



UNIVERSITÉ  
BORDEAUX  
SEGALÉN

Licence Biologie - UE Biologie animale

---

# *Les appareils locomoteurs des Métazoaires*

Étienne Roux

*Adaptation cardiovasculaire à l'ischémie INSERM U 1034  
UFR des Sciences de la Vie Université Bordeaux Segalen*

*contact: [etienne.roux@u-bordeaux2.fr](mailto:etienne.roux@u-bordeaux2.fr)*

*support de cours :*

*plateforme pédagogique l'UFR des sciences de la Vie  
[e-fisio.net](http://e-fisio.net)*

*plan du cours et descriptif de compétences (format pdf)  
diaporama du cours (format ppt)*

# plan

---

généralité sur les systèmes locomoteurs  
les squelettes

*définition*

*squelettes hydrostatiques*

*squelettes rigides*

locomotion sur un support solide

*généralité*

*reptation*

*appareil locomoteurs latéraux*

nage

*généralités*

*propulsion par réaction*

*propulseurs axiaux*

*propulseurs latéraux*

vol

*généralités*

*ailes des Insectes*

*ailes des Tétrapodes*

conclusion

déplacement : passif ou actif

locomotion : déplacement actif

actif : génération d'une force - consommation d'énergie :  
appareil musculaire (transformation énergie chimique en énergie  
mécanique)

◆ support externe : nature du milieu

• appui sur un milieu solide : sol (éventuellement: fouissage)

• appui dans un milieu fluide : air et eau

◆ support interne de l'organisme : squelette.

• Évite à l'animal terrestre de s'effondrer sous son propre poids, à  
l'animal aquatique d'être déformé par les forces externes.

• Support pour les déformations contrôlées du corps responsables de la  
locomotion.

## muscle et tissus d'ancrage

**muscle** : système capable de générer une force et de la transmettre : mouvement.

les muscles ne sont capables que de raccourcissement actif, pas d'allongement (étirement passif) → principe des muscles antagonistes

**squelette** : support interne de l'organisme.

**muscle squelettiques** :

action mécanisme des muscles sur le squelette

→ déformations contrôlées du corps conduisant

→ déplacement de l'animal.

**tissu d'ancrage des muscles** :

ligaments, tendons, peau. propriétés élastiques passives.

## muscle et tissus d'ancrage

tissu d'ancrage : propriétés élastiques passives.

*cas particulier : Échinodermes*

oursin : tissu conjonctif formé de collagène dont la rigidité dépend du contrôle nerveux.

- situation normale : collagène déformable.
  - situation de stress : augmentation de la rigidité.
- maintien des piquants d'oursin dressés sans dépense musculaire.

## énergie musculaire - énergie élastique

énergie du mouvement : accélérer et ralentir

récupération de l'énergie par élasticité :

transformation de l'énergie cinétique en énergie potentielle : énergie élastique.

Une partie de l'énergie cinétique est stockée puis restituée par les éléments élastiques (ex. muscles, tendons).

saut : énergie musculaire + énergie élastique.

*cas particulier : puce*

accélération au moment du saut :  $2000 \text{ m.s}^{-2}$  (200 g)

Les muscles ne peuvent pas se contracter aussi vite.

stockage d'énergie potentielle dans une zone élastique située à la base des pattes postérieures : résilline (protéine dont les propriétés sont voisines de celle du caoutchouc).

restitution de près de 100 % de l'énergie stockée.

◆ support interne de l'organisme : squelette.

Évite à l'animal terrestre de s'effondrer sous son propre poids,

Évite à l'animal aquatique d'être déformé par les forces externes.

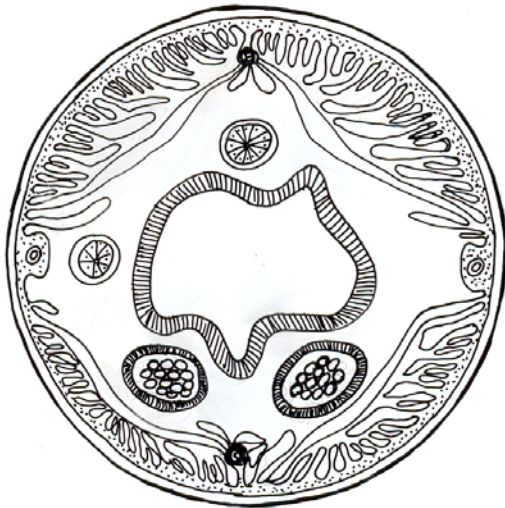
Support pour les déformations contrôlées du corps responsables de la locomotion.

◆ squelette rigide

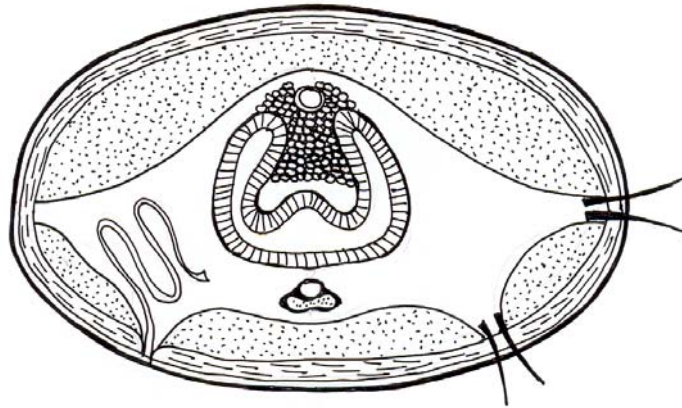
◆ squelette hydrostatique : hydrosquelette

hydrosquelette : compartiment à paroi souple rempli de liquide corporel

(ex: Annélides, Nématodes, trompe des éléphants, langue...)



Ascaris



Lombric

Contraction musculaire : pression sur un fluide incompressible. Si une partie de la paroi a une résistance moindre : déformation par allongement de cette paroi, mouvement de liquide vers la partie déformée, diminution de volume de la partie contractée.



structure musculaire hydrostatique :

courantes chez les animaux aquatiques : peu de dépenses énergétiques pour le maintien du poids du corps (densité du corps = densité du milieu).

milieu aérien : densité du corps > densité du milieu.

le maintien de la forme par un hydrosquelette nécessite une contraction permanente des muscles, coûteuse en énergie.

milieu aérien : densité du corps > densité du milieu.

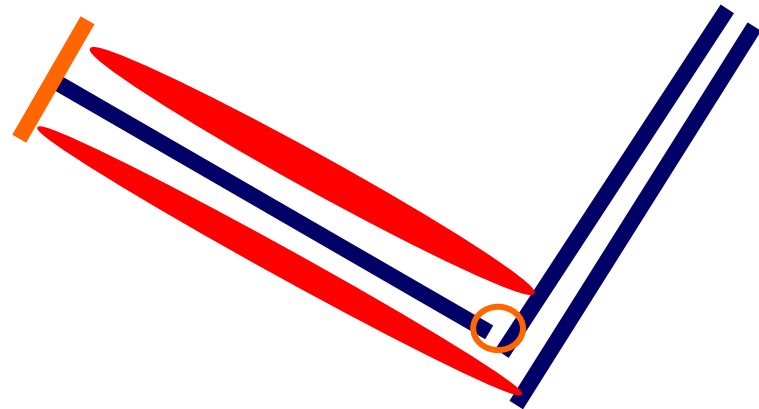
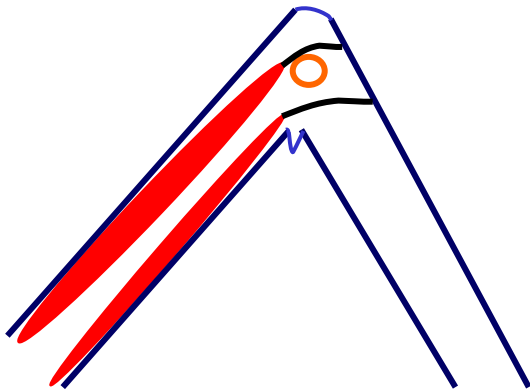
→ squelette rigide courant

## principes

squelette rigide : éléments rigides mis en mouvement par des muscles selon le principe du levier.

exosquelette (Arthropodes)

endosquelette (Vertébrés, Échinodermes)



NB: à poids égal, une structure creuse est plus résistante qu'une structure pleine

