les saisons : cela permet d'établir l'âge de l'animal. **Schéma** :

III. Système nerveux du vertébré

1. Système nerveux central

- SNC = Cerveau + moelle épinière.
- L'axe nerveux des vertébrés présente un caractère important : la **céphalisation** qui aboutit à un encéphale complexe qui intégrera l'activité de la moelle épinière.
- 3 grandes parties sont à distinguer :

- 1) *Prosencéphale*
- 2) *Mésencéphale*
- 3) *Rhombencéphale*

- Par la suite, on a un dédoublement de certaines parties se fait.
- Voilà un **schéma en vue dorsale** :

- Voici se que donnera un dédoublement de certaines parties :

- Schéma en vue latérale gauche :

- Chez les vertébrés inférieurs (anamniotes), 10 paires de nerfs se détachent de l'encéphale.

- A partir des reptiles (amniotes), ce sont 12 paires de nerfs qui se détachent de l'encéphale.

- Schéma général :

- Voyons les différents noms des nerfs. Pour les retenir, un petit moyen mnémotechnique ridicule : « **oh, oscar ma petite théière me fait grand peine six grogs** » :

- ❖ Oh : *nerf olfactif* (nerf sensitif)
 - ❖ Oscar: *nerf optique* (S)
 - ❖ Ma: *nerf moteur oculaire commun* (nerf moteur)
 - ❖ Petite : *nerf pathétique* → sert à l'ouverture ou à la fermeture des yeux
 - ❖ Théière : *nerf trijumeaux* (3 branches) → sensibilité des :
 - Yeux, face, bouche (S)
 - Bouche (M)
 - ❖ Me : *nerf oculaire externe* (M)
 - ❖ Fait : *nerf facial* :
 - Goût (S)
 - Mimiques (M)
 - ❖ A : *nerf auditif* (S)
 - ❖ Grand : *nerf glossopharyngien* :
 - Goût (S)
 - Cri (M)
 - ❖ Peine : *nerf pneumogastrique ou vague* → 90% des ramifications nerveuses (M et S)
-
- ❖ Six : *nerf spinal* → muscle trapèze (M)
 - ❖ Grog : *nerf grand hypoglosse* → mouvements de la langue (M)

- Parlons des méninges. Les *méninges* entourent chez le poisson le cerveau et la moelle.

- Origine des méninges : mésoblastique et elles vont former le liquide céphalorachidien.

- Voyons ce qu'il y a entre l'os du crâne et l'encéphale :

IV. Embryogenèse type de vertébré

- Passons maintenant à l'embryogenèse de l'amphibien qui va être notre modèle de base. Cette embryogenèse vaut aussi pour les poissons.
- Note, la différence entre embryon et fœtus :

⇒ Embryon : début de la formation

⇒ Fœtus : déjà une forme adulte

- Prenons soins de rappeler les plans conventionnels :

1. Fécondation

- L'œuf de l'amphibien = œuf à régulation → le devenir des cellules n'est pas déterminé dès le départ. L'œuf en formation peut compenser les pertes sans grands problèmes.

- Œuf d'amphibien = hétéroclite (irrégulier) → bcp de réserve sous forme de vitellus dans la région végétative et refoulement du noyau au niveau du pôle animal. Schéma :

- La fécondation se fait au niveau du PA car il y a des récepteurs à cet endroit. Plusieurs étapes :

- 1) Fécondation au niveau du PA
- 2) Côté où le gamète mâle rentre = région ventrale
- 3) Déplacement de la couche pigmentée (mélanine)
- 4) Apparition du croissant gris = zone dépigmentée

- Schémas :

→ Vue dorsale :

- A ce stade on peut faire une carte des territoires présomptifs : on peut dire ce que vont donner les différentes parties de l'œuf.
- Mais comment faire pour déterminer les territoires présomptifs : tatouage de l'œuf fécondé. On met un colorant et on laisse l'œuf se développer. À la neurula, on verra bien les structures développées.
- Voilà la carte des territoires présomptifs :

2. Segmentation → 24h

- Division première : formation de 2 blastomères :

- 1^{er} plan = méridien :

- 2^{ème} plan = méridien (perpendiculaire au 1^{er})

- 3^{ème} plan = plus méridien et perpendiculaire aux 2 premiers

- Par la suite, division en 16, 32, 64... 5000 cellules
→ Formation de la *blastula* : (vue en coupe)

3. Gastrulation

= mise en place des territoires présomptifs.

- Cela se fait de 2 façons :

⇒ Invagination

⇒ Epibolie (= recouvrement d'une couche de cellules par une autre)

- Schéma d'une coupe en début de gastrulation :

- On a 2 zones principales que l'on distingue avec des marques colorées :

1) Calotte de l'hémisphère animal faite d'*ectoblaste* et qui donnera :

⇒ Epiblaste

⇒ Neuroblaste

2) Calotte de l'hémisphère végétatif = *endoblaste* → futur tube digestif.

3) Zone intermédiaire = *mésoblaste*. Il donnera :

⇒ Corde

⇒ Musculature

⇒ Squelette

⇒ La plupart des organes internes

- Voyons maintenant les différentes étapes :

1) Mouvement du bouchon vitellin vers l'intérieur de la structure (= invagination de l'endoblaste) → formation de la *LBV* et de la *LBD*. On a une ébauche de l'*archantéron* = tube digestif primitif. Disparition progressive du blastocœle progressive. Schéma :

2) Allongement de la bestiole avec **formation de la corde** et **formation de l'anus** (qui précède celle de la bouche = deutérostomien). Mise en place de la *plaque neurale*. Voilà la bestiole à ce stade :

- Faisons 2 coupes :

A →

B →

4. Neurulation

- Neurulation :

- ⇒ Formation du tube neural
- ⇒ Différenciation du mésoblaste

- Parlons un peu de la formation du tube neural :

1) Allongement de l'embryon. Aplatissement du **neuroblaste** et soulèvement des bords latéraux en bourrelets (**bourrelets médullaires**) et formation de la **gouttière neurale** avec le rapprochement des bourrelets. Schémas :

2) Les bourrelets se rapprochent de + en + et fusionnent pour donner le **tube neural**. Il y a aussi formation du canal de l'épendyme. Schémas :

- L'**épiblaste** recouvre alors totalement l'embryon.

- Parlons un peu de la différenciation du mésoblaste :

1) **Fragmentation du manteau cordo-mésoblastique en 3 zones** :

- ⇒ Zone dorsale
- ⇒ Zone intermédiaire
- ⇒ Zone ventrale

2) La **région dorsale** se scinde pour former les **somites** où **métamères** :

- ⇒ Dans ceux-ci, apparition d'une petite cavité = le **myocoele**
- ⇒ Paroi externe d'un somite = **dermatome**, donnera le derme
- ⇒ Paroi interne = **myotome**, donnera au niveau dorsal la musculature
- ⇒ Région inférieurs de la paroi interne = **sclérotome**, donnera le cartilage et l'os du squelette axial

3) La **zone intermédiaire** donnera les **ébauches uro-génitales**

4) La **zone ventrale** se scinde en 2 : formation de la cavité cœlomique dont la paroi externe est la **somatopleure** et la paroi interne la **splanchnopleure** qui entourent le tube digestif.

- Voilà un beau schéma :

5. Stade final : le bourgeon caudal (20-30h)

- Avant l'éclosion : partie antérieure du tube neurale met en place les 3 vésicules primaires de l'encéphale :

⇒ *Prosencéphale*

⇒ *Mésencéphale*

⇒ *Rhombencéphale*

- Dissociation de la *plaque précordale* en *mésenchyme* qui donne naissance à une partie du squelette et du tissu de soutien de la tête. Dissociation également du mésoblaste caudal en mésenchyme qui intervient dans la constitution de la queue.

- Splanchnopleure = origine des muscles lisses et des viscères.

- Somatopleure = origine de la musculature viscérale de la tête

- Formation de la bouche.

- Voilà le dessin général :

- Une jolie coupe transversale :

V. Description du système excréteur et reproducteur

1. Système excréteur

- Voyons la partie que nous allons étudier :

→ Le système excréteur se différencie à partir de la **zone mésoblastique métamérisée** se situant entre les somites et la cavité coelomique ventrale. On a un développement de plusieurs types de reins au cours du temps :

- **Pronéphros** = rein de l'embryon. Localisation : zone des vertèbres cervicales
- **Mésonéphros** = rein définitif chez les poissons et amphibiens. Localisation : zone dorsolombaire.
- **Métanéphros** = rein définitif (amniotes = reptiles, oiseaux, mammifères). Localisation :

a) Pronéphros

- Différenciation d'un *pronéphros* fait de *néphrons* = tubes urinaires se formant à partir de la *somatopleure*. Schéma :

→ Filtrage du sang venant des *glomérules de Malpighi* par la *capsule de Bowmann*.

b) Mésonéphros

- Avec l'évolution : dégénérescence du *pronéphros* sauf l'*uretère primitif* = constitution du mésonéphros. Apparition de nouveaux néphrons et de glomérules. Schéma :

→ Ce sera le rein définitif des poissons et des amphibiens.

c) *Métanéphros*

- Chez les vertébrés amniotes, *mésonephros* = formation embryonnaire à laquelle succède un *métanéphros*. Un *diverticule du canal de Wolff* vient s'y déboucher. Il forme l'*uretère définitif*. Voici un beau schéma du métanéphros :

2. Système reproducteur

- Le système reproducteur des poissons se différencie à partir d'un repli somatopleural situé au voisinage du *mésonephros*. Voici un schéma de la zone à traiter :

- Voici les différentes étapes :

1) Formation d'une crête génitale impaire, puis formation de 2 crêtes génitales paires grâce au dépôt de *gonocytes* et de *cellules nourricières* dans des cavités de la *somatopleur* :

2) Formation de la *medulla* et du *cortex* de la future glande sexuelle :

3) *Pédonculisation* → formation d'une glande sexuelle indifférenciée :

4) *Différenciation* : mâle ou femelle :

➤ Femelle :

➤ Mâle :

3. Système excréteur et génitale du vertébré : schémas généraux

VI. Adaptation à l'eau douce et l'eau de mer **- migration**

- Voyons les différences physiologiques chez les poissons d'eau douce et les poissons d'eau de mer.

1. Eau douce

- Pour **maintenir son homéostasie** : l'eau rentre et les sels vont ressortir. Comment fait-il :

- ⇒ Reins riches en glomérules → urine abondante (300 à 400 ml/jour/Kg)
- ⇒ Urine hypotonique par rapport au milieu interne
- ⇒ Récupération des sels via :
 - ❖ La nourriture
 - ❖ Branchies (ions monovalents)
 - ❖ Reins
- ⇒ La surface du corps = couverte de mucus et est peu vascularisé

2. Eau de mer

- Pour maintenir son homéostasie : l'eau sort et les sels rentrent. Comment fait-il ?

- ⇒ Reins pauvres en glomérules → peu d'urine (100× - → 3-4 ml/jour/Kg)
- ⇒ Urine isotonique par rapport au milieu interne
- ⇒ Elimination des excès de sels par les branchies (récupération de l'eau via la « boisson »)

3. Saumons et anguilles

- La plupart des poissons = **sténohalins** → supportent passivement les variations de salinité du milieu ambiant.

- Poissons des estuaires = **euryhalins** → supportent de grandes variations. Il y a plusieurs types d'**euryhalins** :

- ❖ **Poikilosmotiques** = supportent passivement des variations de pression osmotique dans certaines limites.
- ❖ **Homoiosmotique** = possèdent des mécanismes régulateurs corrigeant les tendances à la modification de la pression osmotique.

- !!! Des espèces manifestent des métamorphoses physiologiques importantes : anguilles et saumons = poissons migrants. La migration est associée à la reproduction.

→ Anguille :

→ Saumon :

- Koch et Fontaine étudient les épinoches : certaines épinoches vivent en eau de mer et la reproduction a lieu en eau douce. Ils apportent des réponses au phénomène migratoire. Voici ce qu'ils ont fait :

- 1) En état de repos sexuel : injection d'une **hormone thyroïdienne** : les épinoches vont alors dans des eaux de faible salinité. Or, on sait que des épinoches à maturité sexuelle présente une activité de la thyroïde importante. **Conclusion** : **contrôle hormonal du phénomène de migration**.
- 2) Mise en évidence du rôle de la **prolactine** dans le contrôle des mécanismes d'osmorégulation → favorise la **capture du Na**.

→ Les phénomènes migrateurs s'expliquent donc par des modifications temporaires de la physiologie de l'espèce, exigeant un changement du milieu de vie sous peine de voir le poisson succomber à un stress intolérable.

VII. Amorce de la vie amphibie

→ On retrouve chez certains poissons des structures prêtes à l'adaptation à la vie terrestre. Quelques exemples :

- Modification de l'appareil respiratoire et de la vessie natatoire (constitue une sorte de pré-poumon)
- Acquisition de nageoires pédonculées

1. Les branchies

- Les branchies captent l'oxygène dissous dans l'eau. Elles sont apparues chez les **procordés** et se présentent de manières différentes selon l'évolution des poissons pour avoir la forme de **branchies flottantes** chez les **téléostéens**. **Schéma général** au niveau de la tête du poisson :

- A ce stade de l'évolution (téléostéens, elles se divisent en **2 lobes principaux** dont **une extrémité est attachée à l'arc branchial** et l'autre flotte librement.

- Leur irrigation est assurée par 2 vaisseaux : le **canal afférent** et le **canal déférent** qui sont réunis par des réseaux de capillaires se logant dans les expansions latérales. **Schéma** :

- **Mécanisme** :

- ⇒ Eau aspirée par le mvt des nageoires, bouche, sur les branchies et expulsion
- ⇒ Particules alimentaires : retenues par des épines au niveau des arcs branchiaux, puis vont dans l'œsophage
- ⇒ Protection des branchies par un opercule

- **Notes** : la circulation du sang et de l'eau sur les branchies n'est pas quelconque : **circulation à contre-courant** = échanges gazeux plus efficaces. Si pas contre courant : rendement plus faibles des échanges gazeux. **Illustration** :

2. Amorces de la respiration « hors de l'eau » = respiration pulmoné

- La respiration pulmoné apparaît suite à la formation d'une ou de deux poches qui sont des invaginations de la paroi de l'œsophage. Ces invaginations = **vessies natatoires ou vessies gazeuses**.

- Chez la plupart des poissons, la vessie natatoire = organe hydrostatique qui permet à la bestiole de s'équilibrer dans la flotte. Mais c'est aussi un organe acoustique = caisse de résonance.

- Mais, chez les dipneustes, par exemple, la vessie natatoire intervient aussi dans la respiration.

- Notons aussi que l'on a 2 types de poisson (téléostéens) :

⇒ Physostomes : vessie natatoire située dorsalement, elle communique avec l'œsophage

⇒ Physicalistes : il n'y a plus de jonction avec l'œsophage

- Autre structure : les **choanes** = poches jouant un rôle dans l'**olfaction**. Chez les dipneustes (poissons relativement fort évolués), les choanes communiquent avec la cavité buccale : ce conduit sert au passage de l'eau et son rôle est toujours olfactif.

→ Participation des choanes à la **respiration** chez les amphibiens avec un rôle olfactif qui est également maintenu. Schéma :

3. Respiration // à l'amphioxus

- La respiration est très // à celle de l'amphioxus.

- Mais une modification importante : **apparition du cœur**. Schéma : _

Chapitre 3 : les vertébrés : classe des poissons

I. Phylogénèse

- Phylogénèse = différent d'une systématique.

- On regarde les liens entre les grands groupes de poissons. Pour cela, plusieurs moyens :

- Anatomie comparée
- Observation des fossiles
- Génétique moléculaire
- Embryologie

- Ce qu'il faut aussi savoir : dans toute évolution, il y a des essais qui ont ratés, d'autres qui ont réussi.