# les squelettes

# squelettes rigides

## exosquelette

## arthropodes : cuticule rigide

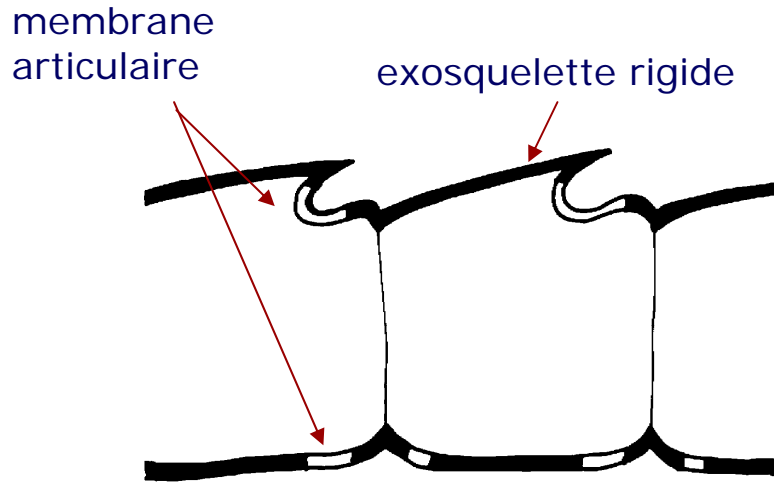
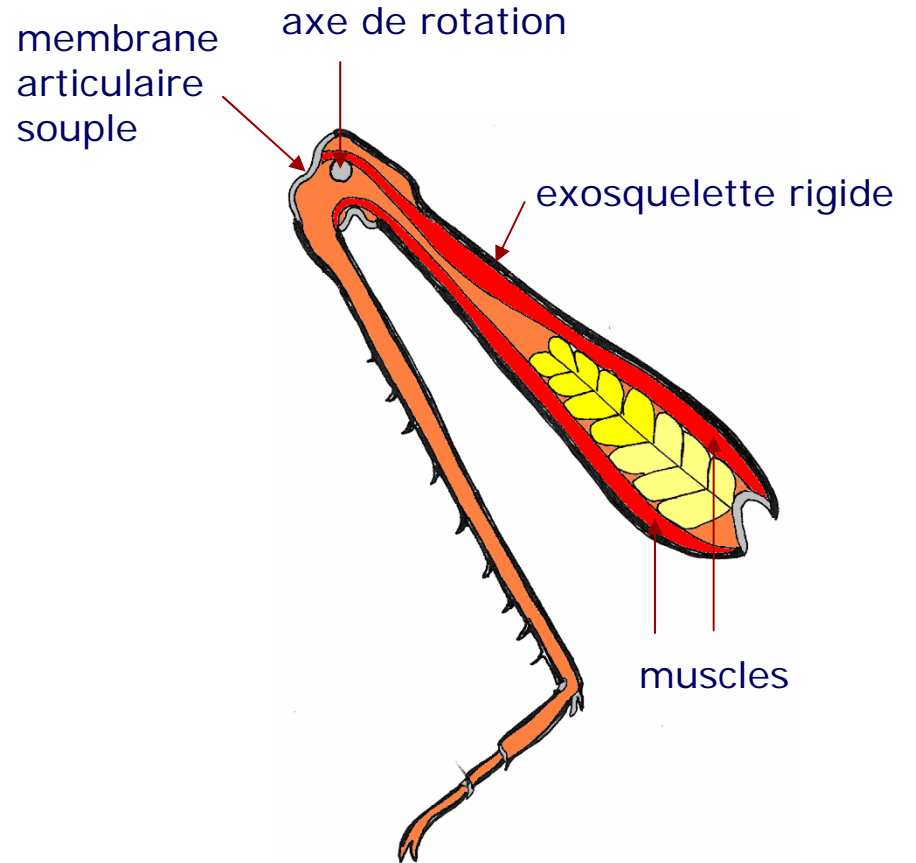


schéma de l'articulation des segments abdominaux d'un Insecte



patte d'un Criquet (*Locusta migratoria*)

# les squelettes

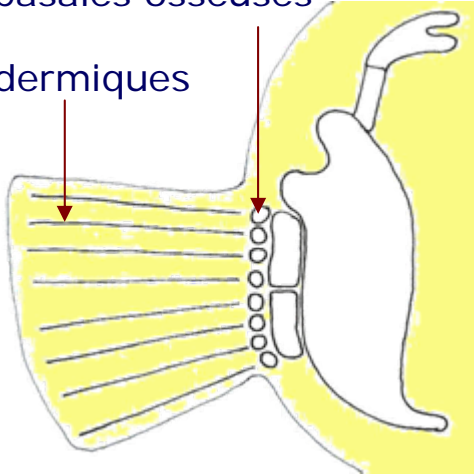
# squelettes rigides

## endosquelette

## Vertébrés : squelette cartilagineux ou osseux

pièces basales osseuses

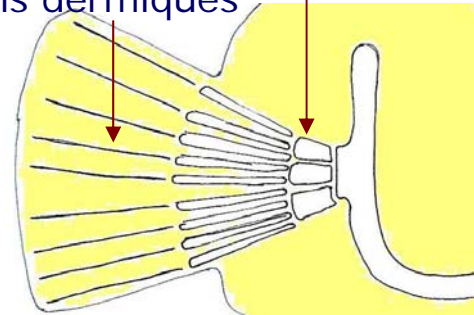
rayons dermiques



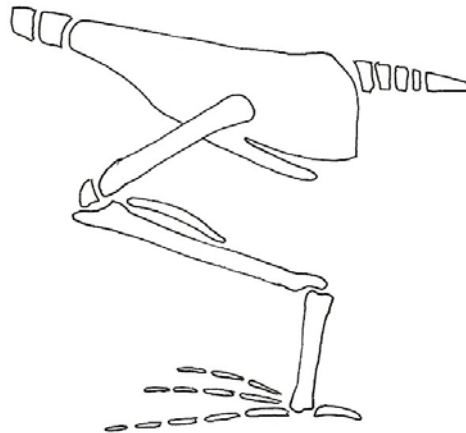
nageoire pectorale d'un Téléostéen

pièces basales cartilagineuses

rayons dermiques



nageoire pectorale d'un Sélacien



membre pelvien d'un oiseau

appui sur un support solide

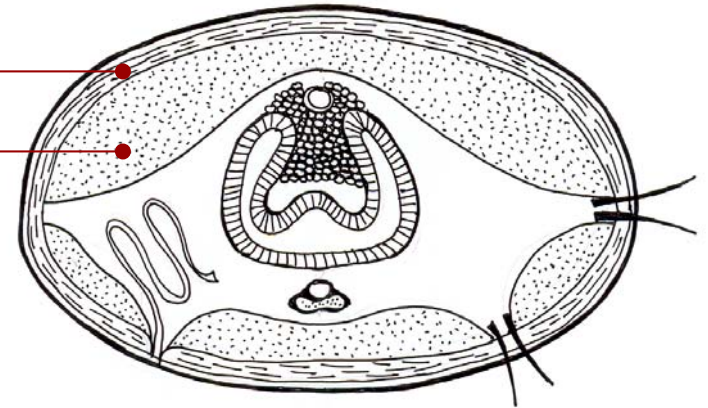
- reptation
  - marche / course
  - saut
  - fouissage
- 
- mouvement général du corps
  - mouvement d'appendice locomoteurs latéraux

allongement

ex : Lombric (Annélides)

muscles circulaires

muscles longitudinaux



Lombric

locomotion du ver de terre

1. contraction des muscles circulaires vers l'avant : l'avant s'amincit (perte de contact des soies) et s'allonge vers l'avant.

2. contraction des muscles longitudinaux : épaissement et accrochage des soies sur le support = ancrage.

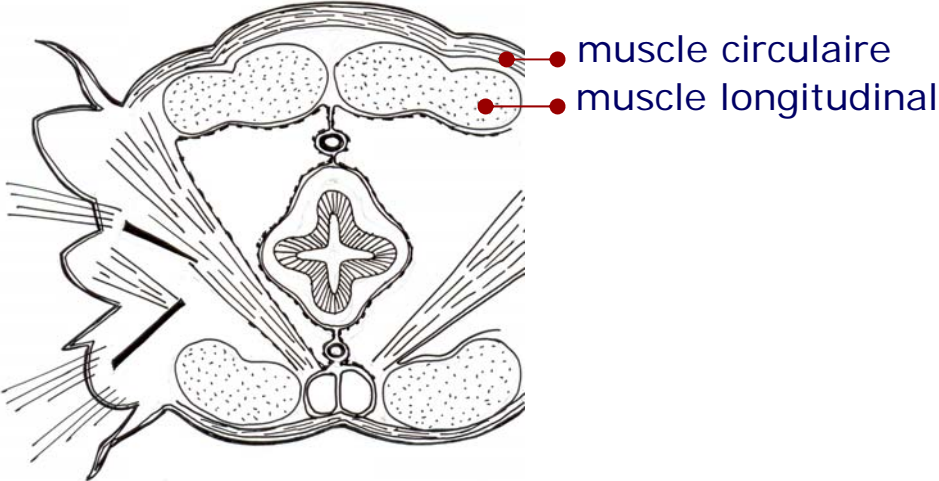
vague de contractions (circulaires puis longitudinales) de l'avant vers l'arrière = progression de l'animal vers l'avant.

support solide

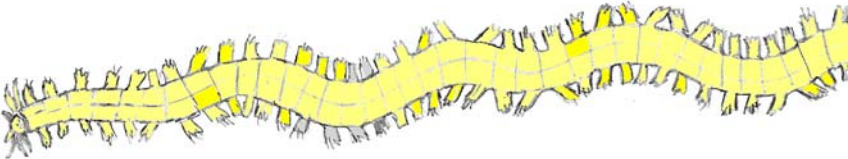
reptation

ondulation

ex : Néréis (Annélides)

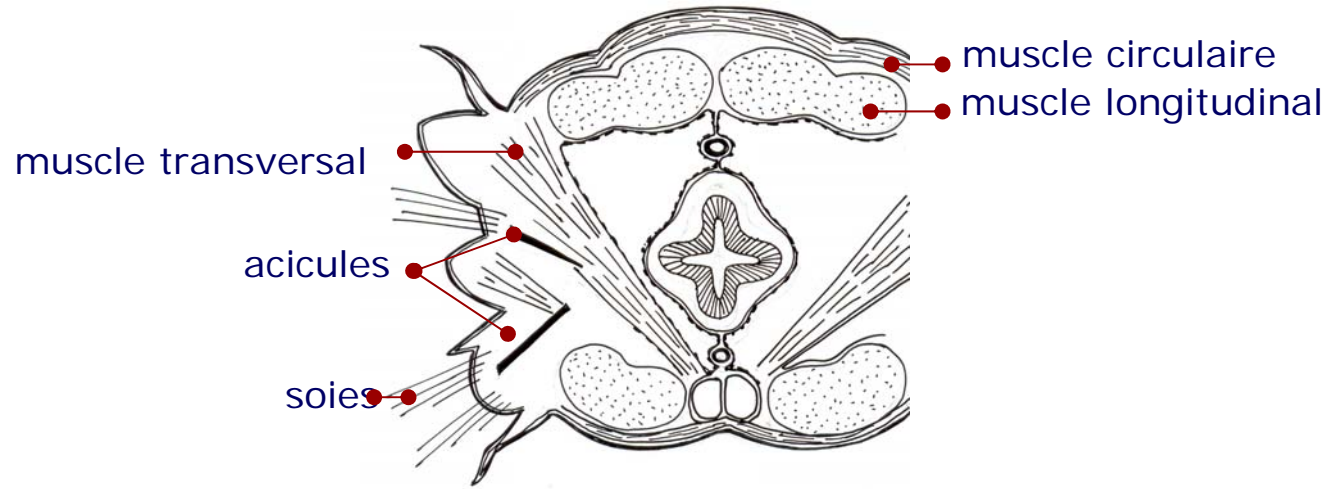


sens du déplacement ←

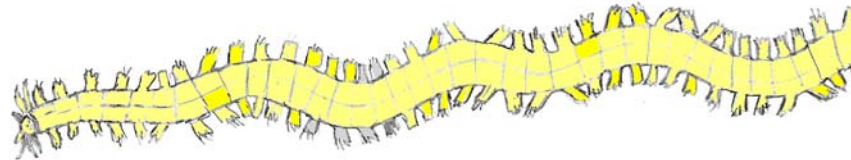


## parapode des Annélides

Néréis



sens du déplacement ←



muscles transversaux :  
mouvement du parapode  
soies nombreuses : ancrage sur le support solide

parapodes : → aide à la reptation  
→ pas de support du poids du corps



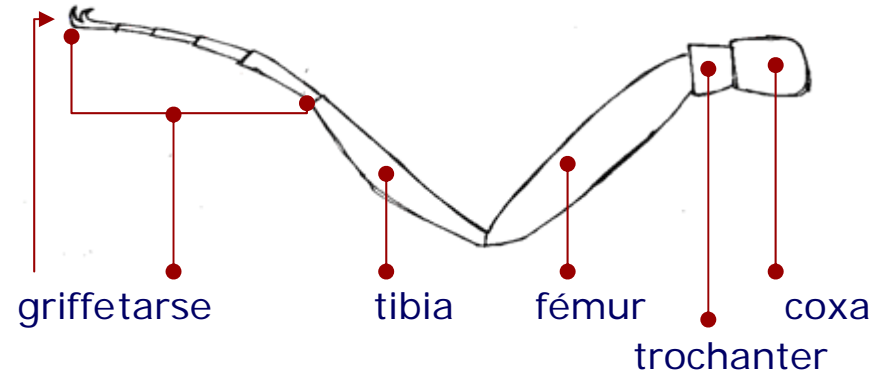
# support solide

# appareils locomoteurs latéraux

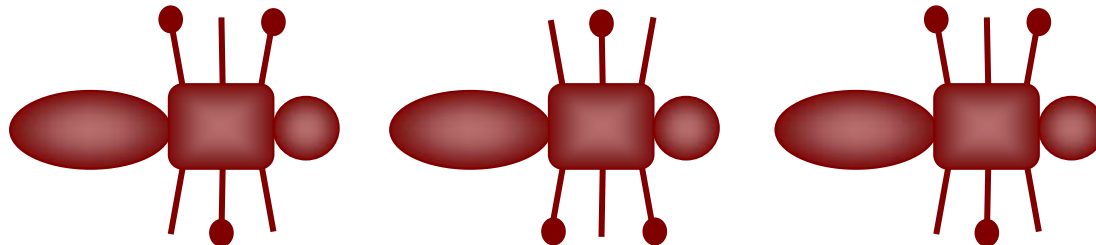
## patte des Insectes

structure générale

*Drosophila melanogaster*



appendice locomoteur : → support du poids du corps  
marche : mouvement d'appui alterné des membres (différentes séquences de marche - chronogrammes de locomotion)



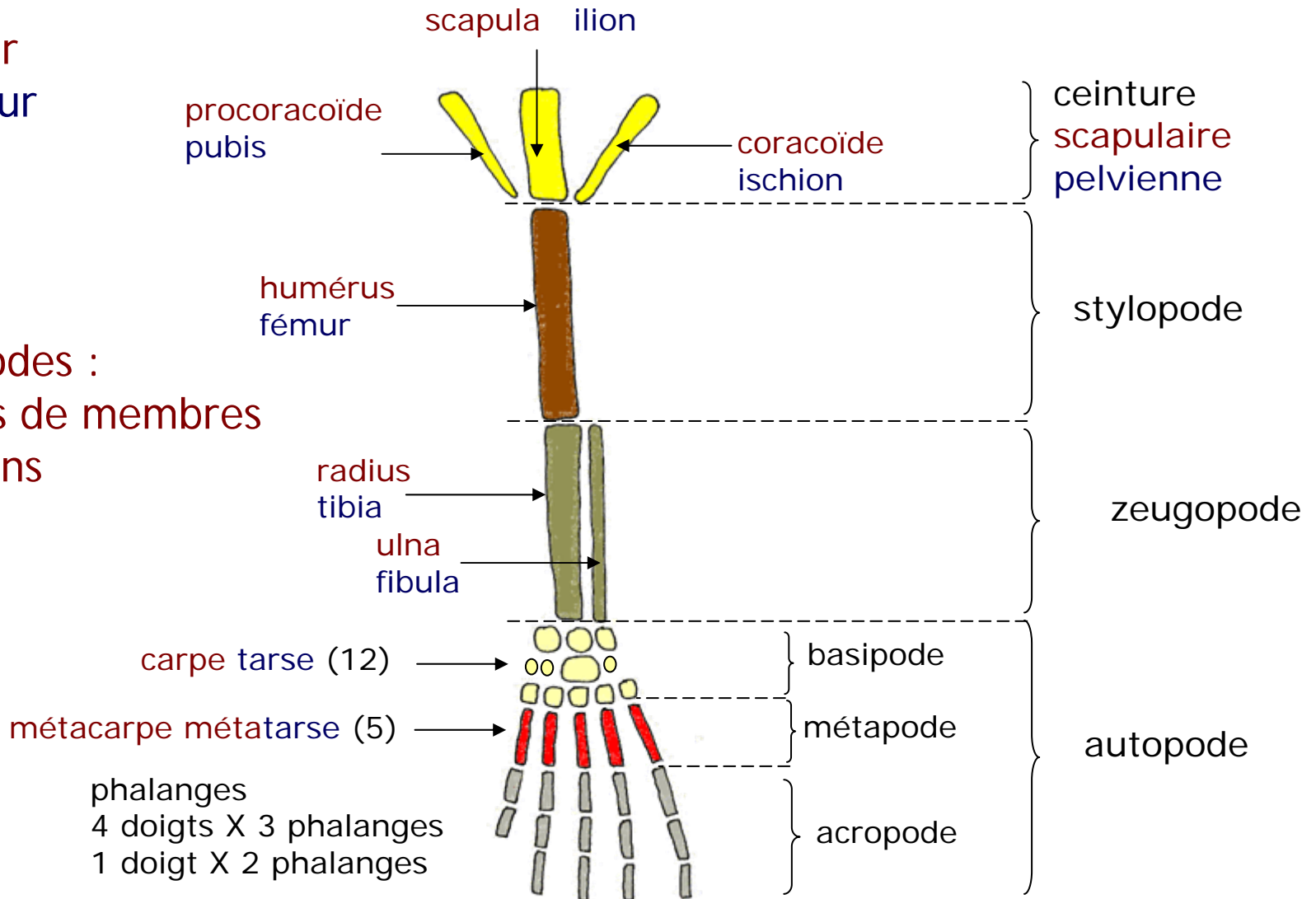
ex: marche tripode : 3 appuis en alternance