1. Les ostracodermes

- D'une part, on retrouve les ostracodermes = poissons cuirassés apparus au Silurien.

- Un exemple : la lamproie (du moins, elle en dérive) :

→ Elle ne possède pas de bouche = agnathes.

- Cependant, c'est au Dévonien qu'apparaît la classe des poissons proprement dits, qui sont les gnathostomes qui vont se différencier. Voyons tous ces grands groupes.

2. Les gnathostomes

- On distingue d'abord, 2 groupes :

- Chondrichthyens = poissons cartilagineux
- Ostéichthyens = poissons osseux

a. *Les chondrichthyens*

- Ils apparaissent au Dévonien, mais les formes actuelles apparaissent au jurassique.

- Des chondrichthyens se développent en 3 grands groupes :

- Placodermes : région céphalo-thoracique revêtue de plaques osseuses → Dévonien
- *Sélaciens* groupe dans lequel on retrouve les requins et les raies

b. Les ostéichthyens

1. Les actinoptérygiens

→ Formation de rayons osseux. Petit dessin :

1. Les chondrostéens

- Quelques grandes caractéristiques :

- Corde complète et vertèbres formées autour de la corde (corde complète à l'intérieur des vertèbres)
- Squelette du crâne = cartilagineux
- Ils apparaissent au **Carbonifère**

- Deux groupes de chondrostéens :

- Chondrostéens polyptérimiformes : plusieurs formes de nageoire.
- Chondrostéens acipensériformes : l'esturgeon fait partie de ce groupe

2. Les holostéens et les téléostéens

- Une série de groupes découlent des chondrostéens acipensériformes :

⇒ Holostéens (ils apparaissent au Trias) :

- Squelette du crâne osseux
- Fragmentation de la corde
- ⇒ Téléostéens
- Apparition au jurassique
- Majorité des poissons
- Ossification complète

- 1) *Physoclystes* : vessie natatoire non raccordée à l'œsophage
- 2) *Physostomes* : la vessie natatoire = organe hydrostatique raccordé à l'œsophage → important pour la future vie terrestre.

II. Les sarcoptérygiens

- Ils comprennent 2 groupes important :

- Les *crossoptérygiens*
 - Acténistiens = fossile vivant = coelacanthe
 - Rhipidistiens = fossiles : les choanes communiquent avec la cavité buccale
- Les *dipneustes* → 2 modes de respiration : pulmoné (modification de la vessie natatoire) et branchiale

- Cladistique → utilisation de cladogrammes → mise en évidence des termes novateurs.

II. Squelette du vertébré

1. Ossification et ostéogénèse

- Apparition de **tissus cartilagineux et osseux** comme structure de soutien = caractéristique fondamentale des vertébrés.

- Os formé à partir de 2 modalités :

- 1) Ossification enchondrale (se fait à partir d'une maquette cartilagineuse)

- Plusieurs étapes :

- a) Tissu cartilagineux fait à partir de **fibroblastes** se transformant en **chondroblastes** qui secrètent la **chondrine**.
 - b) Cette substance (la chondrine) isole les cellules dans des logettes = **condroplastes**.
 - c) Autour du massif cartilagineux : on trouve des cellules conjonctives qui assurent la croissance du cartilage. Cet ensemble de cellules est appelé le **périchondre**.
 - d) Les cellules du périchondre se modifieront pour devenir les cellules mères du tissu osseux, le **périoste**. Les cellules constituant le périoste sont appelées ostéoblastes.
 - e) Les **ostéoblastes** vont se détacher et libérer des **ferments** qui vont dissoudre le cartilage.
 - f) Formation d'une nouvelle substance : l'**osséine**. Elle s'imprègne de sels calcaires et de phosphates pour donner l'os définitif.
 - g) Les **ostéoblastes** vont migrer vont pénétrer dans le cartilage, ainsi que des capillaires et des nerfs = formation du **système de Havers**.
- La plupart des os subissent ce processus (squelette des membres, colonne vertébrale).

- Schéma du tissu cartilagineux :

- Schéma du système de Havers :

- En bref : formation de l'os précédée par celle d'un cartilage.

2) Ossification membraneuse (se fait à partir de tissu conjonctif par métaplasie)

- Tissu conjonctif formé d'un réseau de cellules = les *fibroblastes* qui secrètent une substance contenant 2 types de fibres :

- *Collagènes* → assure la rigidité du tissu
- *Elastiques* → assure l'élasticité du tissu

- Ce sont les os plats qui subissent ce type d'ossification (voute du crâne, face...). Elle se fait par *métaplasie* à partir de *fibroblastes*.

- Schéma de la constitution du tissu conjonctif :

- En bref : formation de l'os à partir de tissus conjonctif.

2. Squelette du tronc

- Tronc = colonne vertébrale.
- Plusieurs étapes sont à l'origine du squelette du tronc :

Départ : on a 4 bandes cellulaires longitudinales (2 ventrales, 2 dorsales) → concentration de ces cellules et formation de 4 paires de **centre de chondrification** = les **arcualies**. On en a différents types :

- I. 2 **interdorsaux**
- II. 2 **basidorsaux** : formation de l'**arc dorsal** entourant la moelle épinière
- III. 2 **interventraux**
- IV. 2 **basiventraux** : formation de l'**arc ventral** = **arc hémal** entourant l'aorte + vaisseaux cardinaux

Rôle (des arcualies) : dans la constitution des vertèbres qui sont d'un nombre assez élevé chez les poissons.

- Schémas généraux :

3. Squelette de la tête

- Le crâne se divise en 2 parties :

- Neurocrâne
- Splanchnocrâne

a. Le neurocrâne

- Vue dorsale du neurocrâne :

b. Le splanchnocrâne

- Les *agnathes* n'ont pas de mâchoire par opposition aux *gnathostomes*.
- Vue latérale gauche d'un poisson cartilagineux illustrant la morphologie du splanchnocrâne :

- Schéma d'une paire d'arcs branchiaux :

4. Passage du poisson cartilagineux au poisson osseux

- 1) On passe de 5 à 4 paires d'arcs branchiaux (il ne restera plus que 4 fentes branchiales).

2) On a une *ossification enchondrale*, sauf pour la partie antérieure au niveau de :

- *Cartilage de Meckel*
- *Cartilage palatocarré*

→ A ce niveau on a une *ossification membraneuse*.

3) L'articulation entre les mâchoires est assurées par :

- Os carré
- Os articulaire

!!!! - Faisons une comparaison avec les amphibiens ...

→ Disparition des arcs branchiaux

→ Event = région où se situe le tympan

→ Le cartilage hyomendibulaire devient un osselet de l'oreille moyenne (capsule auditive) :

Et les mammifères :

→ L'articulation de la mâchoire se déplace vers l'avant

→ Libération des os carrés et articulaire :

5. Articulations des mâchoires avec le neurocrâne

- **Sélacien** (= poissons cartilagineux) → les mâchoires sont suspendues au crâne grâce à l'*hyomandibulaire*. Il s'agit d'une suspension de *mode holostylique*.
- **Holocéphales** (= autres types de poissons cartilagineux) → *mode holostylique*.
- **Théléostéens** → suspension grâce au *palato-carré* + *hyomandibulaire*. Il s'agit d'une suspension de *mode amphistylique*.
- **Dipneustes** et tous les autres vertébrés autres que les poissons → rattachement direct au crâne (la mâchoire se débrouille seule). Il s'agit d'un *mode autostylique* de suspension.

6. Squelette des membres

- Nous allons parler ici essentiellement des nageoires.
- Voilà comment se répartissent les nageoires du poisson :

- La forme de la nageoire caudale présente 3 variantes :

- **Diphycerque** : repli symétrique à la colonne vertébrale. Présence de ce type de nageoires chez les embryons de poissons et chez les *crossoptérygiens*.