## membres des Tétrapodes

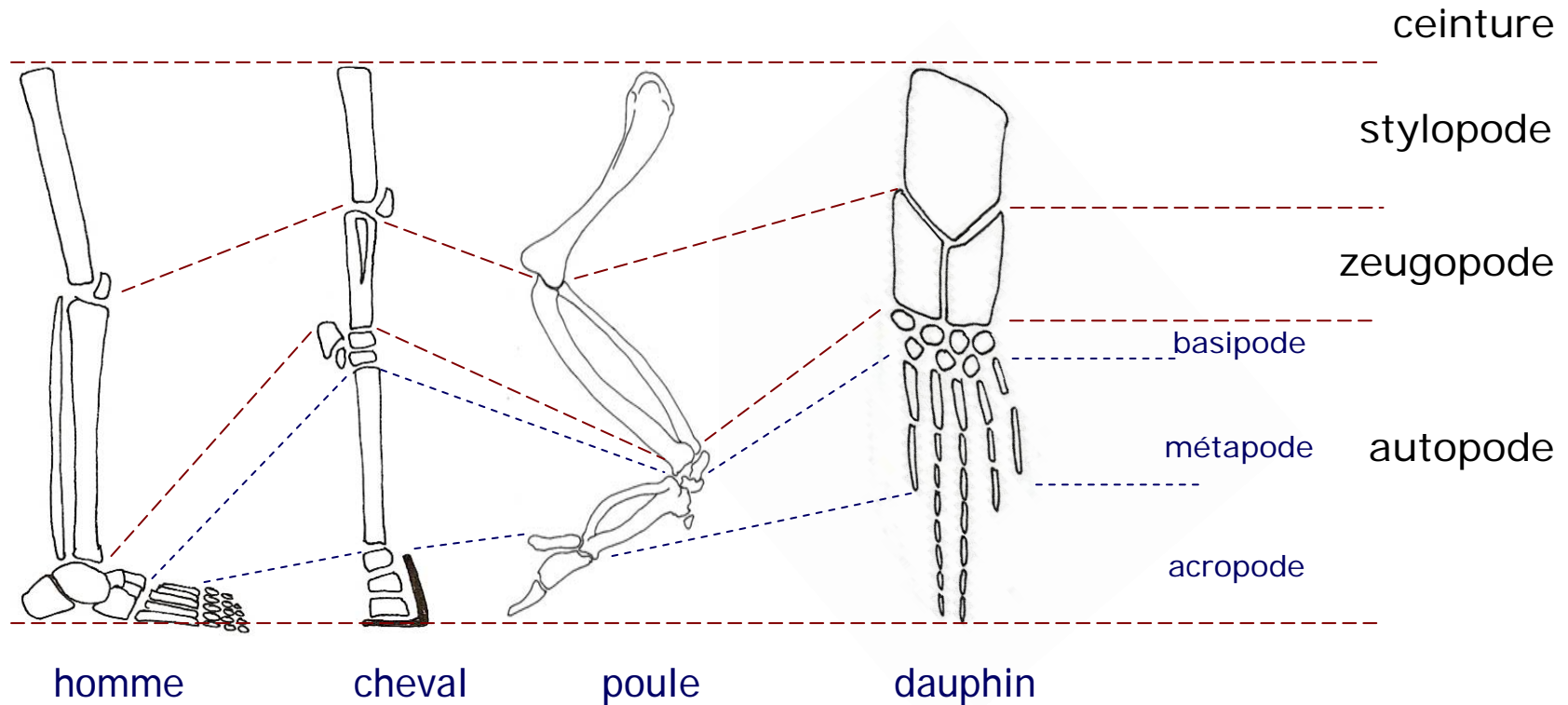
structure générale

antérieur  
postérieur

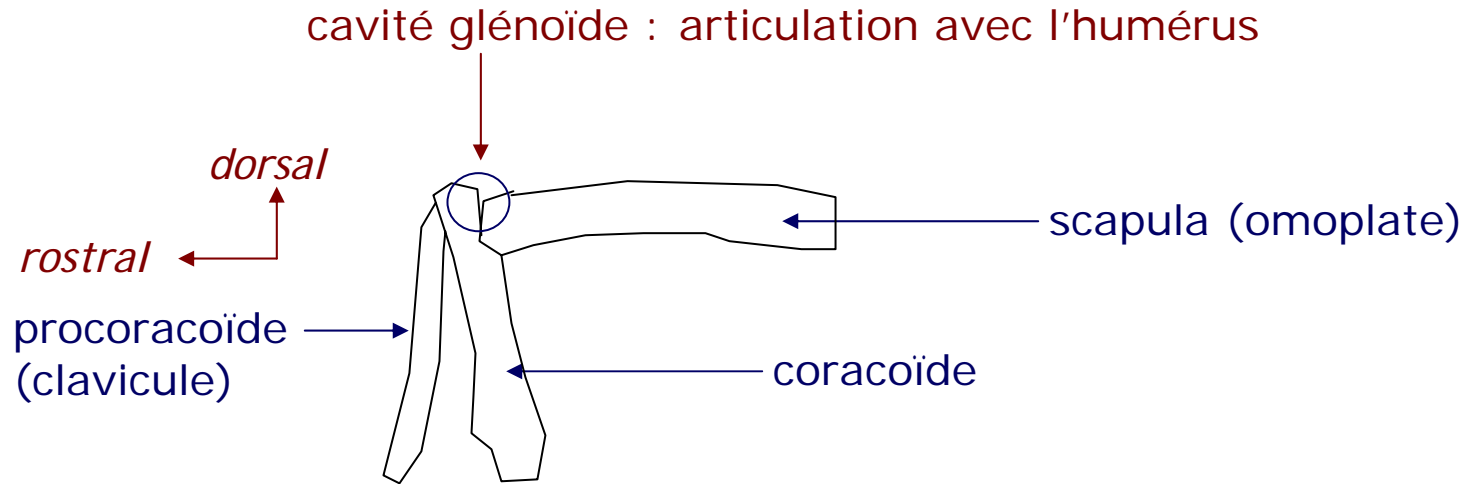
Tétrapodes :  
2 paires de membres  
chiridiens



homologie anatomique du membre des Tétrapodes : structure générale primitive conservée, malgré les modifications adaptatives secondaires



ceinture scapulaire : non soudée au squelette axial



exemple : ceinture scapulaire d'un Oiseau

### modifications secondaires éventuelles

ex : Oiseau :

absence du coracoïde chez l'Autruche

ex: Mammifères :

absence du coracoïde chez l'Homme

absence du procoracoïde et du coracoïde chez le Cheval et le Chien

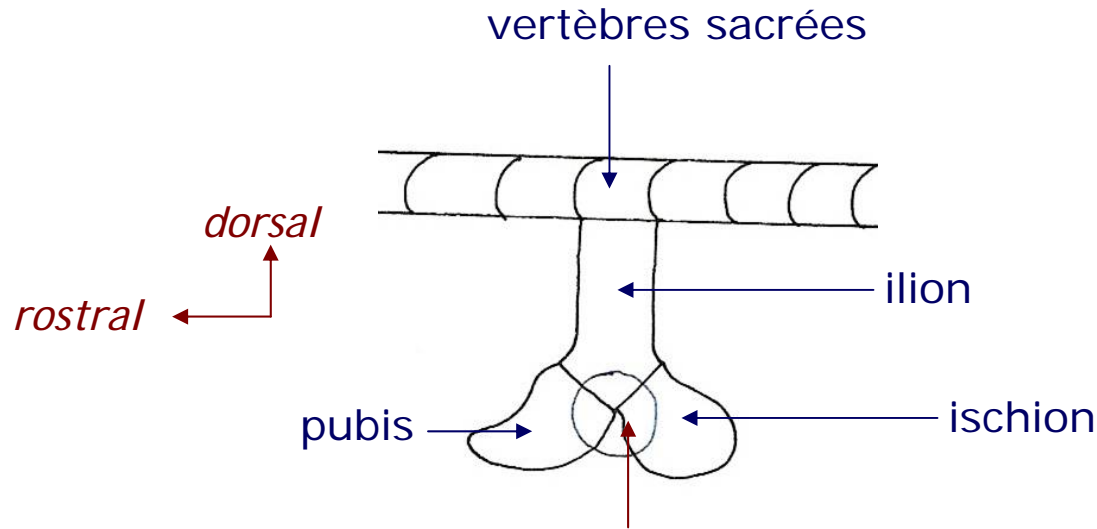
ex: Ophidiens (serpent) :

absence de ceinture scapulaire

## membres des Tétrapodes

structure générale

ceinture pelvienne : soudée au squelette axial



les deux pubis sont soudés  
ventralement : symphyse pubienne

les deux ischions sont soudés  
ventralement : symphyse ischiale

acetabulum : articulation avec le fémur

modifications secondaires éventuelles

ex: Mammifères :

ceinture pelvienne vestigiale et non soudée chez des Cétacés

ex: Ophidiens (serpents) :

ceinture pelvienne vestigiale non soudée ou absente

# support solide

# appareils locomoteurs latéraux

membres des Tétrapodes

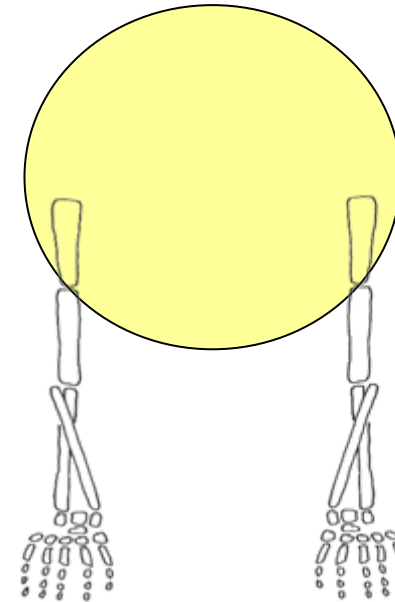
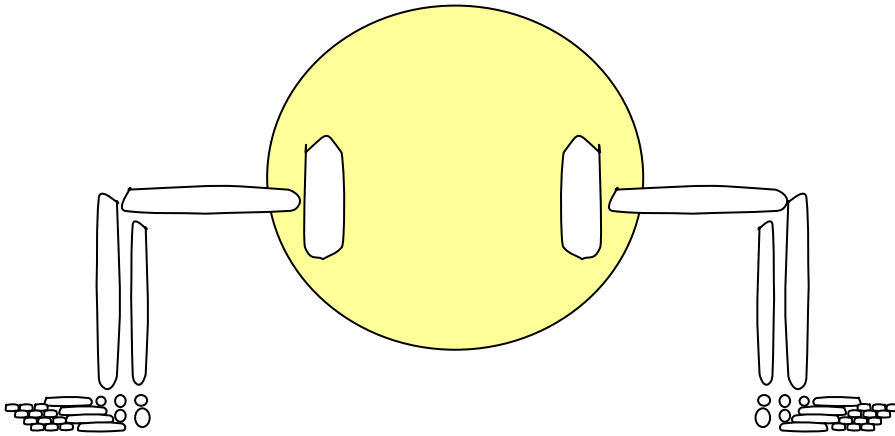
position du membre