- **Homocerque** : les 2 lobes de la nageoire sont égaux et se détachent en 2 pointes : une supérieure, une inférieure. Cette structure existe chez les *téléostéens*.

- **Hétérocerque** : le repli est dévié vers le haut et la colonne vertébrale se prolonge dans ce repli. Présence de cette structure chez les *sélaciens*.

7. Squelette externe

- Voilà le schéma général :

- Formation des écailles entre le *derme* et l'*épiderme*.

- Rôle : protection du corps.

- Il existe plusieurs types d'écailles :

➤ Placoïdes : propres aux
sélaciens et plus primitive. Schémas de la
formation :

- **Ganoïdes** : propres aux actinoptérygiens (poissons osseux anciens). Origine dermique uniquement et résulte de la fusion de plusieurs plaques placoides.
- **Cycloïdes** : caractéristiques des téléostéens et des dipneustes. Il n'y a plus d'émaille, mais encore de l'ivoire. **Note** : la croissance de cette écaille se fait à un certain rythme selon les saisons : cela permet d'établir l'âge de l'animal. **Schéma** :

III. Système nerveux du vertébré

1. Système nerveux central

- SNC = Cerveau + moelle épinière.
- L'axe nerveux des vertébrés présente un caractère important : la **céphalisation** qui aboutit à un encéphale complexe qui intégrera l'activité de la moelle épinière.
- 3 grandes parties sont à distinguer :
 - 1) *Prosencéphale*
 - 2) *Mésencéphale*
 - 3) *Rhombencéphale*
- Par la suite, on a un dédoublement de certaines parties se fait.
- Voilà un schéma en vue dorsale :

- Voici se que donnera un dédoublement de certaines parties :

- Schéma en vue latérale gauche :

- Chez les vertébrés inférieurs (anamniotes), 10 paires de nerfs se détachent de l'encéphale.
- A partir des reptiles (amniotes), ce sont 12 paires de nerfs qui se détachent de l'encéphale.
- Schéma général :

- Voyons les différents noms des nerfs. Pour les retenir, un petit moyen mnémotechnique ridicule : « oh, oscar ma petite théière me fait grand peine six grogs » :

- ❖ Oh : *nerf olfactif* (nerf sensitif)
- ❖ Oscar: *nerf optique* (S)
- ❖ Ma: *nerf moteur oculaire commun* (nerf moteur)
- ❖ Petite : *nerf pathétique* → sert à l'ouverture ou à la fermeture des yeux
- ❖ Théière : *nerf trijumeaux* (3 branches) → sensibilité des :
 - Yeux, face, bouche (S)

- Bouche (M)
- ❖ Me : *nerf oculaire externe* (M)
- ❖ Fait : *nerf facial* :
 - Goût (S)
 - Mimiques (M)
- ❖ A : *nerf auditif* (S)
- ❖ Grand : *nerf glossopharyngien* :
 - Goût (S)
 - Cri (M)
- ❖ Peine : *nerf pneumogastrique ou vague* → 90% des ramifications nerveuses (M et S)
 - ❖ Six : *nerf spinal* → muscle trapèze (M)
 - ❖ Grog : *nerf grand hypoglosse* → mouvements de la langue (M)

- Parlons des méninges. Les **méninges** entourent chez le poisson le cerveau et la moelle.

- Origine des méninges : mésoblastique et elles vont former le liquide céphalorachidien.

- Voyons ce qu'il y a entre l'os du crâne et l'encéphale :

IV. Embryogenèse type de vertébré

- Passons maintenant à l'embryogenèse de l'amphibien qui va être notre modèle de base. Cette embryogenèse vaut aussi pour les poissons.

- Note, la différence entre embryon et fœtus :

⇒ Embryon : début de la formation

⇒ Fœtus : déjà une forme adulte

- Prenons soins de rappeler les plans conventionnels :

1. Fécondation

- L'œuf de l'amphibien = œuf à régulation → le devenir des cellules n'est pas déterminé dès le départ. L'œuf en formation peut compenser les pertes sans grands problèmes.

- Œuf d'amphibien = hétéroclite (irrégulier) → bcp de réserve sous forme de vitellus dans la région végétative et refoulement du noyau au niveau du pôle animal. Schéma :

- La fécondation se fait au niveau du PA car il y a des récepteurs à cet endroit.
Plusieurs étapes :

- 1) Fécondation au niveau du PA
- 2) Côté où le gamète mâle rentre = région ventrale
- 3) Déplacement de la couche pigmentée (mélanine)
- 4) Apparition du croissant gris = zone dépigmentée

- Schémas :

→ Vue dorsale :

- A ce stade on peut faire une carte des territoires présumptifs : on peut dire ce que vont donner les différentes parties de l'œuf.

- Mais comment faire pour déterminer les territoires présumptifs : tatouage de l'œuf fécondé. On met un colorant et on laisse l'œuf se développer. À la neurula, on verra bien les structures développées.

- Voilà la carte des territoires présumptifs :

2. Segmentation → 24h

- Division première : formation de 2 blastomères :

- 1^{er} plan = méridien :

- 2^{ème} plan = méridien (perpendiculaire au 1^{er})

- 3^{ème} plan = plus méridien et perpendiculaire aux 2 premiers

- Par la suite, division en 16, 32, 64... 5000 cellules
→ Formation de la *blastula* : (vue en coupe)

3. Gastrulation

= mise en place des territoires présomptifs.

- Cela se fait de 2 façons :

⇒ Invagination

⇒ Epibolie (= recouvrement d'une couche de cellules par une autre)

- Schéma d'une coupe en début de gastrulation :

- On a 2 zones principales que l'on distingue avec des marques colorées :

1) Calotte de l'hémisphère animal faite d'*ectoblaste* et qui donnera :

⇒ **Epiblaste**

⇒ **Neuroblaste**

2) Calotte de l'hémisphère végétatif = *endoblaste* → futur tube digestif.

3) Zone intermédiaire = *mésoblaste*. Il donnera :

⇒ **Corde**

⇒ **Musculature**

⇒ **Squelette**

⇒ **La plupart des organes internes**

- Voyons maintenant les différentes étapes :

1) Mouvement du bouchon vitellin vers l'intérieur de la structure (= invagination de l'endoblaste) → formation de la **LBV** et de la **LBD**. On a une ébauche de l'**archantéron** = tube digestif primitif. Disparition progressive du blastocœle progressive. Schéma :

2) Allongement de la bestiole avec **formation de la corde** et **formation de l'anus** (qui précède celle de la bouche = deutérostomien). Mise en place de la **plaque neurale**. Voilà la bestiole à ce stade :

- Faisons 2 coupes :

A →

B →

4. Neurulation

- Neurulation :

- ⇒ Formation du tube neural
- ⇒ Différenciation du mésoblaste

- Parlons un peu de la formation du tube neural :

- 1) Allongement de l'embryon. Aplatissement du *neuroblaste* et soulèvement des bords latéraux en bourrelets (*bourrelets médullaires*) et formation de la *gouttière neurale* avec le rapprochement des bourrelets. Schémas :

- 2) Les bourrelets se rapprochent de + en + et fusionnent pour donner le *tube neural*. Il y a aussi formation du canal de l'épendyme. Schémas :

- L'*épiblaste* recouvre alors totalement l'embryon.

- Parlons un peu de la différenciation du mésoblaste :

1) **Fragmentation du manteau cordo-mésoblastique en 3 zones :**

- ⇒ Zone dorsale
- ⇒ Zone intermédiaire
- ⇒ Zone ventrale

2) **La région dorsale se scinde pour former les somites où métamères :**

- ⇒ Dans ceux-ci, apparition d'une petite cavité = le *myocoele*
- ⇒ Paroi externe d'un somite = *dermatome*, donnera le derme
- ⇒ Paroi interne = *myotome*, donnera au niveau dorsal la musculature
- ⇒ Région inférieurs de la paroi interne = *sclérotome*, donnera le cartilage et l'os du squelette axial

3) **La zone intermédiaire donnera les ébauches uro-génitales**

4) **La zone ventrale se scinde en 2 : formation de la cavité cœlomique dont la paroi externe est la *somatopleure* et la paroi interne la *splanchnopleure* qui entourent le tube digestif.**

- Voilà un beau schéma :

5. Stade final : le bourgeon caudal (20-30h)

- Avant l'éclosion : partie antérieure du tube neurale met en place les 3 vésicules primaires de l'encéphale :

⇒ *Prosencéphale*

⇒ *Mésencéphale*

⇒ *Rhombencéphale*

- Dissociation de la *plaque précordale* en *mésenchyme* qui donne naissance à une partie du squelette et du tissu de soutien de la tête. Dissociation également du mésoblaste caudal en mésenchyme qui intervient dans la constitution de la queue.

- Splanchnopleure = origine des muscles lisses et des viscères.

- Somatopleure = origine de la musculature viscérale de la tête

- Formation de la bouche.

- Voilà le dessin général :

- Une jolie coupe transversale :

V. Description du système excréteur et reproducteur

1. Système excréteur

- Voyons la partie que nous allons étudier :

→ Le système excréteur se différencie à partir de la **zone mésoblastique métamérisée** se situant entre les somites et la cavité coelomique ventrale. On a un développement de plusieurs types de reins au cours du temps :

- **Pronéphros** = rein de l'embryon. Localisation : zone des vertèbres cervicales
- **Mésonephros** = rein définitif chez les poissons et amphibiens. Localisation : zone dorsolombaire.
- **Métanéphros** = rein définitif (amniotes = reptiles, oiseaux, mammifères). Localisation :

a) *Pronéphros*

- Différenciation d'un *pronéphros* fait de *néphrons* = tubes urinaires se formant à partir de la *somatopleure*. Schéma :

→ Filtrage du sang venant des *glomérules de Malpighi* par la *capsule de Bowmann*.

b) Mésonéphros

- Avec l'évolution : dégénérescence du *pronéphros* sauf l'*uretère primitif* = constitution du mésonéphros. Apparition de nouveaux néphrons et de glomérules. Schéma :

→ Ce sera le rein définitif des poissons et des amphibiens.

c) *Métanéphros*

- Chez les vertébrés amniotes, *mésonéphros* = formation embryonnaire à laquelle succède un *métanéphros*. Un *diverticule du canal de Wolff* vient s'y déboucher. Il forme l'*uretère définitif*. Voici un beau schéma du métanéphros :

2. Système reproducteur

- Le système reproducteur des poissons se différencie à partir d'un repli somatopleural situé au voisinage du *mésonephros*. Voici un schéma de la zone à traiter :

- Voici les différentes étapes :

1) Formation d'une crête génitale impaire, puis formation de 2 crêtes génitales paires grâce au dépôt de *gonocytes* et de *cellules nourricières* dans des cavités de la *somatopleur* :

2) Formation de la *medulla* et du *cortex* de la future glande sexuelle :

3) *Pédonculisation* → formation d'une glande sexuelle indifférenciée :

4) *Différenciation* : mâle ou femelle :

➤ Femelle :



Mâle :

3. Système excréteur et génitale du vertébré : schémas généraux

VI. Adaptation à l'eau douce et l'eau de mer - migration

- Voyons les différences physiologiques chez les poissons d'eau douce et les poissons d'eau de mer.

1. Eau douce

- Pour maintenir son homéostasie : l'eau rentre et les sels vont ressortir. Comment fait-il :

- ⇒ Reins riches en glomérules → urine abondante (300 à 400 ml/jour/Kg)
- ⇒ Urine hypotonique par rapport au milieu interne
- ⇒ Récupération des sels via :
 - ❖ La nourriture
 - ❖ Branchies (ions monovalents)
 - ❖ Reins
- ⇒ La surface du corps = couverte de mucus et est peu vascularisé

2. Eau de mer

- Pour maintenir son homéostasie : l'eau sort et les sels rentrent. Comment fait-il ?

- ⇒ Reins pauvres en glomérules → peu d'urine (100× - → 3-4 ml/jour/Kg)
- ⇒ Urine isotonique par rapport au milieu interne
- ⇒ Elimination des excès de sels par les branchies (récupération de l'eau via la « boisson »)

3. Saumons et anguilles

- La plupart des poissons = sténohalins → supportent passivement les variations de salinité du milieu ambiant.

- Poissons des estuaires = euryhalins → supportent de grandes variations. Il y a plusieurs types d'*euryhalins* :

- ❖ Poikilosmotiques = supportent passivement des variations de pression osmotique dans certaines limites.
- ❖ Homoiosmotique = possèdent des mécanismes régulateurs corrigeant les tendances à la modification de la pression osmotique.

- !!! Des espèces manifestent des métamorphoses physiologiques importantes : anguilles et saumons = poissons migrateurs. La migration est associée à la reproduction.

→ Anguille :

→ Saumon :

- Koch et Fontaine étudient les épinoches : certaines épinoches vivent en eau de mer et la reproduction a lieu en eau douce. Ils apportent des réponses au phénomène migratoire. Voici ce qu'ils ont fait :

- 1) En état de repos sexuel : injection d'une **hormone thyroïdienne** : les épinoches vont alors dans des eaux de faible salinité. Or, on sait que des épinoches à maturité sexuelle présente une activité de la thyroïde importante. **Conclusion** : **contrôle hormonal du phénomène de migration**.
- 2) Mise en évidence du rôle de la **prolactine** dans le contrôle des mécanismes d'osmorégulation → favorise la **capture du Na**.

→ Les phénomènes migrateurs s'expliquent donc par des modifications temporaires de la physiologie de l'espèce, exigeant un changement du milieu de vie sous peine de voir le poisson succomber à un stress intolérable.

VII. Amorce de la vie amphibie

→ On retrouve chez certains poissons des structures prêtes à l'adaptation à la vie terrestre. Quelques exemples :

- Modification de l'appareil respiratoire et de la vessie natatoire (constitue une sorte de pré-poumon)
- Acquisition de nageoires pédonculées

1. Les branchies

- Les branchies captent l'oxygène dissous dans l'eau. Elles sont apparues chez les **procordés** et se présentent de manières différentes selon l'évolution des poissons pour avoir la forme de **branchies flottantes** chez les **téléostéens**. **Schéma général** au niveau de la tête du poisson :

- A ce stade de l'évolution (téléostéens, elles se divisent en 2 lobes principaux dont **une extrémité est attachée à l'arc branchial** et l'autre flotte librement.
- Leur irrigation est assurée par 2 vaisseaux : le *canal afférent* et le *canal déférent* qui sont réunis par des réseaux de capillaires se logant dans les expansions latérales. Schéma :

- Mécanisme :

⇒ Eau aspirée par le mvt des nageoires, bouche, sur les branchies et expulsion

- ⇒ Particules alimentaires : retenues par des épines au niveau des arcs branchiaux, puis vont dans l'œsophage
- ⇒ Protection des branchies par un opercule

- **Notes** : la circulation du sang et de l'eau sur les branchies n'est pas quelconque : **circulation à contre-courant** = échanges gazeux plus efficaces. Si pas contre courant : rendement plus faibles des échanges gazeux. **Illustration** :

2. Amorces de la respiration « hors de l'eau » = respiration pulmoné

- La respiration pulmoné apparaît suite à la formation d'une ou de deux poches qui sont des invaginations de la paroi de l'œsophage. Ces invaginations = **vessies natatoires ou vessies gazeuses**.

- Chez la plupart des poissons, la vessie natatoire = **organe hydrostatique** qui permet à la bestiole de s'équilibrer dans la flotte. Mais c'est aussi un organe acoustique = caisse de résonance.

- Mais, chez les dipneustes, par exemple, la vessie natatoire intervient aussi dans la **respiration**.