membre transversal

membre parasagittal

membres sur le côté du corps

membres sous le corps



Lézard, Crocodile

Mammifères, Oiseaux, certains Reptiles fossiles

## modifications adaptatives

marche

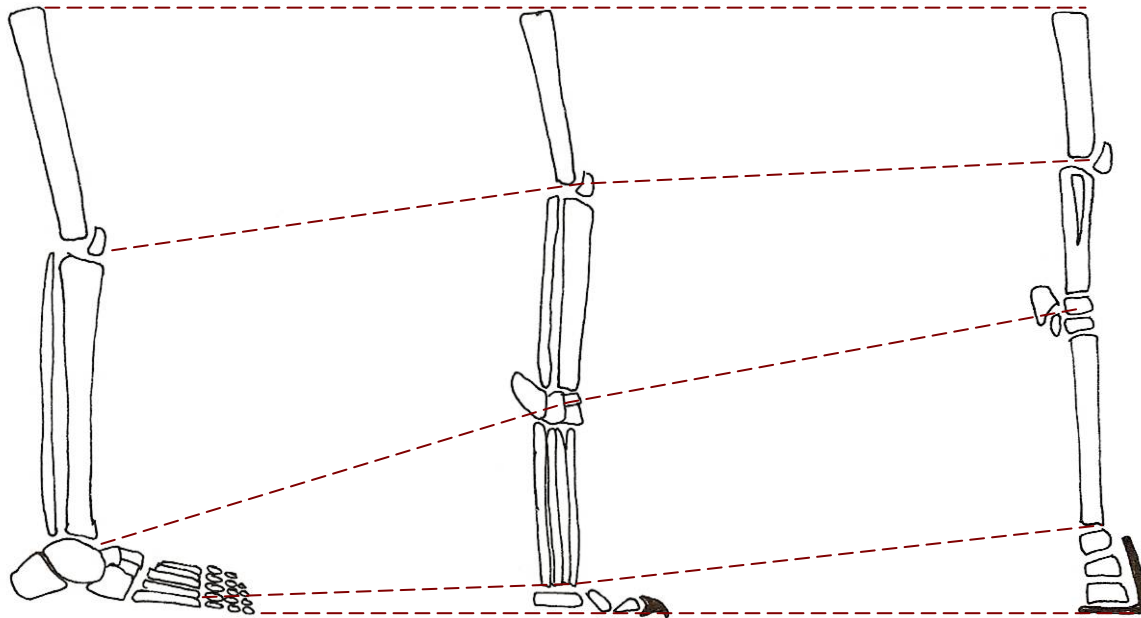
**nombre de membres locomoteurs :**

ex : bipédie / quadripédie des Tétrapodes, hexapédie des Insectes

**chronogrammes de locomotion (marches, courses)**

**surfaces d'appui au sol**

ex : modifications du membre des Tétrapodes



plantigrade

digitigrade

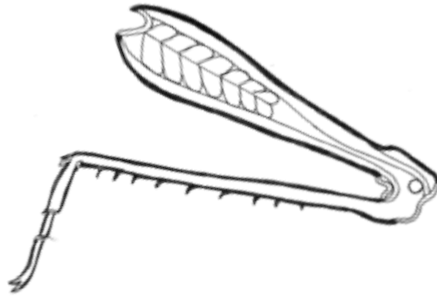
onguligrade

# support solide

# appareils locomoteurs latéraux

modifications adaptatives

exemples : saut



ressort à lames :  
convergence adaptative  
(homoplasie)

*Criquet (Locusta migratoria)*

*grenouille (Rana esculenta)*



modifications adaptatives

exemples : saut

énergie élastique

ex : puce, kangourou...

énergie hydraulique : Araignée

Arthropode : exosquelette rigide

pattes : muscle fléchisseurs mais pas extenseurs.

fléchissement : exosquelette rigide

extension : hydrosquelette.

pression de l'hémolymphe de l'Araignée : 400 mmHg

(autres arthropodes : quelques mmHg).

Araignées sauteuses : utilisation de la paire de patte arrière pour sauter sur sa proie. Extension des pattes : force hydraulique.

vol et nage : dynamique des fluides

*portance* : maintien vertical de l'organisme dans le milieu (s'oppose à la gravité)

*poussée* : progression de l'animal (s'oppose à la traînée)

eau : densité importante : pas de problème de portance / problème de traînée

diminution de la portance : densité corps = densité du milieu

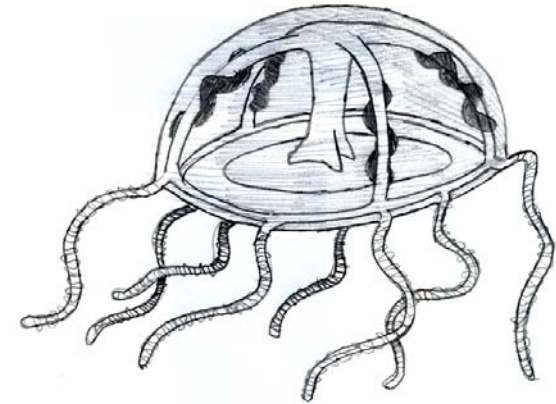
organes de flottaison : vessie natatoire de certains poissons

Ostéichthyens ; foie riche en scalène des Chondrichthyens ; élimination des ions lourds (Cnidaires)

nage : poussée importante (traînée importante due à la densité du milieu)

Méduse, Calmar

**Méduse** : contraction des cellules myoépithéliales : réduction du volume de l'ombrelle  
expulsion d'eau → locomotion. retour à la forme initiale de l'ombrelle lors de la relaxation musculaire par élasticité.

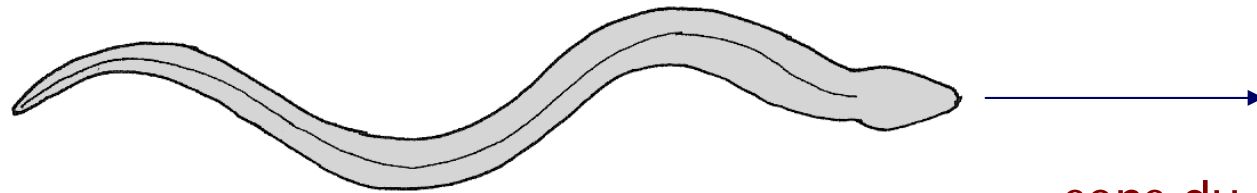


**Calmar** : contraction de la cavité palléale : rejet d'eau. Retour à la forme initiale : élasticité de la cavité palléale.

corps de l'animal

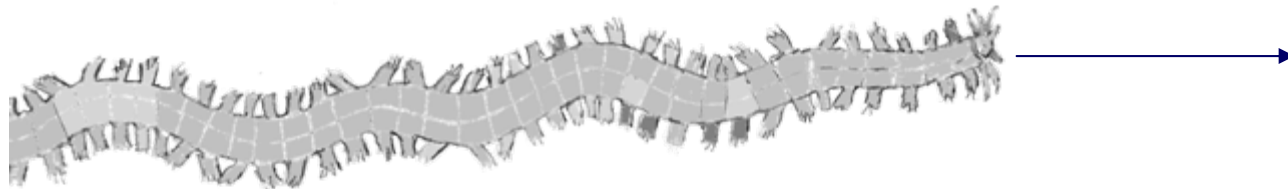
nage par ondulation :  
ondulation du corps / d'une partie du corps de l'animal.  
ex : Néréis, Anguille, Gardon