- Notons aussi que l'on a **2 types** de poisson (téléostéens) :

⇒ **Physostomes** : vessie natatoire située dorsalement, elle communique avec l'œsophage

⇒ **Physicalistes** : il n'y a plus de jonction avec l'œsophage

- Autre structure : les **choanes** = poches jouant un rôle dans l'**olfaction**. Chez les dipneustes (poissons relativement fort évolués), les choanes communiquent avec la cavité buccale : ce conduit sert au passage de l'eau et son rôle est toujours olfactif.

→ Participation des choanes à la **respiration chez les amphibiens** avec un rôle olfactif qui est également maintenu. Schéma :

3. Respiration // à l'amphioxus

- La respiration est très // à celle de l'amphioxus.

- Mais une modification importante : **apparition du cœur**. Schéma : _

VIII.

Cadre systématique

- Voyons les grandes classes :

1. Agnathes (classe)

- Pas de mâchoire. Exemple type : la lamproie.

2. Gnathostomes

- Ici : ce sont les poissons proprement dit.

- 20000 espèces déjà décrites.

- On distingue différentes classes :

a. **Placodermes**

- Ce sont des animaux fossiles.

b. **Chondrichtyens**

- Poisson avec un squelette totalement cartilagineux mais plus ou moins imprégné de calcaire.

- 2 grands groupes :

- **Sélaciens** : 5 à 7 paires de fentes branchiales, une paire de narines, pas de vessie natatoire, une queue hétérocerque. 2 grands types :
 - **Requins** : fentes branchiales latérales.
 - **Raies** : fentes branchiales ventrales.
- **Holocéphale** : fentes branchiales recouvertes d'un repli cutané.

c. **Osteichtyens actinoptériens**

- Squelette interne qui s'ossifie.

- Présence d'une vessie natatoire.

- Division en 3 super-ordres :

- **Chondrostéens** : crâne cartilagineux et écailles ganoïdes. La corde demeure non segmentée. Queue hétérocerque. Exemples : esturgeons

- Holostéens : crâne ossifié, persistance de la corde mais avec une segmentation vertébrale. Queue hétérocerque.
- Téléostéens physostomes : queue hétérocerque + écailles cycloïdes. On retrouve différents sous-ordres :
 - Isospondyles avec les salmonidés
 - Haplomes (brochet)
 - Ostiarophysaire (différenciation des premières vertèbres). On a les siluridés par exemple.
 - Apodes : corps serpentiniformes → anguillidés
- Téléostéens physoclistes

d. Osteichthyens sarcoptérygiens

- Crossoptérygiens : divisés entre actinistiens et coelacanthiformes
- Dipneustes : ils ont une vessie natatoire servant de poumon

Chapitre 4 : les amphibiens

I. Aperçu historique

1. Vue générale

- Les amphibiens ou batraciens = premiers vertébrés tétrapodes à respiration branchiale chez les larves, et à respiration pulmo-cutanée chez les adultes (cutanée pour l'hiver).
- Métamorphose importante (au niveau du développement postembryonnaire).

2. Phylogénèse

- Dessinons un joli arbre pour voir d'où viennent les amphibiens :

→ *Tableau donné au cours à retenir.*

- Mais attention. Les amphibiens actuels apparaissent à la fin du jurassique : on parle de la sous-classe des *Lissamphibiens*. Les *Lissamphibiens* se divisent en 4 groupes :

- 1) Apodes : (= gymniphones) ils sont aveugles et vermiformes. Ils sont aussi peu nombreux et mènent une vie plutôt souterraine.
- 2) Urodèles : métamorphose non complète, ils gardent l'appendice caudal. Il y a les tritons et les salamandres.
- 3) Anoures : nombreux, ils perdent leur queue au cours de la métamorphose. On connaît les grenouilles.
- 4) Trachystomes : disparition des pattes postérieures : salamandre néotignique.

II. Embryogenèse

1. Fécondation
2. Segmentation
3. Gastrulation
4. Neurulation
5. Stade du bourgeon caudal

→ Voir le poisson.

6. Embryologie causale

- OK, de l'ensemble des mouvements morphogéniques résulte une larve. Tentons de comprendre les mécanismes contrôlant celle-ci. Pour cela, répondons à une série de questions :

1. A quel moment le devenir des cellules est-il fixé ?

- Avant la gastrulation : je prends des cellules qui vont devenir nerveuses, je les mets en position endoblastique → elles donneront l'endoblaste → l'« environnement cellulaire » joue un rôle important.

- Si je fais cette expérience en fin de gastrulation, ceci n'est plus vrai.

→ C'est au cours de la gastrulation que le potentiel évolutif d'une cellule est déterminé de manière irréversible.

2. Quels sont les agents qui vont fixer, déterminer le devenir des cellules

1) Je coupe un morceau de la jeune gastrula au niveau de la LBD et je transfère ce greffon en position ventrale :

2) Je suis le développement et j'obtiens 2 tritons liés :

→ Les cellules du greffon ont donné ce qu'elles auraient données en place d'origine, mais elles ont modifiées les cellules de leur entourage : **induction**.

3. Mais qu'elle est la nature de cet agent et donc de l'induction ?

- Les cellules du greffon sont tuées via de l'alcool, malgré cela, elles sont toujours inductrices → DONC, ce sont des substances dans les cellules qui sont inductrices = substances diffusant dans l'entourage.

- Il nous faut parler de l'expérience de Niu et Twitty. Voilà ce qu'ils font :

- 1) Ils isolent des cellules des la LBD
- 2) Mise en culture de ces cellules :

- 3) Les cellules vont libérer des inducteurs
- 4) Ils concentrent le milieu pour avoir bcp de molécules
- 5) Application de ces cellules au niveau ventral → ça marche !!!

- Allons plus loin : notre concentré d'inducteur est traité avec des ribonucléases → disparition de l'induction neurogène. Même chose avec des protéases (plus d'induction).

→ On aurait donc affaire à des **ribonucléoprotéines pour l'induction neurogène + d'autres protéines pour l'induction mésodermique**.

- En bref, on a deux inducteurs :

- Nature **ribonucléoprotéique** : induit le cerveau antérieur, les yeux et les narines = **inducteur neuralisant**.

- Nature **protéique** : induit la corde, la musculature, les reins et le bourgeon des membres = **inducteur mésodermique**.

4. Comment interagissent les inducteurs ?

- **Hypothèse** : le développement embryonnaire est **commandé par des gradients respectifs de chacun des 2 facteurs**. Par exemple, pour l'induction neurogène, on a une concentration qui diminue de manière dorso-ventrale. Par contre, la concentration maximale du médiateur mésodermique se situerait à l'extrémité postérieure de la région dorsale :

→ *Il y a des combinaisons originales d'inducteurs à chaque endroit de l'embryon : cela donne la structure originale.*

- Mais bon, cette hypothèse est-elle correcte ? Il faut vérifier et on a 2 moyens :

- Directe (téatologie) = science des monstres
- Indirecte. Développons ce point avec le **facteur neuralisant** :

- ⇒ Aspect pathologique : rubéole : libération de toxine : elles passent à l'embryon et il y a alors perturbation du gradient neurogène → des séquelles seront présente, donc, la vaccination est très conseillée
- ⇒ Aspect expérimental : traitement de l'embryon au **LiCl** → cela entraîne une **dilution du gradient neurogène** et la **cyclopie** apparaît

III. Métamorphose

1. Les grandes étapes

- Voyons un peu le passage du stade têtard au stade adulte.
- Le développement de l'œuf donne d'abord une larve fixée, ensuite une larve mobile = le têtard.
- Par la suite, un **remodelage des différentes structures** va s'effectuer. Cette métamorphose accompagne le passage de la vie dans l'eau à la vie hors de l'eau. Elle implique chez le têtard :

1. Remplacement de la respiration branchiale par la respiration pulmonocutanée.
2. Apparition des pattes avant et arrière : adaptation à une vie quadrupède. En même temps : réduction de la queue jusqu'à disparaître chez les anoures.
3. Remaniement du tube digestif avec le passage d'un régime herbivore à un régime carnivore.
4. Entrée en action de la fonction glycogénique du foie et fonction endocrine du pancréas (insuline/glucagon).
5. Vision : les pigments en milieu aquatique = porphyrine, et en milieu terrestre, on a affaire à la rhodopsine
6. Système excréteur : passage d'un type ammonotélique au **mode urotélique** → lors de la digestion, il y a production d'N qu'il faut éliminer. Comment faire ? L'animal aquatique va fabriquer de l'ammoniaque, mais en milieu terrestre, de l'urée (un peu moins toxique que l'ammoniac). Note : les oiseaux et les mammifères → formation d'acide urique semi-solide (= Guano).

2. Contrôle de la métamorphose

- Des expériences sur le contrôle de la métamorphose ont été effectuées par un certain Güdemasch (biologiste allemand) → **mise en évidence du rôle joué par des hormones**. Voyons les étapes clés des expériences :

- 1) Il constate que des extraits de la glande thyroïde d'un animal adulte déposés sur les têtards avant la métamorphose mène à une métamorphose plus précoce.

2) Si la glande thyroïde du têtard est enlevée, il n'y a pas de métamorphose, mais si on rajoute des extraits de thyroïde, il y a métamorphose

- Les hormones en jeu seront identifiées plus tard. En fait, c'est la thyroxine qui joue un grand rôle dans l'histoire.
- Thyroxine = ensemble de aa → T4 => résulte de l'attachement de 4 iodes sur la structure moléculaire (chez nous c'est surtout T3 qui est active).
- Un examen histologique de la glande montre une activité accrue durant la métamorphose

- Voilà le schéma général de contrôle :

- **Exemple** : on prend une pastille contenant de la T4 et on met cette pastille sur la queue d'un têtard → régression de la queue.

→ Mais que se passe-t-il en fait :

- 1) Existe sur les cellules de la queue d'un têtard des récepteurs spécifiques à l'hormone
- 2) Quand l'hormone touche R → 1^{er} messenger, 2^{ème} messenger (Ca^{++} , $AMP_c...$)
- 3) Déclenchement d'enzymes qui vont dégrader la queue (enzymes lysosomiaux)

- Approfondissons en schématisant les structures en jeux :

IV. Structure de l'adulte

1. Squelette et muscles

a. Les vertèbres

- La colonne vertébrale est **courte** et est faite de **9 vertèbres**. Parlons de deux vertèbres les plus intéressantes :

1. Première vertèbre = vertèbre atlas

- Caractéristiques :

- Ne possède pas d'hypophyse transverse

- Mobilité de la tête par rapport au tronc grâce aux 2 condyles qui se logent dans les facettes concaves

- Schéma :

2. 2^{ème} vertèbre

3. Dernière vertèbre = vertèbre sacrée

- Dernière vertèbre = vertèbre sacrée. Voyons une vue dorsale :

- Maintenant passons à une vue latérale gauche :

4. Vertèbres procoeles et acoeles

- An niveau des vertèbres, on parle de vertèbres procoeles chez l'amphibien.
Schéma :

→ Comparons aux vertèbres chez nous qui sont acoeles :

b. Structure de la ceinture pectorale

- La ceinture pectorale : elle n'est pas fixée au crâne et n'est pas en relation directe avec la colonne vertébrale. Voyons ce qu'elle comprend :

c. Structure générale du membre pentadactyle

- Voyons sa structure générale :

- **Mais !!!** → Il y a par rapport à ce modèle des particularités au niveau des amphibiens :

- Radius et cubitus soudés
- Tibia et péroné soudés
- Il n'y a que 6 carpes et tarse
- Membres antérieurs : que 4 doigts

2. Système circulatoire et respiratoire

- Le système circulatoire des amphibiens est très particulier : il constitue une étape intermédiaire entre celui des poissons et des vertébrés supérieurs.

a. *Système artériel du têtard*

- Voici les principales caractéristiques :

- Existence de 4 paires d'arcs aortiques
- Capillarisation des arcs correspondant aux 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} paires d'arcs viscéraux des poissons dans les 3 paires de branchies du têtard
- Irrigation de la tête par des ramifications des arcs 3

- Schéma général (région antérieurs au cœur en vue latérale gauche) :

b. Système artériel de l'adulte

- Le passage d'une respiration branchiale à une respiration pulmonaire et cutanée suppose une métamorphose importante :

- Disparition des branchies (capillaires branchiaux)
- Disparition du canal de Botal
- Jonction disparaît
- Arc 5 disparaît

- Voici un nouveau schéma général de la région antérieure au cœur :

- Voici un schéma d'une coupe frontale du cœur :

→ Les caractéristiques générales sont :

- 2 oreillettes avec communication avec un seul ventricule
- Passage du sang :
 - 1) Passage du ventricule dans le cône artériel
 - 2) Passage dans les différents arcs aortiques
 - 3) Au niveau du sinus veineux, il y a mélange de sang oxygéné (veine cutanée) et désoxygéné (veine cave)
 - 4) Passage dans l'oreillette droite

- La paroi du ventricule riche en fibres musculaires avec face interne fortement découpée
- **!!!** → le cœur d'amphibien n'est pas seulement un organe moteur comme chez les poissons, c'est aussi un organe mélangeur → cela permet de miser aussi bien sur la respiration cutanée que pulmonaire

- Voici un schéma plus développé du système artériel de l'adulte :

c. Système veineux de l'adulte

- Voyons de quoi il se compose :

- 2 veines pulmonaires : elles ramènent le sang oxygéné à l'oreillette gauche
- 2 veines caves collectent le sang provenant de la région céphalique (veines jugulaires), de la peau (veines cutanées) et des membres antérieurs (veines sous-clavières) → elles aboutissent alors à l'oreillette droite
- 2 veines fémorales : elles collectent le sang provenant des membres postérieurs → elles aboutissent aux reins
- Veine cave postérieure : reprend le sang après la filtration → elle aboutit au sinus veineux
- !!! : les 2 veines fémorales émettent 2 branches latérales que se soudent et forment une veine abdominale aboutissant au foie
- Veine porte hépatique : reprend le sang provenant de l'estomac et de l'intestin → elle aboutit aussi au foie

- Un schéma :

d. Hibernation

- Si on refait un dessin de la circulation du sang chez les amphibiens : on remarque que même sans poumon le sang circule. Schéma :

- Chez nous, ce n'est pas le cas : si on fait l'expérience de mettre un être humain dans le fond d'un étang pendant une heure, il y a de fortes chances que la personne décède. Schéma :

e. Système lymphatique

- Prenons un schéma de capillaires sanguins :

- Voyons ce qu'il peut se passer avec le plasma :

- 1) Dans le sang, on retrouve le **plasma** : il peut passer les capillaires pour devenir ce que l'on appelle le liquide extravasculaire ou **liquide intertidale**.
Son rôle : apporter les nutriments à la cellule.
- 2) Le liquide intertidal re-rentre en partie dans le réseau de capillaires : il va donc rester un excède de liquide intertidal évacué par un canalicule hépatique à terminaison aveugle (ou cul de sac) → il devient la **lymphe**.
- 3) Par la suite, les canalicules vont devenir des sacs aplatis = sacs lymphatiques entre le derme et la musculature.
- 4) Les sacs lymphatiques donnent des canaux qui aboutissent à la racine des membres antérieurs (veines caves antérieures) et postérieurs (veines fémorales) où on trouve des cœurs lymphatiques qui vont renvoyer la lympe dans le système veineux (via les différentes veines citées donc)
- 5) **!!!** : les cœurs lymphatiques disparaissent chez les oiseaux et les mammifères

- Schéma illustrant les étapes :

- Il nous faut maintenant donner les 3 rôles du système lymphatique :

1. Il sert au transport des graisses (chylomicron = agencement de protéines et graisses)
2. Drainage des excès de liquide intertidal
3. Ligne de défense contre les agents infectieux grâce à des ganglions lymphatiques sur le circuit (on trouve notamment des macrophages et des lymphocytes)

f. La respiration

- Elle est pulmo-cutanée et elle s'effectue donc à hauteur de 3 surfaces :

- Les poumons
- L'épithélium buccal
- La peau

- Voyons donc séparément les 2 types de respiration :

1. Pulmonaire

- Elle se fait en 2 temps :

1. Inspiration :

- Abaissement du plancher buccale
- Fermeture des choanes
- Le plancher remonte et l'air passe dans les poumons

II. Expiration :

- Les poumons sont riches en fibres élastiques : retour à la position de départ
- Remontée du plancher buccale
- Ouverture des choanes

→ On a ce schéma :

2. Cutanée

- Caractéristiques générales de la peau :

- La peau est constituée d'un épiderme et d'un derme pluristratifié.
- La surface épidermique est gardée humide grâce à des sécrétions de glandes qui résultent de l'invagination locale de l'épiderme dans le derme.
- Notons aussi que le derme comporte aussi de nombreux pigments responsables de la coloration variée sur la surface de la peau.