Anguille

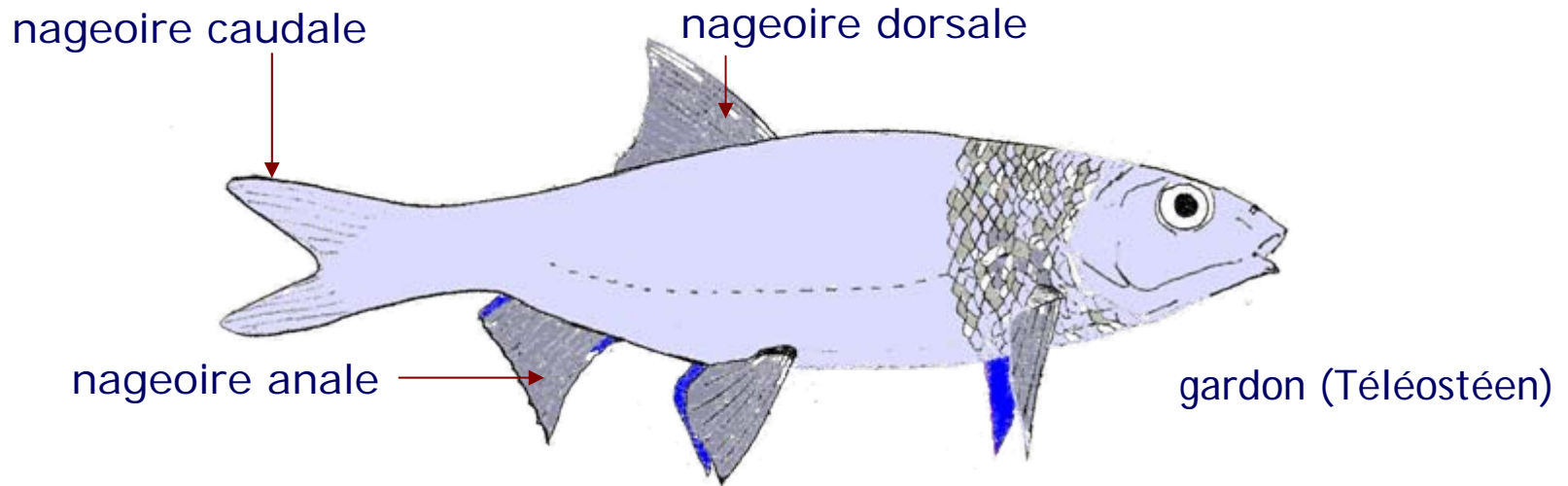


sens du déplacement

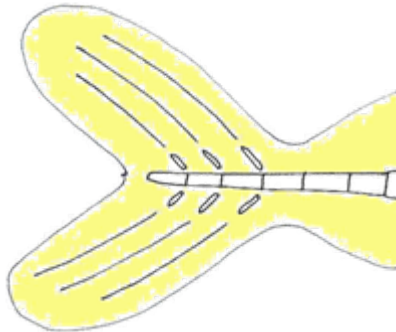
Néréis



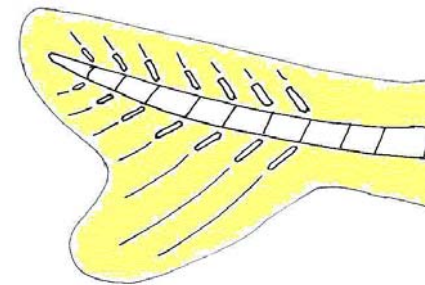
nageoires axiales et paraxiales



augmentent l'efficacité de la propulsion



homocerque

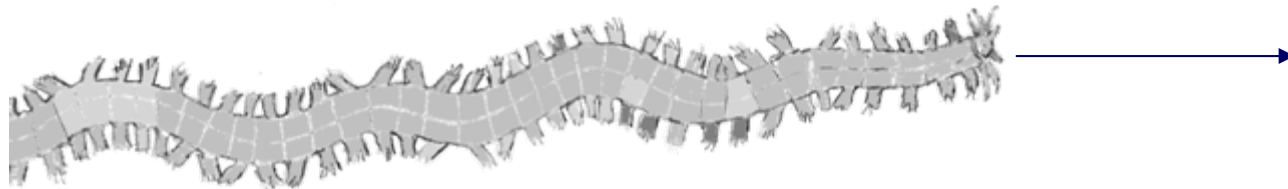
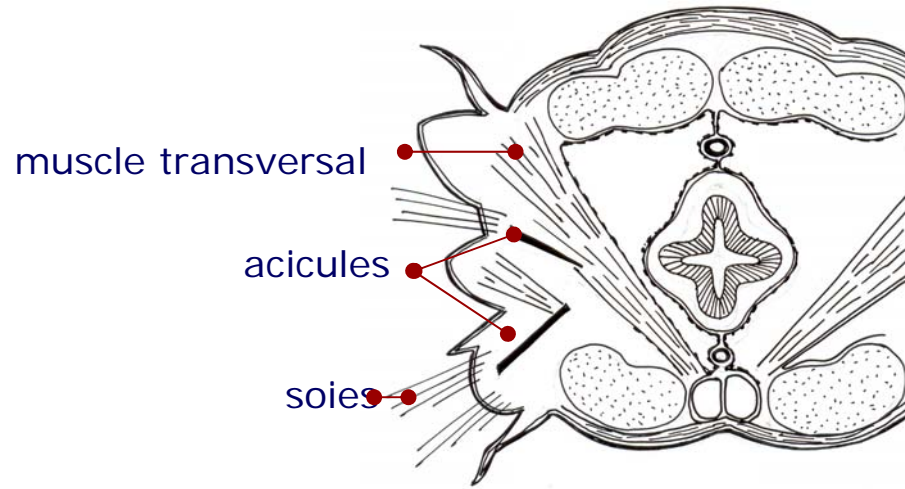


hétérocerque

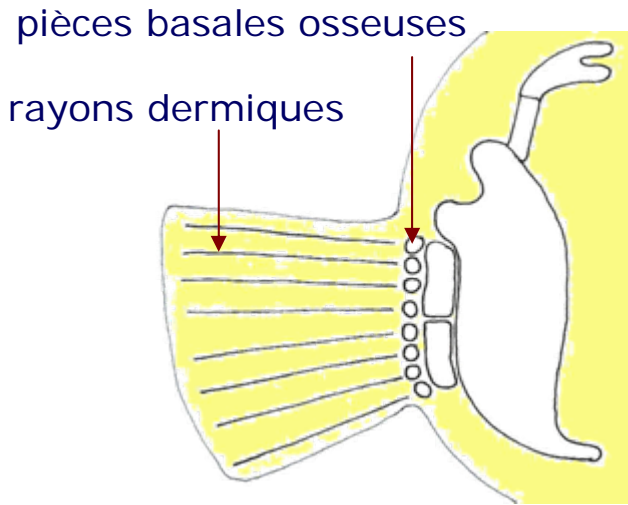
nage

propulseurs latéraux

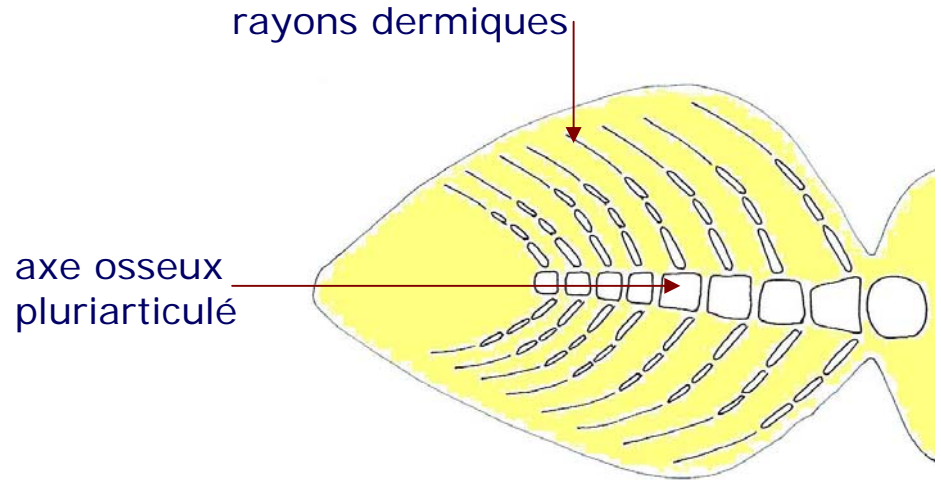
parapode des Annélides



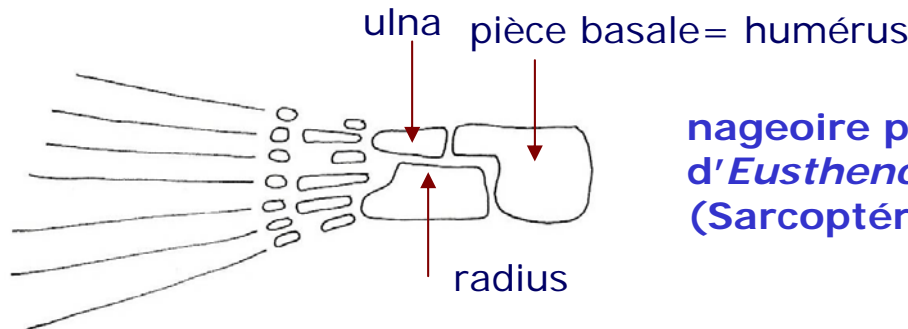
nageoires latérales des Ostéichthyens



**nageoire pectorale d'un Téléostéen (Actinoptérygien)**  
muscle sur les pièces basales : pas de muscle dans la nageoire



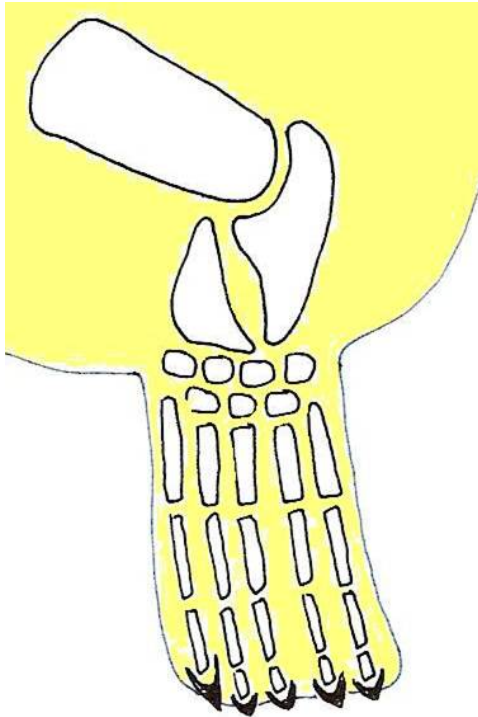
**nageoire pectorale d'un Dipneuste (Sarcoptérygien)**  
muscle sur l'axe osseux : muscle dans la nageoire