- Caractéristiques de la respiration cutanée :

- Le pou est très vascularisée : permet des échanges gazeux continus.
- Respiration suffisante lors de l'hibernation.
- Pendant la vie active : ce type de respiration seul est insuffisant.

3. Système nerveux, digestif et urogénital

a. *Système nerveux*

1. Les 5 parties du cerveau

- SN très proche de celui du poisson.

- Comme chez le poisson, le cerveau n'occupe ici que partiellement la cavité crânienne. Voyons de quoi celui-ci est constitué :

1. Le télencéphale :

- ⇒ Hémisphères allongés et soudés se terminant par 2 lobes olfactifs (plus petits que chez le poisson)
- ⇒ Pallium avec une seule couche de cellules nerveuses
- ⇒ Disposition : substance grise interne / substance blanche externe

2. Le diencephale :

- ⇒ On retrouve ce que l'on appelle la **paraphyse** faisant partie du 2^{ème} ventricule
- ⇒ Prolongement du diencephale en une forme de large sac : l'**infundibulum**
- ⇒ **Hypophyse** = prolongement de l'**infundibulum**

3. Le mésencéphale :

- ⇒ C'est de cette partie du SN que font partie les **tubercules bijumeaux**

4. Le métencéphale :

⇒ On retrouve le **cervelet**, moins développé que chez les oiseaux et les poissons (ils doivent mieux savoir contrôler leur position dans un milieu fluide)

⇒ Rappel : le cervelet sert à l'individu de se situer dans l'espace

5. Le myélocéphale :

⇒ Il laisse apparaître le toit du 4^{ème} ventricule

2. Une nouveauté : l'oreille moyenne

- Faisons une coupe transversale au niveau du tympan. Schémas :

→ L'oreille moyenne constitue l'**organe stato-acoustique**.

- L'oreille moyenne comprend 2 cavités :

- I. L'**urticule dorsal**
- II. Le **sacculé ventral**

→ Ces cavités sont remplies d'un liquide = l'**endolymphe**

- Notons que l'oreille moyenne provient d'une modification d'une fente branchiale = l'évent.

- Pour comprendre le fonctionnement de l'oreille moyenne : voir schéma plus haut.

- Note : il est intéressant de comparer la structure de l'oreille moyenne avec les pièces dures de la méduse.

Chapitre 6 : les oiseaux

- I. Aperçu historique
- II. Solutions apportées aux problèmes que pose la vie en milieu aérien

III. Développement de l'oiseau

1. Embryogenèse

a. Description générale et fécondation

- Œuf d'oiseau est énorme et téolécithe → le développement se fait dans la partie terminale de l'œuf, le reste se trouve être des réserves.

- Il est riche en vitellus et le noyau est rejeté contre le bord supérieur (PA).

- Il existe 5 membranes au niveau de l'œuf :

- La **membrane vitelline** entourant l'œuf
- Le **blanc** (eau + albumine)
- **2 membranes laminaires de kératine** (un adhère à la coquille, l'autre entoure le blanc)
- La **coquille** (calcite) percée de pores pour les échanges gazeux

- Un schéma :

- Règle de Von Baer : délimite la position de l'embryon → perpendiculaire au grand axe de l'œuf

b. Segmentation

- Voyons les différentes étapes :

1. Disque germinatif

- La segmentation = partielle → elle néglige le PV, et est très forte au niveau du PA.

- Elle mène à la formation d'un disque germinatif fait de cellules entières, mais entourées de cellules incomplètes : un syncytium = le périblaste.

→ Schéma du disque germinatif :

- Voyons le schéma d'une coupe transversale du disque germinatif :

→ Description :

- Délimitation des cellules du disque pour donner l'épiblaste (supérieur) et l'hypoblaste (inférieur)
- Formation du blastocœle entre l'épiblaste et l'hypoblaste → il ne correspond qu'à la partie centrale du disque = aire pellucide
- Notons que la couronne périphérique = aire opaque
- Note : seule l'aire pellucide intervient dans la formation de l'embryon

2. Formation de l'archantéron

- A un stade plus avancé, on a :

- Ecartement de l'épiblaste et de l'hypoblaste
- Formation du blastocœle primaire et de l'archantéron

→ On a la *blastula secondaire*. Voici un schéma :

3. Carte des territoires présumptifs

- Voici la carte des territoires présomptifs :

c. Gastrulation (= mise en place des territoires présomptifs)

- Voyons les différentes étapes :

- 1) Elle débute au cours des premières heures de l'incubation et elle ne se fait pas par invagination, mais par immigration cellulaire au niveau de ce que l'on appelle la **ligne primitive** qu'elle se forme au niveau de l'aire pellucide (niveau postérieur) pour rejoindre le centre
- 2) Apparition du **nœud de Hansen** à l'extrémité antérieurs de la **ligne primitive**. Schémas :

- Reprenons depuis le début :

- 1) Au départ : observation d'un **épaississement de la région postérieure de l'aire pellucide**.
- 2) **Allongement** de cet épaississement → formation de la **ligne primitive**.
- 3) Le long de la ligne primitive, il y a une **invagination particulière** : migration des cellules superficielles de manière coordonnée → elles vont s'accoler à l'hypoblaste.
- 4) **Remplacement des cellules invaginées en surface par des cellules adjacentes** → elles s'enfoncent à leur tour de sorte que le sillon de la ligne primitive persiste, bien que les cellules qui la constituent soient continuellement remplacées.

- En fait : la **ligne primitive** indique le chemin suivi par les cellules présumptives des organes internes et elle peut être considérée comme un **blastopore**, même s'il n'y a pas encore à ce stade d'archantéron.

- Voici des schémas de fin de gastrulation :

d. Neurulation (= formation du tube neural)

- Quelques étapes :

- 1) **Formation du tube neural** à partir du neuroblaste
- 2) Formation d'une « **belle** » corde
- 3) Formation de l'**archantéron** = future tube digestif

→ Schémas :

4) Mise en place d'annexes embryonnaires

- a. Développement des différents feuillets autour du jaune (ectoblaste, mésoblaste, endoblaste)
- b. Sécrétion par l'endoblaste d'enzymes qui transforment le vitellus en matière assimilable
- c. Formation de cellules sanguines à partir du mésoblaste
- d. Formation du cordon ombilicale par étranglement
- e. Formation de la cavité amniotique qui va se remplir de liquide venant du blanc = dégradation de l'albumine
- f. Formation du coelome extraembryonnaire servant à la protection de l'embryon contre les chocs

- Schéma de l'embryon à 4 jours (CL) :

5) **Formation de l'allantoïde.** Elle a 3 fonctions essentielles :

- ❖ Stockage des déchets (acide urique)
- ❖ Oxygénation de l'embryon
- ❖ Panser du Ca^{2+} à partir de la coquille → de cette manière, la coquille sera plus facile à briser lors de la sortie du poussin après 21 jours d'incubation

6) Vers le 19^{ème} jour d'incubation : il y a contraction du reste de la vésicule vitelline pour être intégrée au tube digestif → cela constitue une réserve de nourriture pour les 2 premiers jours après l'éclosion