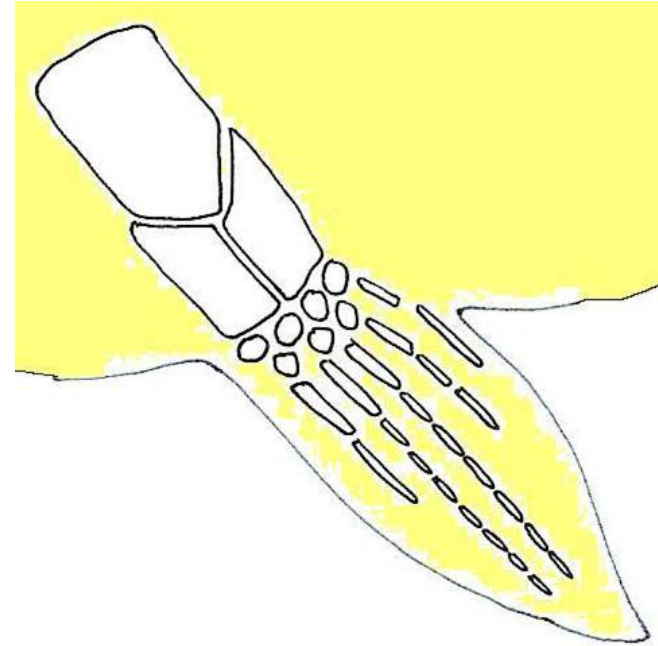
**nageoire pectorale d'*Eusthenopteron* (Sarcoptérygien fossile)**

nageoires latérales des Tétrapodes

nageoire pectorale d'un phoque  
(Pinnipède)



nageoire pectorale d'un dauphin  
(Cétacé)

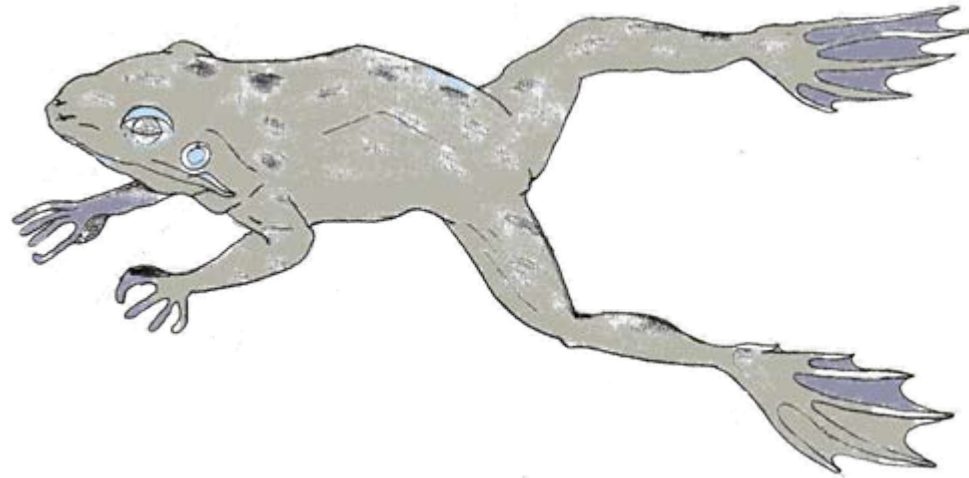


modification de forme du membre chiridien



pagayage - avironnage

mouvement de propulsion discontinue de propulseurs latéraux  
ex : grenouille, canard



vol et nage : dynamique des fluides

portance : maintien vertical de l'organisme dans le milieu (s'oppose à la gravité)

poussée : progression de l'animal (s'oppose à la traînée)

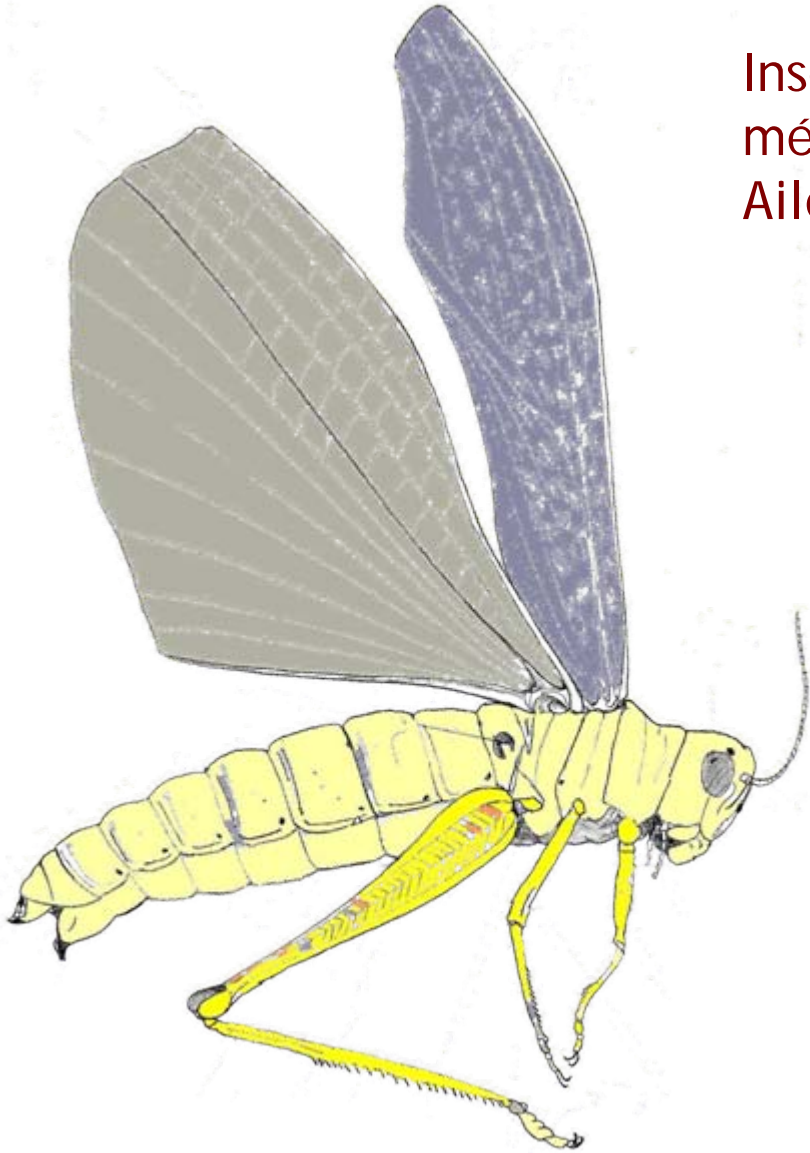
air : densité faible : problème de portance / moins de problème de traînée

animaux volants : environ 1 M d'espèces

Reptiles (Ptérosaures fossiles), Oiseaux, Mammifères (Chiroptères), Insectes.

ailes :

limite théorique à la taille d'un animal volant, compte tenu du métabolisme : 10 Kg.

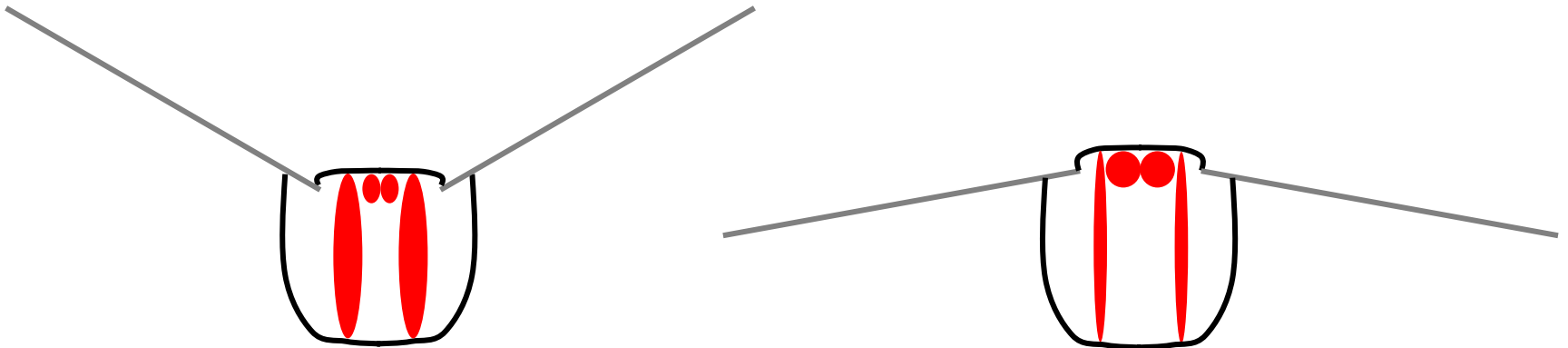


Insectes : 2 paires d'ailes portées par le mésothorax et le métathorax.  
Ailes membraneuses.

Insectes : 2 paires d'ailes portées par le mésothorax et le métathorax.  
Ailes membraneuses.

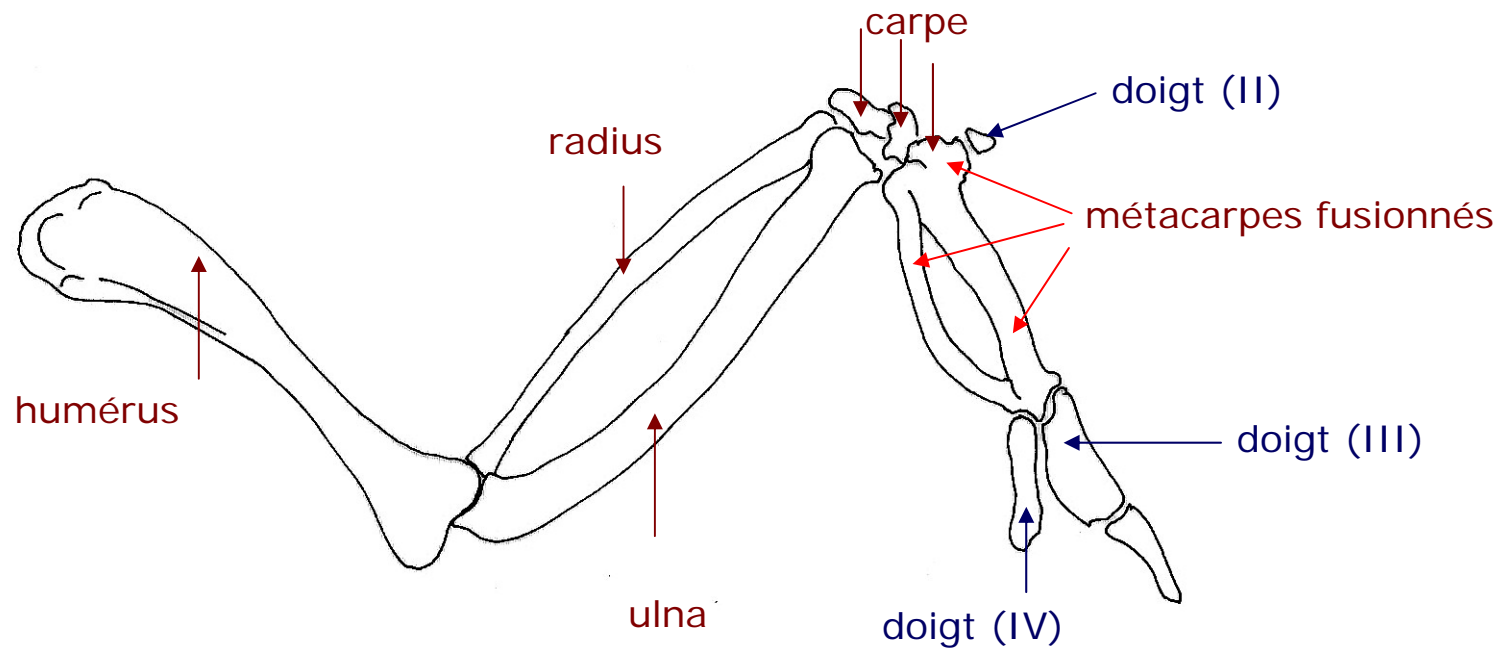
muscles directs : insérés sur la base des ailes

muscles indirects : modification de la forme du thorax (contraction et élasticité : mouvement en résonance)



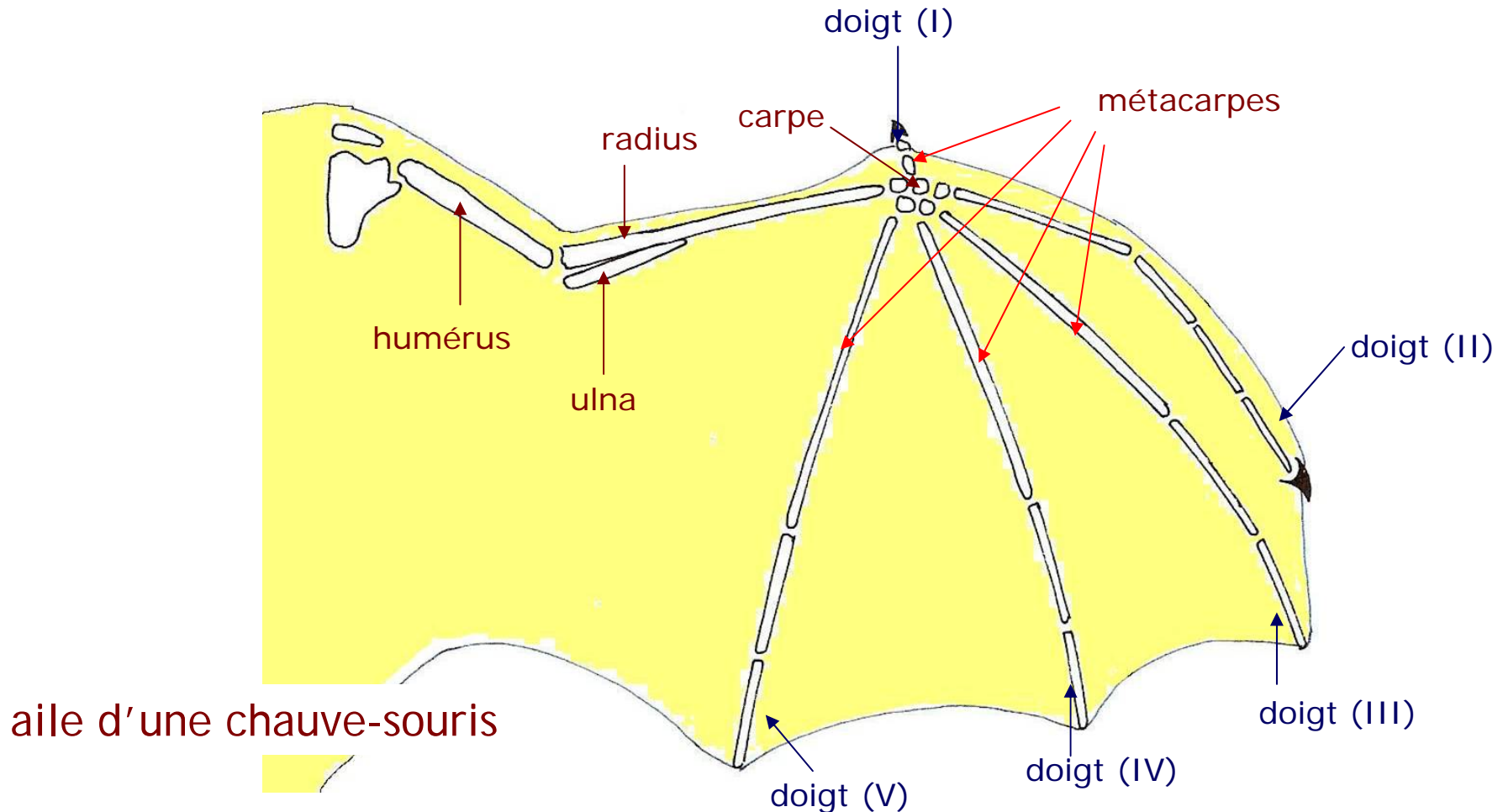
Vertébrés : membre antérieur modifié des Tétrapodes  
Ailes emplumées (oiseaux).

musculature : muscles pectoraux (15 % de la masse corporelle chez les oiseaux)



aile d'un Oiseau

Vertébrés : membre antérieur modifié des Tétrapodes  
Ailes membraneuses (Chiroptères)

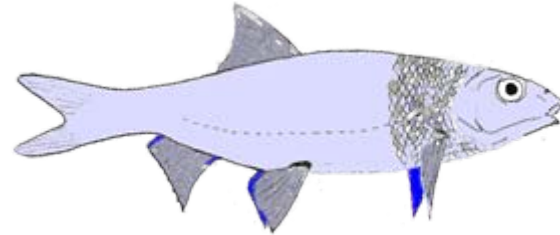


# conclusion

combinaison de structures

hydrosquelette, squelette rigide

propulseurs axiaux, latéraux (ex. Annélides, Téléostéens)

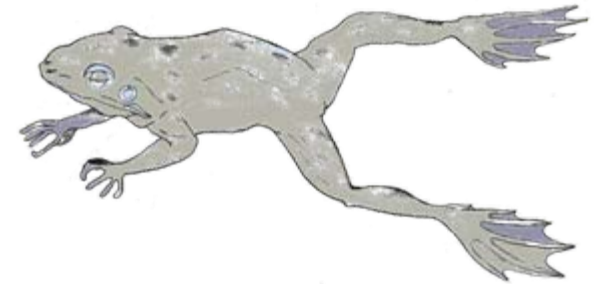


combinaison de mode de locomotion

reptation / nage (Néréis)

nage / vol / marche (Canard)

nage / saut (Grenouille)



utilisation d'un différents appendices locomoteurs pour différents types de locomotion)

ex : ailes et pattes de Criquet



utilisation d'un même appendice locomoteur pour différents types de locomotion)

ex : membre postérieur de Grenouille

# conclusion

contrainte environnementale / contrainte phylétique

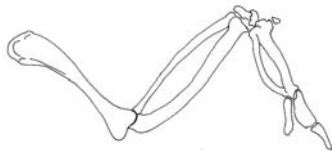
phénomènes de convergence (homoplasie) : ressemblance entre caractères observés chez des espèces différentes due au fait qu'elles sont soumises aux mêmes contraintes environnementales.

ex: aile des Insectes/ ailes des Oiseaux ; nageoires poisson / dauphin

phénomènes d'homologie : similarité entre caractères observés chez des espèces différentes due au fait que toutes l'ont hérité d'un ancêtre commun.

ex : bras humain, aile des oiseaux, nageoire du dauphin ; aile des oiseaux des chauve-souris

NB : la notion de convergence et d'homologie dépend du niveau auquel on se place.



ex: la structure interne du membre antérieur d'un Oiseau et d'un Chiroptère est une homologie (caractère primitif);  
la forme d'aile est une convergence (caractère dérivé)

